

Mitteilungsblatt

Nr. 92 / 2011



Deutsche Gesellschaft
für Kristallwachstum und
Kristallzucht e.V.



Inhalt

Der Vorsitzende / Editorial	3
DGKK-intern	5
DGKK-Personen	23
DGKK-Nachrichten	26
DGKK-Fokus	28
DGKK-Forschung	33
DGKK-Nachwuchs	34
Über die DGKK	40
Tagungskalender	41

Heraeus

More than exciting dreams – Precious Metals



*Seamless tubes for extra
stable seed-crystal holders*

Precious Metals are not just a beautiful dream but irreplaceable tools in laboratories and factories. We supply a multitude of products to meet our customers' requirements – seamless tubes in all dimensions, coiled tubes, thermocouple thimbles and tailor-made parts.



**Heraeus: 150 years of
precious metals expertise.**

W. C. Heraeus GmbH & Co. KG

Engineered Materials Division

Business Unit Precious Metals Technology

Heraeusstr. 12 – 14

63450 Hanau, Germany

Phone + 49 (0) 61 81 / 35 - 37 40

Fax + 49 (0) 61 81 / 35 - 86 20

E-mail: precious-metals-technology@heraeus.com

www.wc-heraeus.com/precious-metals-technology

W. C. Heraeus

Der Vorsitzende

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

leider muss ich wiederum mit einer traurigen Nachricht beginnen. Mit Herrn Hans Paus (†03.04.11) und Herrn Winfried Schröder (†21.04.11) haben uns vor wenigen Wochen zwei unserer aktivsten DGKK-Mitglieder für immer verlassen. Bereits am 15.12.10 verstarb ein Gründungsmitglied, Herr Kurt Recker. Wir werden Ihre Verdienste auf dem Gebiet der Kristallzüchtung und -analyse sowie ihre engagierten Tätigkeiten für die DGKK nie vergessen. Sie haben großen Anteil daran, dass unsere Gesellschaft heute so gut dasteht.

Entsprechend der vielen E-Mails und Gespräche der letzten zwei Monaten hat unsere gemeinsame Kristallzüchtertagung mit der polnischen Schwestergesellschaft, die GPCCG vom 14. bis 18. März 2011 in Frankfurt/Oder und Słubice, eine hohe Wertschätzung erhalten. Es seien viele strategisch interessante Beiträge präsentiert worden, und es hätten zahlreiche wichtige Gespräche stattgefunden. Allein die Aussteller hatten sich wohl etwas mehr Kontaktaufnahmen erhofft, obwohl ich diesen Eindruck nicht ganz teile. Wann immer man den Wandelgang des Kleistforums entlanglief, stets fielen Diskussionsgruppen vor den Ständen auf. Wir hatten mit ca. 300 eine außerordentlich hohe Teilnehmerzahl aus 15 Ländern zu verzeichnen, darunter viele junge Forscher und Forscherinnen, vor allem aus Warschau. Ein von Frau Maria Kaminska speziell dafür beantragtes Reiseförderprogramm wurde seitens der polnischen Regierung bewilligt. Auch begrüßten wir Schüler des Frankfurter Gauß-Gymnasiums, wo Dietmar Siche und ich im Vorfeld zur Tagung Vorträge über Kristallzüchtung gehalten hatten. Wir konnten hochrangige Politiker, wie z.B. den Ministerpräsidenten des Landes Brandenburg, Herrn Matthias Platzeck, zur Pressekonferenz und Eröffnungsveranstaltung begrüßen. Damit hatten wir ein wichtiges Ziel erreicht, der Begriff „Kristallzüchtung“ wurde in Presse und Fernsehen genannt und erläutert, sozusagen von Bevölkerung und Politikern registriert. Das macht Mut auf weitere Veranstaltungen, vielleicht Podiumsgespräche mit Fördereinrichtungen.

Den wissenschaftlichen Schwerpunkt der GPCCG bildete die Materialforschung für die Fotovoltaik. Diese Wahl war nicht zufällig, schließlich sind in der Frankfurter Region über zehn Unternehmen auf diesem Gebiet tätig, und Brandenburg erhielt Anfang März wiederholt den Bundespreis „Leitstern Erneuerbare Energien“. Natürlich wurde das Meeting vom furchtbaren Erdbeben mit katastrophalen Zerstörungen im Nordosten Japans überschattet, verdeutlichte aber auch, wie sehr wir als Kristallzüchter in der Pflicht stehen, einen nachhaltigen Materialbeitrag zur alternativen Energieerzeugung zu leisten. Es war das spontane Bedürfnis beider Gesellschaften, Herrn Koichi Kakimoto, Plenarvortragender aus Japan und Vizepräsident der JACG, einen Scheck in Höhe von 3000 Euro für die Reparatur von Kristallzüchtungsanlagen in betroffenen Forschungslabors zu überreichen. Inzwischen erhielt ich ein Dankschreiben des Präsidenten der JACG, Herrn Yoshikazu Takeda, mit der Bitte, allen DGKK- und PTWK-Mitgliedern den großen Dank auszusprechen, was hiermit geschehen ist. Lasst mich die Gelegenheit nutzen, um mich im Namen aller Teilnehmer beim zentralen Konferenzteam Maria Kaminska, Karl-Heiz Küsters, Dietmar

Siche, Steffen Ganschow, Christiane Frank-Rotsch, Aneta Drabinska und Sabine Bergmann für seine sehr fleißige Arbeit zu bedanken.

Ich möchte darüber hinaus allen zahlreichen Sponsoren der Tagung und den vielen Rednern aus photovoltaischen Forschungs- und Produktionszentren für ihre interessanten Beiträge danken. Einen persönlichen Eindruck möchte ich aber nicht verbergen: werden sich so viele deutsche Unternehmen und Produktvarianten auf diesem Gebiet auf Jahre hinaus noch halten können? Deutschland hat mittlerweile seine führende Marktposition an eine schnell wachsende chinesische Übermacht verloren. Muss da der deutschen PV-Industrie nicht endlich ein Zusammenschluss mit koordinierter Arbeitsteilung gelingen, so wie es Japan Anfang der 80-er Jahre mit der zeitweiligen Industrie-Allianz im „Optoelectronic Joint Research Laboratory“ demonstrierte. Japans damaliger Lohn für diesen Schritt war die rasche Eroberung der Weltspitze auf dem Gebiet der Optoelektronik.

Neben der Verleihung des DGKK-Preises an Herrn Boris Epelbaum und des Nachwuchspreises an Herrn Robert Heimbürger sowie einem unvergesslichen gemeinsamen Festabend in der Bach-Konzerthalle zu Frankfurt/Oder war auch die Jahresversammlung mit DGKK-Wahl ein weiterer wichtiger Eckpunkt unseres Vereinslebens. Wir alle freuten uns sehr über die Teilnahme zahlreicher verdienter Kristallzüchter „im Ruhestand“, wie z.B. Wolf Aßmus, Tilo Flade, Peter Görnert, Manfred Jurisch, Helmut Klapper, Dietrich Schwabe u.a. Der Bericht des Vorstandes erwähnte neben der lobenswerten Tätigkeit unserer Arbeitskreise besonders die gelungene DGKK-Schule zur Kristallzüchtung von Solarsilizium, vorrangig für Industriemitarbeiter im Juni 2010 in Apolda, unser engagiertes Auftreten auf der ICCG-16 in Peking als drittstärkste Delegation mit der Wahl von Herrn Roberto Fornari zum IOCG-Präsidenten, die DGKK-Mitwirkung am „Kick-Off-Meeting“ zu europäischen Kristallzüchtungsaktivitäten im Oktober 2010 in Berlin, die Einreichung unserer DGKK-Kandidaten Peter Gille und Peter Wellmann für die Fachgutachterwahl der DFG 2011, unsere beflissene Mitarbeit in der Bundesvereinigung für Materialwissenschaft und Werkzeugtechnik e.V. (MatWerk), die Bemühungen um die Etablierung einer DGKK-Jugendfraktion unter Leitung von Frau Tina Sorgenfrei sowie die wichtige Nachwuchsarbeit von Herrn Frank Kießling beim Aufbau eines Schülerlabors für Kristallzüchtung an der Lise-Meitner-Schule in Berlin und nicht zuletzt den Fortschritt beim Gestalten einer neuen DGKK-Homepage.

Ein Schwerpunkt des zweiten Halbjahres wird die Erarbeitung eines DGKK-Strategiepapiers sein. Auch müssen wir unbedingt unsere Satzung modernisieren, so wie es der gewählte neue Vorsitzende für den Zeitraum ab 2012, Herr Jochen Friedrich, betonte. Dir, lieber Jochen, bei dieser und den vielen weiteren Aufgaben viel Erfolg! Ich werde Dich mit aller Kraft weiterhin unterstützen.

Euer

Peter Rudolph

4 Editorial

Diese Ausgabe fällt wieder in die Sommerzeit, die Jahreszeit mit viel Sonnenschein, und da passt der Schwerpunkt dieser Ausgabe auch gut hin. Ein Teil der German-Polish Conference on Crystal Growth war Materialien zur Erzeugung von Solarenergie gewidmet, und so geben zwei Berichte die Eindrücke dieses Teils der Konferenz wieder. In ganz anderen Dimensionen als in Europa verläuft der Aufbau der Photovoltaik-Industrie in China. Einen Überblick über die dortige Entwicklung gibt der Artikel von Hui Zhang et al. auf Seite 28. In diesem Zusammenhang ist auch die spezielle Ausgabe der Zeitschrift „Energy“ vom November letzten Jahres interessant (Volume 35, Issue 11), die sich ausschließlich mit Energiefragen in China beschäftigt. Mit den Problemen im Kernkraftwerk Fukushima ist das Thema alternative Energien weltweit in den Fokus gerückt. Bleibt zu hoffen, dass dabei die Materialwissenschaften in ihrer Bedeutung für den gesamten Bereich der Energiegewinnung hinreichend

wahrgenommen und berücksichtigt werden. Mit der Energie in der Zukunft setzt sich das Essay „Energie 2050: Ein Rückblick“ von Henning Döscher auf Seite 37 auseinander, mit dem der Autor den 1. Preis beim Essay-Wettbewerb „Welt der Zukunft“ der Zeitung „Die Welt“ gewann.

Dieses Heft erscheint einige Wochen später als geplant, da wir, die Mitglieder der Redaktion, maßgeblich in die Vorbereitung und Durchführung des 5th International Workshop for Crystal Growth Technology (IWCGT-5) involviert waren, der vom 26.6.-30.6.2011 in Berlin stattfand (siehe Bild auf S. 32). Einen ausführlichen Bericht über diesen Workshop lesen Sie in der nächsten Ausgabe, die Sie Anfang Dezember 2011 in Ihren Händen halten sollten.

Die Redaktion

Zum Titelbild

Das Titelbild zeigt Bleiiodid-Einkristalle und wurde von Herrn Dipl.-Min. Justus Tonn vom Institut für Geowissenschaften der

Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg zur Verfügung gestellt. Den vollständigen Artikel dazu finden Sie auf Seite 33.

Inhalt

Der Vorsitzende	3	Nachruf für Prof. Dr. Kurt Recker 1924 – 2010	23
Editorial	4	Nachruf für Prof. Dr. Winfried Schröder 1937 – 2011	24
Zum Titelbild	4	Nachruf für Prof. Dr. Hans Josef Paus 1937 – 2011	25
DGKK-intern	5	DGKK-Nachrichten	26
25. DGKK-Workshop: Epitaxie von III/V-Halbleitern	5	Pressemitteilung aus dem IISB zur Projekt POSDRU	26
Kinetik-Seminar der DGKK (Schwerpunkt: Nanoskalige Systeme)	6	Pressemitteilung des IISB zum Verbundprojekt "SolarWins"	27
DGKK-Arbeitskreis-Treffen „Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelationen“	8	DGKK-Fokus	28
Protokoll der Mitgliederversammlung 2011	9	Technology Development in Solar Silicon Production in China	28
Laudatio zur Verleihung des Nachwuchspreises der DGKK 2011	12	GaN substrates – Polish speciality	30
Reports from "German Polish Conference on Crystal Growth" (GPCCG 2011) in Frankfurt (Oder) and in Slubice	13	Neue Mitglieder 2010/2011	32
Symposium on Photovoltaic Materials – Silicon based PV	13	DGKK-Forschung	33
Report on thin film photovoltaics session	14	Zum Titelbild	33
Oxide materials at GPCCG-2011	16	DGKK-Nachwuchs	34
Verleihung des DGKK-Preises 2011 an Dr. Boris M. Epelbaum	17	Kristallwachstum täglich beobachten !	34
Support to JACG	19	Abgeschlossene Dissertationen am Leibniz-Institut für Kristallzucht (IKZ)	35
Notes for the meetings of IOCG Executive Committee and Council at the forthcoming ICCG-16	20	Essay-Wettbewerb „Welt der Zukunft“	37
DGKK-Personen	23	Über die DGKK	40
		Arbeitskreise	41
		Tagungskalender	41

DGKK-intern

25. DGKK-Workshop: Epitaxie von III/V-Halbleitern

Maximilian Slawinski, H. Kalisch, A. Vescan, (RWTH Aachen) und M. Heuken (AIXTRON, RWTH)

Der 25. DGKK-Workshop zur Epitaxie von III/V-Halbleitern war nicht nur wegen seines 25. Jubiläums ein Highlight im Jahr 2010. Die gesamte Branche hat einen beispiellosen Wachstumsschub erlebt. Angetrieben vom zunehmenden Bedarf nach optoelektronischen Bauelementen konnten die III/V-Halbleiter im vergangenen Jahr ihre Position in der Mikroelektronik deutlich stärken. Um so passender war mit Aachen der Austragungsort dieses Workshops gewählt, wurde doch hier vor 25 Jahren mit dem ersten DGKK-Workshop eine erfolgreiche wissenschaftliche Plattform geschaffen.

Die Einführung in den mit über 150 Wissenschaftlern sehr gut besuchten zweitägigen Workshop machte Prof. Dr. Michael Heuken, seines Zeichens Sprecher des DGKK-Arbeitskreises „Epitaxie von III/V-Halbleitern“ und Vizepräsident der AIXTRON AG. In einem kompakten Vortrag wurden die letzten 25 Jahre der III/V-Epitaxie umrissen und die vielversprechenden Entwicklungen des vergangenen Jahres betont. Des Weiteren konnte ein kleiner Einblick in die Rolle der DGKK bei dieser Entwicklung gewonnen werden.



Die hohe Teilnehmerzahl des Workshops verdeutlichte die Bedeutung der III/V-Epitaxie. Foto: S. Axmann (RWTH)

Im Anschluss an diese Begrüßung startete der Workshop mit dem ersten der 61 Vorträge dieser Veranstaltung. Den Beginn machte Dr. Thomas Zettler von der Berliner LayTec GmbH mit einem Vortrag über In-Situ-Messmethoden beim Wachstum von III/V-Halbleiterschichten. Dabei betonte er vor allem die Bedeutung dieser Messungen bei der Entwicklung der ersten Nitrid-Leuchtdiode durch Shuji Nakamura Ende der 80er Jahre. Es wurde ausgehend vom hier angewendeten „interferencemonitoring“ eine Linie zu den modernsten optischen Messmethoden der Gegenwart gezogen. In-Situ-Messungen sind heute ein unverzichtbarer Teil der Massenproduktion von LED, da sie eine enorme Steigerung der Prozesskontrolle und Ausbeute gewährleisten.

Dieser erste von insgesamt drei Plenarvorträgen war ein hervorragender Einstieg in die anschließenden Fachvorträge, die, wegen der Vortragsfülle, parallel zu je zwei Themen gehalten wurden.

Der Workshop spaltete sich grob in fünf Themenbereiche auf. Neben der schon erwähnten Wachstumskontrolle waren die III/V-Epitaxie auf alternativen Substraten, das Wachstum semi- und nicht-polarer Halbleiterschichten, die Entwicklung von III/V-Solarzellen und -Laserdioden und die Züchtung von III/V-Kristallen zur Substratherstellung Themen des Workshops.

Besonders im Fokus bei alternativen LED-Substraten sind Si-Wafer als Ersatz für bisher verwendete Saphir-Wafer. Wegen möglicher Kostenvorteile durch eine höhere Produktionsskalierbarkeit könnte Silizium der Schlüssel zu preiswerteren LED und damit zu größeren Märkten sein. Bei der Epitaxie auf Si-Wafern wurden deutliche Fortschritte bezüglich der Wachstumsqualität präsentiert, die jedoch immer noch nicht ausreichen, um Saphir und SiC zu verdrängen. Dass bereits dennoch schon kommerzielles Interesse an diesem Gebiet besteht, wurde beim Vortrag von Dr. Marianne Germain deutlich, die die Marktchancen von GaN-on-Si-Wafern skizzierte. Vor allem effizientere GaN-Transistoren für die Leistungselektronik könnten hier eine große Chance sein. Frau Dr. Germain ist eine der Gründerinnen des belgischen Start-Ups EpiGaN, welches sich auf die Herstellung von GaN-on-Si-Wafern spezialisiert hat.

Bei der Epitaxie von semi- und nicht-polaren Halbleiterschichten wurden Steigerungen der Quanteneffizienzen von LED demonstriert. Hier spielt die Reduktion des „quantumconfined Stark effect“ eine entscheidende Rolle. Eine Verringerung des piezoelektrischen Feldes wird in erster Linie durch alternative oder speziell vorbehandelte „konventionelle“ Substrate erreicht.

In der III/V-Photovoltaik wurden interessante Arbeiten über Nitrid-Tandemsolarzellen vorgestellt. Bandgap-Engineering spielt hier eine entscheidende Rolle und ist ein großer Vorteil der Verbindungshalbleiter. Die Epitaxie von Schichten unterschiedlicher Materialien ist eine der größten technologischen Herausforderungen der Disziplin. Bei den III/V-Laserdioden wurden in erster Linie Arbeiten über VCSEL präsentiert. Unter anderem konnte durch nanotechnologische Ansätze eine Verringerung der Schwellenstromdichte demonstriert werden.



Die Pausen zwischen den Vorträgen konnten zur Stärkung oder zum Ausbau der Netzwerke genutzt werden.

Foto: S. Axmann (RWTH)

6 Die III/V-Epitaxie konnte vor allem durch die stetige Fortentwicklung der Anlagentechnik verbessert werden. So wurde beispielsweise ein MOCVD-Hotwall-System vorgestellt, das eine verbesserte Qualität bei der Epitaxie von Wide-Bandgap-Materialien verspricht. Des Weiteren wurde ein mittels HVPE gewachsener 6 mm dicker GaN-Boule demonstriert. Aus derartigen Boules könnten in Zukunft günstigere und größere GaN-Substrate hergestellt werden.

Neben den wissenschaftlichen Beiträgen wurden die Pausen genutzt, um Netzwerke zu pflegen und auszubauen. Mit insgesamt 18 Ausstellern bot der DGKK-Workshop vor allem jungen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen die Möglichkeit, mit potenziellen Arbeitgebern in Kontakt zu treten und die Industrie rund um die III/V-Epitaxie besser kennen zu lernen. Des Weiteren hatten die Besucher die Möglichkeit, sowohl eine Firmenbesichtigung bei AIXTRON als auch die RWTH-Arbeitsgruppe für GaN-Bauelemente zu besichtigen, was von zahlreichen Teilnehmern auch wahrgenommen wurde.

Für eine besonders stimmungsvolle Umrahmung des Workshops sorgte das gemeinsame Abendessen im Stadtpalast der Aachener Erholungsgesellschaft. In einem äußerst exklusiven und entspannten Ambiente wurden die Erfolge des vergangenen Jahres revidiert und Netzwerke aufgebaut. Ein besonderer Dank gilt der AIXTRON AG, die den gesamten Abend sponserte.



Im Stadtpalast der Erholungsgesellschaft Aachen ließ man den Abend harmonisch ausklingen. Foto: S. Axmann (RWTH)

Alles in allem war der 25. DGKK-Workshop ein voller Erfolg, besonders deshalb weil, sich der Anteil deutscher Forschung an dem weltweiten Aufwärtstrend in der Epitaxie von III/V-Halbleitern herauskristallisierte. Dank gilt den Mitarbeitern von AIXTRON und der RWTH für die Organisation und Betreuung einer erfolgreichen Veranstaltung.

Kinetik-Seminar der DGKK (Schwerpunkt: Nanoskalige Systeme)

Sani Noor, Ruhr Universität Bochum

Am 31.3. und 1.4.2011 fand das 12. Kinetik-Seminar der DGKK mit dem Schwerpunkt „Nanoskalige Systeme“ statt. Ort der Veranstaltung war das Aula-Gebäude der TU Clausthal, dessen Plenumsaal neben einem eindrucksvollen Kuppelbau auch eine hervorragende Akustik bietet. Für die gute Organisation ist Herrn Dr. Wolfram Miller sowie Prof. Harald Schmidt als lokalem Organisator zu danken.

Das wissenschaftliche Programm des ersten Tages bestand nach einführenden Worten des Arbeitskreissprechers Dr. Wolfram Miller aus zwei Sessions. Der Schwerpunkt der ersten Session, geleitet von Prof. Schmidt, lag auf Korrelationsstudien zwischen Struktur und Magnetismus dünner ferromagnetischer Schichten und selbstorganisierten Nanostrukturen auf GaAs-Substraten in Form von Beiträgen der Ruhr-Universität Bochum. Des Weiteren gab es einen Beitrag zu KMC-Simulationen von heteroepitaktischem Wachstum bei unterschiedlichen Gitterfehlerrichtungen von Dr. Petar Petrov vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung in Berlin. Die zweite Session, die von Dr. Miller geleitet wurde, eröffnete ein Vortrag von Prof. Schmidt zum Thema „Diffusionsexperimente in Festkörpern“.

Durch die Beobachtung von Isotopen-Interdiffusion konnte die atomare Dynamik auf Nanometerskala verfolgt werden. Es folgten drei Vorträge von der Universität Ulm zu dem Kornwachstum in nanokristallinem Eisen, der thermischen Stabilität von nanokristallinem Eisen bei hohen Temperaturen sowie dreidimensionalen in-situ-Studien von Ostwald-Reifung mittels Computertomographie. Der erste Tag des Seminars wurde von einem gemeinsamen Abendbuffet, das ebenfalls in der Aula stattfand, abgeschlossen. Dabei konnte bei gemütlichem Beisammensein der wissenschaftliche Austausch auf informeller Basis erfolgen.



Harald Schmidt, der Organisator des diesjährigen Kinetikseminars an der Technischen Universität Clausthal, bei seinem Vortrag über Diffusionsexperimente in Festkörpern. Foto: TU Clausthal

Die erste Session des zweiten Tages, die von Prof. Ulrich Köhler von der Ruhr-Universität Bochum geleitet wurde, begann mit einem Vortrag von Dr. Jonas Johansson von der Lund-Universität in Schweden. Hierbei wurden Polytypismen in III-V-Nanodrähten thematisiert, die mit Hilfe kombinatorischer Ansätze erklärt wurden.

Nanodrähte waren ebenfalls das Thema in einem Vortrag von Dr. Miller, der sich dabei mit den Wachstumsmechanismen auseinandersetzte, wobei die Modellierung auf Cellular-Automata-Simulationen basierte.

Roman Bansen vertrat das Thema Nanodrähte im Wesentlichen von der experimentellen Seite und konnte dabei den Einfluss verschiedener Parameter auf das Wachstumsverhalten von Ge-Nanodrähten veranschaulichen. Die letzte Session der Veranstaltung wurde von Prof. Krill von der Universität Ulm moderiert und begann mit einem Vortrag von Dr. Andreas Danilewsky über die temperaturabhängige Entwicklung von Versetzungen in Silizium, die unter anderem mit hoher zeitlicher Auflösung beobachtet werden konnte. Es folgte ein Vortrag von Giordano Cantú über das Kornwachstum von polykristallinem Silizium. Die Session endete mit einem Vortrag von Dr. Erwin Hüger zum Thema „Stabilitäten von CN-Bindungen in Si-C-N“.

Das Seminar war auch für junge Teilnehmer aufgrund der interdisziplinären Diskussionen seitens der Chemie, der Werkstoff-

wissenschaften, der Physik und der Kristallographie sowie der guten didaktischen Darstellung der Vorträge interessant. Das nächste Treffen des Arbeitskreises „Kinetik“ ist für Herbst 2012 angesetzt.



Diskussion beim Abendbuffet im Aula-Gebäude der TU Clausthal.

Foto: TU Clausthal

Die meisten der Beiträge finden sich auf den DGKK-Webseiten unter dem AK Kinetik (Die Redaktion).



GERO

30-3000°C

- Rohröfen bis 1800°C
- Aufklappbare Rohröfen bis 1700°C
- Vielzonenrohröfen bis 1800°C
- Kammeröfen bis 3000°C
- Bottom Loader bis 2500°C
- Laboröfen bis 3000°C
- Retortenöfen
- Pyrolyseöfen
- Silizieröfen
- Öfen für MIM-Verfahren
- Sonderanlagen
- Reichhaltiges Zubehör

KZV Kristallziehanlage mit Leistungsregelung für Fluoride nach dem Stockbarger- oder Bridgman-Verfahren bis 1800°C

mehr auf www.gero-gmbh.com

GERO Hochtemperaturöfen GmbH & Co. KG
Hesselbachstr. 15
D-75242 Neuhausen
Telefon: 07234/9522-0 Fax: 07234/9522-99
E-Mail: info@gero-gmbh.com

8 DGKK-Arbeitskreis-Treffen „Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelationen“

W. Löser, IFW Dresden

Am 14. und 15. Oktober 2010 fand in Garching bei München das 13. Treffen des Arbeitskreises „Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelation“ der DGKK statt. Es wurde von Dr. A. Erb, Walther-Meissner-Institut für Tieftemperaturforschung und Prof. C. Pfleiderer, Fakultät Physik / TU München organisiert. Die rege Beteiligung von etwa 30 Teilnehmern aus Deutschland und Österreich und 18 Vorträge bewiesen die unverändert starke Rolle des Arbeitskreises in der physikalischen Grundlagenforschung.

Im Mittelpunkt der Vorträge stand zunächst die Kristallzüchtung von supraleitenden intermetallischen Verbindungen. A. Haghighirad (Uni Frankfurt) gab einen Überblick zu Eisen-Pniktid Supraleitern. Seine Ausführungen wie auch die nachfolgenden Vorträge führten zur nachhaltigen Diskussion der Kristallzüchtung und Kristallperfektion dieser neuen Substanzklasse. Im zweiten Teil wurden neue Kristallzüchtungsergebnisse unterschiedlicher Verbindungen mit Seltenen Erden vorgestellt, die unter anderem interessante magnetische Eigenschaften oder Valenzfluktuationen offenbaren.

Nach den Vorträgen besichtigten wir die Kristallzüchtung am Walther-Meissner-Institut. Die gezeigte Geräteausstattung führte zu zahlreichen Fachsimeleien vor Ort, die beim gemeinsamen Abendessen in einem Restaurant in Garching fortgesetzt wurden.

Am zweiten Tag standen intermetallische Verbindungen von Übergangsmetallen und Oxide im Mittelpunkt. Einleitend gab A.

Bauer einen Überblick zur ‚Einkristallzüchtung intermetallischer Verbindungen an der TU München‘. Die praktischen Erfahrungen der Legierungspräparation und Einkristallzüchtung unter hochreinen Atmosphären waren von besonderem Interesse für die Kollegen. Die Einkristallzüchtungsexperimente verschiedener intermetallischer Substanzen u. a. mit der Czochralski- und der Floating Zone-Methode wurden vorgestellt und intensiv diskutiert.

Im Anschluss wurden die großen Verdienste des leider verstorbenen langjährigen Leiters des Arbeitskreises Dr. Behr gewürdigt, und es wurde Dr. W. Löser (IFW Dresden) als Nachfolger gewählt.

Mit der Besichtigung Kristalllabors der Fakultät Physik der TU München fand das interessante Treffen seinen Abschluss, das den Teilnehmern viele neue Ideen und praktische Erfahrungen für ihre Arbeit vermittelte.

Das nächste Treffen wird voraussichtlich am 6./7. Oktober 2011 am IFW Dresden stattfinden. Wir hoffen auf eine rege Beteiligung der Fachkollegen.

Kontaktadresse:

Dr. Wolfgang Löser
IFW Dresden

Tel.: 0351-4659 647

Fax: 0351-4659 313

e-mail: loeser@ifw-dresden.de

I-B-S Fertigungs- und Vertriebs GmbH

für Forschung und Produktion

D-82284 GRAFRATH, Postfach 30

Tel. 08144 / 7656 Fax 08144 / 7857

email: ibs-scholz@t-online.de

Sägen

Innenlochsägen
Periphere Sägen für Längsschnitte
Fadensägen nach dem Lappprinzip
Gattersägen nach dem Lappprinzip

Läppen

IB 400 Läppmaschinen
Tellergrößen von 300 - 400mm
Läppmittelzuführsystem
Abziehringe

Polieren

IB 400 Poliermaschine
IB 400 CMP-Maschine
Tellergrößen 300 - 400mm
Shurry- und Chemiepumpen
Jigs, Autokollimatoren

Bitte besuchen Sie unsere Internetseite

www.ibs-grafrath.de

Protokoll der Mitgliederversammlung 2011

Anwesende:

DGKK Mitglieder:

L. Alaribe, W. Aßmus, B. Bauer, T. Boeck, G. Cantu, A. Cröll, M. Czupalla, A. Danilewsky, K. Dupré, B. Epelbaum, T. Flade, R. Fornari, Ch. Frank-Rotsch, B. Freudenberger, J. Friedrich, St. Ganschow, P. Gille, P. Görnert, C. Hartmann, R. Heimbürger, A. Hess, M. Heuken, T. Jauß, M. Jurisch, K. Kakimoto, F. Kießling, H. Klapper, D. Klimm, K.-H. Küsters, D. Linke, K.-D. Luther, B. Lux, W. Miller, E. Mörsen, M. Mühlberg, M. Müller, L. Parthier, O. Pätzold, U. Rehse, Ch. Reimann, St. Riepe, F. Ritter, H.-J. Rost, P. Rudolph, S. Schimmel, S. Schütt, D. Schwabe, A. Seidl, D. Siche, R. Sorgenfrei, T. Sorgenfrei, R.R. Sumathi, J. Tonn, V. Trautmann, B. Ubbenjans, W. von Ammon, B. Weinert, P. Wellmann, T. Wolf, U. Wunderwald

Gäste:

M. Bickermann, A. Blumenau, G. Klapper, F. Krahl, M. Lindner, A. Schieferdecker

Ort: Kleistforum Frankfurt/Oder

Zeit: Mittwoch, 16. März 2011, Beginn 19.30 Uhr

TOP 1 Begrüßung und Feststellen der Beschlussfähigkeit

Es sind 60 Mitglieder anwesend, d.h. laut Satzung ist die Versammlung beschlussfähig. Der Vorsitzende der DGKK, P. Rudolph, begrüßt die anwesenden Mitglieder und Gäste und heißt die anwesenden zahlreichen „Ruheständler“ besonders herzlich willkommen.

TOP 2 Übergabe des DGKK-Nachwuchspreises

Dr. R. Heimbürger vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung Berlin (IKZ) erhält für seine besonderen Beiträge zum Aufwachsen kristalliner Siliciumschichten auf amorphen Substraten den DGKK-Nachwuchspreis 2011. Der Antrag wurde durch seinen Betreuer, Herrn T. Boeck, eingebracht.

P. Rudolph überreicht Herrn R. Heimbürger die Urkunde, seine Ergebnisse hat er bereits im Rahmen eines Vortrages auf der Tagung vorgestellt.

TOP 3 Bericht des Vorsitzenden

Der Vorsitzende beginnt seinen Bericht mit Glückwünschen an Preisträger und Jubilare.

Es sei nochmal darauf hingewiesen, dass die DGKK nur aktiv werden kann, wenn der Vorstand solche Informationen rechtzeitig mitgeteilt bekommt.

Geburtstagswünsche gehen an Dr. J. Bohm zum 75. Und Dr. Ch. Reimann wird zur Verleihung des SolarWorld Junior Einstein-Award 2010 gratuliert.

Leider sind auch langjährige Mitglieder verstorben. Die DGKK gedenkt dem Tod von

Prof. Dr. Jörg Bilgram (Zürich) **25. 12. 2009** †

Dr. Günter Behr (Dresden) **20. 10. 2010** †

Prof. Dr. Kurt Recker (Bonn) **15. 12. 2010** †

Der Vorsitzende zieht Bilanz zu den von ihm gegebenen Direktiven der Wahlversammlung 2009 in Dresden:

• **„DGKK muss an Signifikanz gewinnen!“**

öffentliche Wahrnehmung der Kristallzüchtung und DGKK erhöhen!

- Dieses Ziel ist klar erreicht worden, die DKT 2010 in Freiburg war eine erfolgreiche Veranstaltung unter Leitung von A. Cröll. Mit der neuen Bezeichnung (DKT) erweiterte sich auch die Offenheit gegenüber Gastvorträgen und erreichte eine sehr gute int. Resonanz (USA, China, Frankreich, Südafrika, u.a.). Es wurde auch eine Podiumsdiskussion zur μ -Gravitation durchgeführt → beispielhaft für weitere Podiumsveranstaltungen.

Auch die diesjährige Tagung in Frankfurt/O. gemeinsam mit den polnischen Kollegen fand eine gute nationale und internationale Resonanz mit Teilnehmern aus Polen, USA, Japan, Norwegen, Russland, Indien, Czech Rep., Belgien, Rumänien (insges. 15). Es wurde auch die Politik (Eröffnungspodium), Presse und Schulen (Gauß-Gymnasium) mit einbezogen.

- *besondere Förderung der Arbeitskreise und ggf. Gründung neuer*
 - Die Arbeitskreise sind weiterhin sehr aktiv. Ein AK „Nanokristallisation“ ist leider bisher nicht entstanden, diese Thematik ist aber jetzt verstärkt im AK Kinetik integriert und soll dort weiter verfolgt werden.
- *Nachwuchsförderung an Fo-Einrichtungen und Schulen („Jugendfraktion“?)*
 - Im Juni 2010 erfolgte **2. DGKK-Schule „Kristallzüchtung von Solarsilizium“** unter der Schirmherrschaft der DGKK und hatte gute Resonanz (55 Teilnehmer). Das Konzept soll 2012 unter Leitung von W. von Ammon fortgeführt werden.
- *Vereinsleben: MB u. Homepage*
 - Überarbeitung der Homepage hat begonnen, bedingt durch personelle Engpässe verzögert sich die Umstellung noch.
 - Die neue Redaktion des MB's, Herr U. Rehse und Herr W. Miller, haben sich gut eingearbeitet, und die Gestaltung des MB's wird lobend erwähnt.
- *soziale Kompetenz verbessern (Würdigungen, Ehrungen, ...)*
- *Förderung der europäischen Kooperation - EU-Netzwerk „Crystal Growth“*
 - Es fand ein Kick-Off-Meeting 20.-21.10.2010 in Berlin am IKZ mit 30 Teilnehmern aus 23 Ländern statt. Hierüber ist bereits im MB 91 berichtet worden.

Der Vorsitzende stellt das Ergebnis des 2010 neugewählten Executive Committee's und des Councils der IOCCG vor. R. Fornari ist zum Präsidenten gewählt worden. Die DGKK bekundete ihm in einem Glückwunschschreiben auch die aktive Unterstützung bei der ICCGE/ISSCG-Vorbereitung für 2013. Weiterhin beglückwünscht P. Rudolph Prof. K. Kakimoto zur Wahl des Sekretärs der IOCCG, er ist auch seit Anfang 2010 Mitglied der DGKK.

Weiterhin wird über die Neuordnung der Fächerstruktur der DFG berichtet. Die DGKK hat ein neues Fach „Herstellung kristalliner Strukturen und Schichten“ vorgeschlagen, dies fließt in das neue Fachkollegium „Materialwissenschaften“ (Fach 406) ein. Die DGKK nutzte ihr Vorschlagsrecht für Kandidaten zur Wahl des Fachkollegiums 406 (für die Fächer 406-1 und 406-2) und schlug als Kandidaten P. Wellmann und P. Gille vor.

10 Auch bei den Aktivitäten der Bundesvereinigung für Materialwissenschaft und Werkzeugtechnik e.V. (MatWerk) ist die DGKK involviert und brachte sich z.B. in einem MatWerk-Symposium im Rahmen der DPG-Jahrestagung 2010 in Regensburg durch den Arbeitskreis Kinetik ein.

Auf der DKT 2009 in Dresden wurde der Vorschlag unterbreitet, eine „Jugendfraktion“ mit Stimmrecht im Vorstand zu gründen. Seitdem wird eine Vertreterin der Jugend, zur Zeit Frau T. Sorgenfrei, zu den Vorstandssitzungen eingeladen und nimmt auch regelmäßig teil. Sie hat bereits ein Konzept erarbeitet und darüber auch im MB berichtet. Leider ist bisher die Resonanz noch relativ gering. Der Vorsitzende appelliert an alle, Frau Sorgenfrei bei dieser wichtigen Aufgabe zu unterstützen.

Es ist aber in erster Linie eine Initiative und demnach auch Aufgabe der Jugend!

Im Februar 2011 fand in Erlangen eine Beratung zwischen W. v. Ammon, B. Weinert, J. Friedrich und P. Rudolph zur Erarbeitung eines „DGKK-Strategiepapers“ statt.

Ziele eines solchen Papiers sind:

- Materialbasis „Kristall“ und dessen Züchtung publik machen
- Popularität der DGKK bei Fördereinrichtungen erhöhen
- Fördermittel einwerben
- Industriestandort in 10-15 Jahren sichern
- Nachwuchs gewinnen und ausbilden
- Organisation „parlamentarischer Abende“, Podien, Ausstellungen

Es ist sich auf folgendes weitere Vorgehen geeinigt worden:

- Entwurf eines Strategiepapers (ca. 10 Seiten)
- Präsentation (im BMBF, auf einer Podiumsveranstaltung)
- stärkere Einbeziehung von Politikern in DGKK-Veranstaltungen

Herr M. Heuken begrüßt diese Aktivität und merkt aus Erfahrung an, dass in einem solchen Strategiepapier wichtige politische Schlagworte mit einzubauen sind. Herr Friedrich fragt bei Herrn M. Heuken an, ob er bei der Erarbeitung mitwirken könnte. Dies wird zugesagt.

Der Vorsitzende schließt seinen Bericht mit einem Dank an alle Kolleginnen und Kollegen, die in den Gremien der DGKK aktiv waren, insbesondere bei der Vorbereitung der diesjährigen Tagung in Frankfurt/Oder.

TOP 4 Bericht der Schriftführerin

Im Berichtszeitraum ist die Mitgliederzahl um weitere 12 Mitglieder angestiegen, so dass sich der erfreuliche Trend der letzten zwei Jahre fortgesetzt hat.

Es steht aber wieder eine Mahnaktion an, die erfahrungsgemäß aufgrund des Ausschlusses säumiger Mitglieder zu einer Abnahme der Mitgliederzahl führen wird. Alle Mitglieder werden dazu aufgerufen, ihre offenen Beiträge zu überweisen und nach Möglichkeit eine Einzugsermächtigung zu erteilen, da dies eine deutliche Arbeitserleichterung für die Abrechnung darstellt. Die Schriftführerin erinnert daran, dass Adressenänderungen etc. mitgeteilt werden.

Der DGKK-Mitgliederstand beträgt zum 01.03.2011:

376 Mitglieder, davon 340 Vollmitglieder, 28 Studenten und 8 Firmen.

Die Schriftführerin berichtet weiterhin über die Aktivitäten des letzten Jahres. Aktuelle Informationen werden regelmäßig per Rundbrief (Email) verschickt. Berichte aus der Arbeit des Vorstandes und Protokolle werden im Mitteilungsblatt veröffentlicht. So wurde z.B. die Rubrik „Neue Mitglieder“ eingeführt.

Die Satzung der DGKK bedarf dringend einer Aktualisierung, hierzu wird zur Mitarbeit aufgerufen. Ansprechpartner ist hierbei W. Miller.

TOP 5 Bericht des Schatzmeisters

Der Kassenstand der DGKK beträgt zum 31.12.2010

Sparkasse Karlsruhe	: 10.333,10	EUR
Festgeldeinlagen	: 12.309,86	EUR
	<u>22.642,96</u>	EUR

Der Zuwachs des Kassenstandes im Vergleich zu 2010 basiert auf der Erwirtschaftung eines Überschusses aus der DKT 2010. Hier geht der Dank an die Kollegen nach Freiburg.

Der Schatzmeister erinnert an die Möglichkeit, für die Nachwuchswissenschaftler einen Antrag auf Reisekostenunterstützung zu stellen. Weiterhin appellierte er, Projekte in Schulen ins Leben zu rufen. F. Kießling berichtet über laufenden Aktivitäten zur Nachwuchsförderung an der Lise-Meitner-Schule in Berlin und kündigte einen Antrag auf Förderung an.

Die Kassenprüfung erfolgte durch F.M. Kießling und M. Czupalla. Die Rechnungsprüfer hatten eine Rückfrage bzgl. einer Umbuchung im Zusammenhang mit der DKT 2010, die aber sofort geklärt werden konnte.

Es wurde dann eine korrekte Kassenführung bestätigt.

TOP 6 Entlastung des Vorstandes

Aus den Reihen der Mitglieder beantragt D. Siche die Entlastung des Vorstandes:

Der Antrag wurde einstimmig angenommen, wobei sich der Vorstand bei der Abstimmung enthält.

P. Rudolph dankt dem Vorstand für die geleistete Arbeit.

TOP 7 Wahl des Vorstands für die Zeit von 01.01.2012-31.12.2013

Wahlleiter ist Herr W. Miller.

Er gibt einleitend einen Überblick über die eingegangenen Wahlvorschläge.

Es gab Vorschläge, den bestehenden Vorstand wiederzuwählen. Desweiteren gingen zwei Vorschläge für den neuen Vorsitzenden ein. P. Rudolph gab bekannt, nicht mehr für die Funktion des 1. Vorsitzenden zur Verfügung zu stehen. Er kandidiert aber für die Funktion des stellvertretenden Vorsitzenden. P. Wellmann teilte mit, dass er auch nicht für die Funktion des Vorsitzenden kandidieren möchte, sondern für die Funktion des Schatzmeisters. Für die Funktion des 1. Vorsitzenden stellt sich J. Friedrich zur Wahl.

Herr W. Miller erläutert den Anwesenden den Wahlablauf, bevor die geheime Wahl stattfindet.

Wahl des 1. Vorsitzenden

J. Friedrich	47	Stimmen
P. Gille	4	Stimmen
M. Heuken	1	Stimme
P. Wellmann	1	Stimme
ungültig	6	Stimmen

J. Friedrich bedankt sich für das Vertrauen und nimmt die Wahl gern an.

Wahl des Stellvertreters

P. Rudolph	49	Stimmen
M. Müller	1	Stimme
P. Gille	2	Stimmen
F. Kießling	1	Stimme
J. Friedrich	1	Stimme
M. Heuken	2	Stimmen
D. Schwabe	1	Stimme
A. Cröll	1	Stimme
K. Dupré	1	Stimme
ungültig	0	Stimmen

P. Rudolph bedankt sich für das Vertrauen und nimmt die Wahl gern an.

Wahl der Schriftführerin

Ch. Frank-Rotsch	57	Stimmen
J. Tonn	1	Stimme
Enthaltung	1	Stimme

Ch. Frank-Rotsch bedankt sich für das Vertrauen und nimmt die Wahl gern an.

Wahl des Schatzmeisters

P. Wellmann	53	Stimmen
M. Mühlberg	1	Stimme
P. Gille	1	Stimme
T. Boeck	1	Stimme
Ch. Frank-Rotsch	1	Stimme
ungültig	0	Stimmen

P. Wellmann bedankt sich für das Vertrauen und nimmt die Wahl gern an.

Wahl der drei Beisitzer

P. Gille	58	Stimmen
K. Dupré	42	Stimmen
B. Freudenberg	41	Stimmen
A. Cröll	6	Stimmen
T. Boeck	3	Stimmen
F. Kießling	1	Stimme
D. Linke	1	Stimme
M. Mühlberg	1	Stimme
A. Danilewsky	3	Stimmen
W. Miller	2	Stimmen
D. Siche	1	Stimme
M. Heuken	3	Stimmen
R. Fornari	1	Stimme
St. Riepe	1	Stimme
M. Bickermann	1	Stimme
D. Schwabe	1	Stimme
F. Ritter	1	Stimme
W. von Ammon	2	Stimmen
M. Neubert	1	Stimme

K. Dupré, B. Freudenberg und P. Gille bedanken sich für das Vertrauen und nehmen die Wahl gern an.

Der neugewählte Vorsitzende J. Friedrich richtet sich an die Wahlversammlung und erläutert seine Vorstellungen für die nächsten Jahre. Er möchte sich dafür einsetzen, dass die Bedeutung der Kristallzüchtung noch sichtbarer wird. Dies ist besonders wichtig im Hinblick auf Politik und Fördermittelgeber.

Die Kristallzüchtung sollte dabei stets im Verbund mit der Anwendung auftreten. **11**

Er fasst seine Ziele in vier Schwerpunkten zusammen:

1. Sichtbarkeit nach außen
2. Aus- und Weiterbildung
3. Netzwerkbildung auf dem europäischen Weg verstärken
4. Wirkung nach innen, z.B. mehr Berichte im MB zu Züchtungsergebnissen aus den verschiedenen Einrichtungen

Er freut sich gemeinsam mit dem gewählten Vorstand die DGKK führen zu dürfen.

W. Miller dankt den Helfern für die Unterstützung bei der Wahldurchführung.

TOP 8 Diskussion über Tagungen und Symposien

• Abschließende Diskussion und Beschluss über die Deutsche Kristallzüchtungstagung 2012 (DKT 2012)

U. Wunderwald und O. Pätzold stellen der Mitgliederversammlung den Stand der Vorbereitung für die geplante Jahrestagung 2012 in Freiberg vor.

Es wird als Schwerpunktthema „Defekt- und Spannungskorrelation in kristallinen Halbleitern“ vorgeschlagen. Das Setzen eines aktuellen Themas wird kritisch diskutiert, denn es sollte keine Eingrenzung der anderen Themen entstehen. Durch D. Schwabe wird angemerkt, dass der Begriff „Defekt- und Spannungskorrelation“ nicht korrekt sei. Der Begriff wird von B. Weinert erläutert. Die Organisatoren prüfen nochmals die Schwerpunktsetzung. Als Tagungstermin wird der 07.-09. März 2012 vorgeschlagen. Sie wird gemeinsam von der TU Bergakademie und dem THM Freiberg organisiert. Die Leitung erfolgt durch D. Meyer und U. Wunderwald. Es ist auch im Zusammenhang mit der DKT 2012 geplant, das Fraunhofer THM Freiberg offiziell feierlich einzuweihen.

O. Pätzold spricht auch im Auftrag von D. Meyer die offizielle Einladung zur DKT 2012 nach Freiberg aus.

Es wird von Seiten der Mitglieder darauf hingewiesen, dass möglichst keine Terminüberschneidungen mit anderen Tagungen wie z.B. DPG bestehen.

Herr Pätzold bestätigt, dass der vorgeschlagene Termin sich nicht mit der Physikertagung 2012 überschneidet.

Abstimmung zum Tagungsort Freiberg: einstimmig angenommen

• Es folgt eine Diskussion zu möglichen Tagungsorten für 2013. Zunächst wird Frankfurt/Main in Betracht gezogen, aufgrund laufender Umstrukturierungen ist eine Ausrichtung einer Jahrestagung gegenwärtig nicht möglich. Herr F. Ritter sagt aber zu, dass Frankfurt/Main zu einem späteren Zeitpunkt wieder zur Verfügung stehen würde.

Auch die Vorschläge Köln und Clausthal-Zellerfeld sind nicht möglich. Es gab auch Vorschläge, die Tagung mit der ICCGE-17 in Warschau zu verbinden. Dies findet keine Zustimmung, zumal 2013 wieder Vorstandswahlen anstehen.

Ein weiterer Vorschlag für 2013 ist **Erlangen – dieser wird favorisiert.**

Von Seiten der Erlanger Kollegen liegt auch die Bereitschaft vor.

• P. Rudolph berichtet über den Stand der Vorbereitung der ICCGE-17 und der ISSCG-15 2013 in Polen, insbesondere über Vorschläge zu DGKK-Vertretern in die Tagungskomitees etc. Der Vorstand wird weitere Vorschläge an R. Fornari senden.

12 TOP 9 Diskussion über die DGKK-Arbeitskreise

Die Arbeit der AK ist weiterhin sehr aktiv, es wird regelmäßig in den MB's über die stattgefundenen Treffen berichtet. Aufgrund der fortgeschrittenen Zeit wird auf ausführliche Berichte im Rahmen der Mitgliederversammlung verzichtet. Es ist nur über einige Änderungen informiert worden. So teilte M. Heuken mit, dass der AK-Epitaxie im letzten Jahr sein 25-jähriges Bestehen in Aachen begangen hat. Während des zweitägigen Treffens mit ca. 140 Teilnehmern erfolgte eine Besichtigung von AIXTRON. In diesem Jahr trifft sich der AK in Stuttgart und 2013 in Erlangen.

Der AK „Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelation“ wird seit 2010 von W. Löser geleitet.

Der AK „Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik“ hat sich 2010 durch den Umzug der Kristallographie in Köln nicht getroffen.

TOP 10 Verschiedenes

Weitere Beiträge liegen nicht vor. P. Rudolph schließt gegen 22:15 Uhr die Mitgliederversammlung und bedankt sich bei allen Anwesenden.

Christiane Frank-Rotsch

Peter Rudolph

Schriftführerin der DGKK

1. Vorsitzender

Laudatio zur Verleihung des Nachwuchspreises der DGKK 2011

Der DGKK-Vorsitzende, Peter Rudolph (rechts) übergibt den Preis an Robert Heimburger (links).

Foto: Ch. Frank-Rotsch

Laudatio

zur Verleihung des Nachwuchspreises der DGKK 2011

an

Herrn Dr. Robert Heimburger

vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung Berlin

Sehr geehrte Damen und Herren,
die Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung verleiht den diesjährigen DGKK-Nachwuchspreis

an Herrn Dr. Robert Heimburger

vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung Berlin (IKZ) für seine besonderen Beiträge zum Aufwachsen kristalliner Siliciumschichten auf amorphen Substraten.

Herr Heimburger hat von Februar 2007 bis Januar 2010 als Doktorand in der Themengruppe Si/Ge-Nanostrukturen des IKZ unter Leitung von Herrn Dr. Torsten Boeck gearbeitet und im Juli 2010 seine Doktorarbeit zum Thema „Solution Growth of Microcrystalline Silicon on Amorphous Substrates“ an der Humboldt-Universität zu Berlin mit dem Prädikat „magna cum laude“ verteidigt. Gutachter der Dissertation waren Prof. Dr. Roberto Fornari (IKZ), Prof. Dr. Manfred Mühlberg (Uni Köln) und Prof. Dr. Ricardo Manske (HUB), die Prüfung erfolgte unter Vorsitz von Prof. Dr. Wolfgang Neumann (HUB). Seit Februar 2010 ist Herr Heimburger wissenschaftlicher Mitarbeiter in o.g. Themengruppe und setzt seine Forschung zu dieser Thematik fort. Noch als Doktorand wurde Robert Heimburger Mitglied der DGKK.

Das Aufwachsen einer kristallinen Schicht auf einem amorphen Substrat ist eine sehr ambitionierte Forschungsaufgabe, da wegen des Fehlens eines kristallographischen Gitters der Unterlage kein epitaktisches Verwachsen von Substrat und Deposit möglich ist. Das gilt insbesondere für die Herstellung kristalliner Siliciumschichten auf Glas. Gerade diese Materialkombination ist aber für die Photovoltaik von einem sehr großen Interesse. Trotz jahrelanger internationaler Forschung ist es bisher noch nicht gelungen, geeignete kristalline Siliciumschichten mit hoher Reinheit und Korngrößen im Bereich von einigen 10 Mikrometern auf Glas herzustellen, um somit Absorberschichten für kostengünstige und langzeitstabile Solarzellen zu entwickeln.

Durch seinen Ideenreichtum, sein hohes experimentelles Geschick und seine konzentrierte und zielstrebige Arbeitsweise hat Herr Heimburger einen maßgeblichen Anteil daran, dass im IKZ wesentliche Fortschritte auf diesem Forschungsgebiet zu verzeichnen sind. So konnte im Juli letzten Jahres ein Forschungsprojekt mit dem Unternehmen BP Solar erfolgreich abgeschlossen werden, in dessen Rahmen u.a. ein Zweistufenprozess entwickelt wurde, bei dem zunächst auf einer speziellen Zwischenschicht Si-Saatkristalle aufwachsen, die anschließend durch Lösungskristallisation zu größeren Kristallen auswachsen. Das Verfahren ist nunmehr dahingehend verbessert worden, dass die Herstellung der Saatschicht durch eine einfach zu realisierende und auf großen Flächen anwendbare metallinduzierte monotrope Phasenumwandlung erfolgt. Diese Saatschicht ermöglicht das Aufwachsen von Si-Kristallen im gewünschten 10 μm -Größenbereich. Wegen des internationalen Neuheitsgrades wurde das Verfahren als Patent angemeldet, und es ist Grundlage eines DFG-Antrages.

Erste Ergebnisse seiner Arbeit hat Herr Dr. R. Heimburger u.a. auf den DGKK-Tagungen 2008 in München und 2009 in Dresden vorgestellt. Über aktuelle Forschungsergebnisse berichtete er auf dem „Symposium on Photovoltaik Materials“ im Rahmen der Deutsch-Polnischen Kristallzüchtungstagung 2011 in Frankfurt/Oder.

Wir wünschen Herrn Dr. Robert Heimburger weiterhin viel Erfolg in seiner wissenschaftlichen Arbeit und seiner Wirksamkeit für die Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung.

Prof. Dr. habil. P. Rudolph
– Vorsitzender der DGKK –

Frankfurt/Oder,
den 17. März 2010

Reports from "German Polish Conference on Crystal Growth" (GPCCG 2011) in Frankfurt (Oder) and in Słubice 13

The annual Crystal Grower Conference of the DGKK was organized as a joint meeting with the Polish Association for Crystal Growth (PTWK) in Frankfurt (Oder) and Słubice, the two twin cities west and east of the river Oder. Because a lot of photovoltaic industry has emerged in this Brandenburg region during the last years, a symposium on photovoltaic materials was integrated into this event. This is not only a scientific but also political subject and thus greetings were given by the Prime Minister of State Brandenburg M. Platzeck (see Figure), the Marshal of

Lubuskie Voivodeship E. Polak, the Mayor of town Słubice T. Ciszewicz, and the Mayor of town Frankfurt M. Wilke.

In the following there are two reports on photovoltaic materials and one about oxide materials. Concerning nitrides contribution on AlN came mainly from Germany (see report on DGKK award for Boris M. Epelbaum, pg. 17) and on GaN mainly from Poland (see special report on pg. 30). There is also the view on the entire event by a young scientist, Saskia Schimmel, a master student from the University Erlangen-Nürnberg (pg. 16).

Symposium on Photovoltaic Materials – Silicon based PV

Frank M. Kießling, Leibniz Institute for Crystal Growth (IKZ), Berlin



The Prime Minister of State Brandenburg, Matthias Platzeck, during his speech.

Foto: Thomas Jauß (Freiburg)

In March of 2011 from 14th – 18th the Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK) and the Polskie Towarzystwo Wzrostu Krystalow (PTWK) hosted the German Polish Conference on Crystal Growth (GPCCG 2011) in Frankfurt (Oder) and Słubice, that combined the Symposium on Photovoltaic Materials and the DGKK-PTWK Conference. The GPCCG brought together politicians, crystal growth scientists, students, and engineers from Poland and Germany as well as attendees from Bavaria, Czech Republic, France, Japan, Latvia, Luxembourg, Nigeria, Norway, Rumania, Slovakia, UK and USA. The participants were welcomed to Frankfurt (Oder) and Słubice by both mayors, M. Wilke and T. Ciszewicz, respectively, who as well as all other speakers expressed their sorrow about the tragedy of Japan.

The symposium started with the opening ceremony followed by a talk of the Prime Minister of State Brandenburg about importance and strategy of renewable energies in Brandenburg. The honourable M. Platzeck underlined in his speech that in addition to technical progress "the federal state government is ... committed to establish the politico-economic conditions for an innovation-friendly location". He also pointed out that "crystal growth can contribute to the successful expansion of renewable energies as one of the most important of Brandenburg's sunrise industries". T. Gierczak, Council Member of Lubuskie

Voivodeship, emphasized the partnership in renewable energy between Lubuskie Voivodeship and Frankfurt (Oder). E. Weber, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE), focussed in his talk on the role of materials science for the future of photovoltaics. He summarized the "recent progress in developing PV cost-reduction technologies at ever increasing power conversion efficiencies", which only can be achieved by a continuously improved understanding of the material and the technological issues. Upgraded metallurgical Silicon (umg-Si) starting material simply purified in the molten state is by about a factor of 5 less expensive than the mostly used solar-grade silicon feedstock, which is obtained by the Siemens method. He reported that CaliSolar, a US.-based company, obtained a medium cell efficiency of 16.4% using umg-Si. Finally, useful information on local investments and funding opportunities were given by M. Godau, Investor Center Ostbrandenburg, and S. Kammradt, ZukunftsAgentur Brandenburg, respectively.

In the session "Material developments for PV – international survey" a nice overview about the work of Jan Czochralski, the pionier of crystal pulling from the melt, was given by K. Kurzydowski from the Warsaw Technical University. His talk was followed by a presentation about trends of PV-Silicon in East Asia and Japan. K. Kakimoto, Kyushu University (Japan) pointed out that the leading PV-companies, like Sharp, Kyocera, Sanyo in Japan, Suntech, JA Solar, Yingli in China, Samsung, LG in Korea and Motech, Gintech in Taiwan, are also focussed on cost-reducing and efficiency-improving technologies in the whole value chain from the raw material to the system. Kakimoto underlined that the key issues for the material quality are the content of foreign atoms (C, O, N, and Fe) and dislocations. In order to narrow the efficiency gap between multi-crystalline (mc-Si) and single crystalline Silicon, defect-control techniques e.g. for enlargement of grains and lower dislocation densities in mc-Si to increase the minority carrier lifetime are required.

T. Surek, Surek PV Consulting (USA), discussed the state of art of PV materials research and production. He also pointed out that the efficiency has to be increased and process costs have to be lowered. Nowadays, the cell efficiencies of mc-Si and Czochralski (Cz)-Si standard low-cost processes are 15 – 16.5 % and 17-18.5%, while its best research cell efficiencies are of 20.4% (FhG-ISE) and of 23% (Sanyo), respectively. PV industry is cost driven with 2/3 of its production in Asia from six of top 10 largest producers in China and Taiwan. Markets have

14 been driven by subsidies and it was a "seller's market" (make modules and than will see), while it gets a "buyer's-market" (supply will likely continue to exceed demand). He stated that the multi-crystalline Silicon market with its 49% share is the fastest growing segment of PV industry. All speakers underlined the relevance to increase the PV-capacities due to the fact that each time the module production volume is doubled cost decrease by about 20% ("cost-learning curve"). The first day of the Symposium on PV Materials ended with a reception of the Lord Mayor in the City Hall of Frankfurt (Oder).



The chairs of the conference, Maria Kaminska and Karl Heinz Kuesters, during the opening ceremony. Foto: Thomas Jauß (Freiburg)

In the morning session "Silicon for Solar Cells" of the second symposium day B. Fischer, REC Wafer Norway, talked about crystallisation developments at the company. He claimed that nowadays dislocations and metal impurities are the limiting factors to reach the efficiency of Cz-Si. His results were based on

investigations of mc-Si directionally solidified in a newly developed generation of furnaces. P. Waver, Q-Cells, spoke about manufacturing of Si-solar cells. He said that the "very robust and versatile double-side contacted Si-Solar cell" is the dominant PV-cell with a market share of about 80%. The current manufacturing wafer thickness is 180-200 μm . R. Fornari, Leibniz Institute for Crystal Growth (IKZ), gave an overview about the growth activities of bulk and thin film PV silicon at the institute. He explained the advantages to use non-stationary magnetic fields during the directional solidification process of mc-Si ingots and its influence on the material quality. He also reported about technology developments to obtain square cross-shaped bulk crystals for both the Float Zone (FZ) and Czochralski method and about the progress in the activities to deposit polycrystalline silicon films on glass. C. Lehnert, ALD Vacuum Technologies, continued with a nice presentation about their developments of mc-Si crystallizer equipments. The wide range of different crystallisation conditions applicable to all ALD silicon crystallizers is a very useful feature for process developments especially if 800 kg ingots can be obtained using the next generation of furnaces. St. Riepe, Fraunhofer ISE, reported about silicon growth for high efficiency low cost solar cells using Cz- and FZ-technology. He said that the most promising path for Cz-Si might be n-type material to overcome the problems due to boron-oxygen defects in p-type silicon, which degrade the cell efficiency of solar cells. B. Freudenberg, Solar World Innovations, gave a nice review on different strategies for improved mc-Si. He focussed on methods to increase the grain size and discussed result published in papers and patents. A similar topic was presented by E. Schmid, TU Bergakademie Freiberg, who correlate grain orientation and dislocation alignments in mc-Si, while A. Schieferdecker, Conergy Solar Module, and M. Dietrich, Solar World Innovations, discussed in their talks the influence of dopants and impurities on the properties of solar cells.

All in all the presented topics gave a nice overview about the current state of art in the PV silicon field worldwide. Thanks to the organizers who put together this attractive program.

Report on thin film photovoltaics session

Ralf Sorgenfrei, Freiburger Materialforschungszentrum der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg

In the course of the PV – workshop of the German Polish Conference on Crystal Growth GPCCG, a special session on thin film photovoltaics took place in between 14:00 and 18:15 at Tuesday, 15th of March.

The increasing importance of thin film PV was already pointed out in the excellent invited talk of Tom Surek in the Monday afternoon session, "material developments for PV – international surveys".

The contributed talks demonstrated the high diversity of thin film PV: The topics ranged from multi-junction solar cells in high efficiency concentrator PV, to large area polycrystalline thin film PV, taking the advantage of a low material consumption and low fabrication costs.

The invited talk of Bernd von Westerholt from First Solar clearly showed the benchmark as well as for the thin film PV, but also for all the other PV technologies, in regard of the lowering the production costs. First Solar produces CdTe thin film modules, which exhibit the lowest production costs per Watt and the lowest

energy payback time.

First Solar wants to be competitive to fossil power in the near future and sees the possibility in lowering the module fabrication costs to 53 – 62 ct/W, which is comparable with 1.40 \$/W for every installed solar panel. Therefore, First Solar concentrates on the market of large solar power plants. To achieve this goal, the module efficiency of around 11% is going to be improved to 13 or 14%. Together with the extension of the production capacity up to 2.3 GW at the end of 2011 and an increase in throughput velocity, the targeted fabrication costs are scheduled within the next five years.

Ralf Sorgenfrei (Freiburger Materialforschungszentrum) pointed out in his talk that despite of a large scale application of CdTe solar cells, there is still a lack of knowledge about the effect of grain boundaries. Therefore, the Freiburg Material Research Center of the Albert-Ludwigs-University starts the development of heteroepitaxial CdS/CdTe based solar cells, which will have similar layers in comparison to commercial cells. Since grain

boundary effects can be excluded to a large extent hereby, the comparison with identical polycrystalline cells enables some new insight to following questions: How do grain boundaries limit the achievable efficiency and how do impurities interact with grain boundaries? The most important question in this context is what influences the position of the Fermi level and how can the former processes be controlled?



Tom Surek during his plenary talk.

Foto: Thomas Jauß (Freiburg)

Martha Lux-Steiner (Helmholtz Zentrum Berlin) presented a comprehensive overview about the latest development of Cu-In-chalcopyrite based solar cells (CIGSSe). The efficiency of those devices is almost comparable to multicrystalline Si solar cells with all the benefits of polycrystalline thin film technology. This material profits from a wide variety in chemical composition. This enables the development of tandem solar cells to overcome the Shockley Queisser limit, as well as graded bandgaps of the CIGSSe absorber layer in order to reduce recombination losses. Another approach to reduce recombination losses may be the reduction of the front contact area, i.e. by using point contacts. However, it has to be shown that this structuring process works at low costs.

The main task for the future will be to maintain the higher efficiencies in comparison to CdTe solar cells at nearly comparable fabrication costs in order to be competitive.

Olaf Tober from Odersun presented the production steps of their CIS (copper indium disulfide) based modules. Instead of a deposition onto glass substrates, Odersun uses a 100 μm thin copper tape which is coated in the first step with electrodeposited indium. This structure is heated up in a second step to form a liquid Cu-In precursor, followed by an annealing in sulfur loaded nitrogen. During this annealing step, Cu_{2-x}S is formed on the surface, which has to be removed by an etching with KCN. During the absorber growth an internal pn junction is formed within the CIS absorber. The individual cells are completed by a deposition of p-CuI buffer layer and a ZnO:Al layer serving as TCO front contact. These processes can be done in several roll to roll steps, which are very fast (3 - 4 cm/s velocity of the copper band) and cost effective. The flexible substrate permits a high versatility for the module fabrication: Individual processed copper band strips are interconnected by a roof-tile shaped arrangement onto glass substrates. Therefore, the shape and size of the modules is not limited by the deposition process itself.

Although silicon is still the most common material for PV applications, its use has long been restricted to a-Si:H, having a

quasi-direct bandgap, for use in thin film PV. However, crystalline Si thin film PV is expected to enable higher efficiencies. Bernd Rech presented in his invited talk the challenges and perspectives of large-grained polycrystalline Si films for use in PV. He pointed out, that an effective light-trapping is needed due to the indirect bandgap of polycrystalline Si. He presented the latest results achieved at the Helmholtz-Zentrum in Berlin comprising high rate electron beam evaporation and adapted crystallization techniques.

Agata Krywko showed her results about the electrochemical deposition of Si based films from organic solutions. The films were deposited on gold electrodes by potentiostatic method from SiHCl_3 dissolved in tertbutylammonium bromide (TBAB) in propylene carbonate. The spectroscopic characterization showed that the films consists of different phases: Si, SiO_2 and Si:H.

A low temperature solution growth process for large-grained polycrystalline Si films on glass substrates was presented by Robert Heimburger. An amorphous seeding layer is deposited by electron beam evaporation at low temperature onto a glass substrate. By introducing an intermediate liquid solution stage, with In acting as solution, the nucleation barrier for the phase transition of a-Si to $\mu\text{c-Si}$ is significantly reduced. Steady-state solution growth at 610 $^\circ\text{C}$ was utilized to enlarge silicon seed crystals to diameters of up to 50 μm .

Andreas Bett from Fraunhofer ISE reported about new developments and challenges concerning high efficiency multi-junction solar cells. III-V based multi-junction solar cells have achieved the highest efficiencies of more than 42% for any photovoltaic device. An efficiency of 45% seems to be reachable within the next two years and further research may enable efficiencies beyond 50% with 4-6 junction cells. But care has to be taken, if efficiencies of cells for space applications have to be compared with efficiencies of concentrator cells. In space applications, high efficiency cells are commonly used, due to a high power to weight ratio. In laboratories more than 30% efficiency have already been achieved for space applications.

The layer structure of a typical triple-junction cell consists of about 20 different layers, which are grown by MOVPE. The cell structure is currently grown on a Ge substrate, acting as the bottom cell in the monolithic stack. Of course, these cells are challenging with respect to different p and n-type doping levels, ranging in between 10^{16} cm^{-3} up to 10^{20} cm^{-3} . Additionally the layer stack exhibits several changes between ternary and quaternary arsenide and/or phosphide based compound semiconductors. At the Fraunhofer ISE, there are currently several approaches of improving the efficiency of those triple junction cells investigated. One idea is to design the bandgaps of the metamorphic semiconductor materials without being constraint by the lattice constant of the substrate. The main challenges for this approach is to develop accommodate buffer layers for the lattice mismatch to prevent dislocations to penetrate the layer stack. The development of 6 junction cells would further reduce the thermalisation and transmission losses. This is another future plan for the improvement of multi-junction solar cells. But there is still a need for materials with well defined and specific properties, which have to be developed in high crystal quality.

The increasing importance of material sciences for development of photovoltaic materials and the relevance for advanced metrology of specific properties has been again pointed out by the contributed talks of this session.

16 Oxide materials at GPCCG-2011

Zbigniew Gałazka, Leibniz Institute for Crystal Growth (IKZ), Berlin

Oxide materials presented during the GPCCG-2011 in Frankfurt/Ślubice in March 2011 could be divided, in terms of applications, into the following groups: (1) strain engineering, (2) transparent semiconducting oxides (TSOs), (3) sapphire for LEDs, (4) ferroelectrics, (5) superconductors, (6) oxides for batteries/cells, and (7) others.

A general overview of high-melting point oxides grown from a metal crucible was given by D. Klimm from IKZ, Berlin. He discussed chemical stability of oxides in terms of oxygen partial pressure provided by a dynamic growth atmosphere to increase the stability of oxide crystals and to minimize, at the same time, oxidation of iridium.

(1) Strain engineering, that is using a misfit strain of a substrate to alter properties of a thin film, was discussed by J. Schubert (Peter Grünberg Institute and JARAFIT, Jülich). The author focused on strain and properties of thin films of SrTiO₃, BaTiO₃ and EuTiO₃ perovskites deposited on REScO₃ (RE-rare earth atoms) substrates. Solid solutions of NdScO₃-SmScO₃ and SmScO₃-GdScO₃ scandate crystals were the subject of R. Uecker's presentation (IKZ, Berlin). Such solid solution scandates were designed for strain engineering substrates to cover the range of lattice constants between 3.95 and 4.02 Å, for which no stable substrates were available.

(2) Electrical and optical properties of bulk β -Ga₂O₃ single crystals (band gap = 4.8 eV) grown by the Czochralski method were presented by Z. Gałazka (IKZ, Berlin). It was demonstrated, that electron concentration of β -Ga₂O₃ crystals and the corresponding resistivity (Hall effect measurements), could be modulated within 1 - 2 orders of magnitude by using different growth conditions and/or post growth heat treatment. The transmittance shows for all crystals a sharp absorption edge at 260 nm, and some absorption in the IR region depending on free electron concentration. In addition to that, deep electron traps and cathodoluminescence of β -Ga₂O₃ were discussed. T. Sorgenfrei (Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg) presented doping of ZnO thin films with As₂O₃ to obtain p-type conductivity. A. Duzynska (Polish Academy of Sciences, Warsaw) studied in her work pressure dependence of the near band gap photoluminescence of ZnO thin films on sapphire substrates. The results were compared with bulk ZnO crystals obtained from the vapor phase and with ZnO nanopowder.

(3) E. Moersen (Crystal Growth Consulting, Mainz) presented a comprehensive overview of manufacturing of sapphire crystals for GaN LEDs. He discussed different crystal growth techniques, the corresponding crystal quality and future trends of sapphire

crystal manufacturing. It was mentioned that sapphire for GaN LEDs follows the same trends as silicon in the semiconducting industry; 6" wafers of sapphire are now commercially available and research on 8" wafers has started.

(4) M. Mühlberg from Universität zu Köln discussed two material groups of K₃Li₂Nb₅O₁₅ (KLN) and Ca_xSr_yBa_{1-x-y}Nb₂O₆ (CSBN), which are considered to be relaxor ferroelectric materials. For these materials the ferroelectric phase transition, the temperature dependence of the UV bandedge and the transmittance under external electric fields were investigated. Thin films of ferroelectric materials of Bi₄Ti₃O₁₂ + xNa_{0.5}Bi_{0.5}TiO₃ on SrTiO₃ substrates were the subject of J. Schwarzkopf presentation (IKZ, Berlin). She discussed the structure of the obtained films and defect formation.

(5) M. Syha (Goethe-Universität, Frankfurt am Main) presented the synthesis and characterization of single phase polycrystalline samples of LaFeAsO and TmFeSbO operating as high temperature superconductors. Z. C. Li (Max Planck Institute, Stuttgart) presented flux grown LaFeAsO and SmFeAsO single crystals.

(6) Obtaining of LiMnPO₄ nanopowders (modified sol-gel method) as a cathode material for Li-ion batteries, including their electrical properties, were described by D. Ziolkowska (University of Warsaw). Characterization, by various techniques, of LiMn₂O₄ nanocrystals for Li-ion batteries was shown by A. Zalog (University of Silesia, Katowice). K. Bienkowski (ITME, Warsaw) presented NiTiO₃-TiO₂ eutectic crystals obtained by the micro-pulling down method. Such crystals are dedicated as photo-anode materials in photo-electrochemical cells.

(7) Also a number of other oxides having different applications were the subject of the conference. K. Bartos (Crytur, Ltd, Turnov) presented RE:Lu₃Al₅O₁₂ single crystals, which can operate as scintillators (Re = Ce³⁺, Pr³⁺, Eu³⁺), as passive absorbers in Q-switching systems (Re = V³⁺, Cr⁴⁺) and as active media in high power lasers (Re = Yb³⁺). Y. Zhydachevskii (Lviv Polytechnic National University) presented the growth, by the Czochralski method, and thermoluminescent (TL) properties of Mn:YAlO₃ single crystals to be used for TL dosimetry of ionizing radiation. M. Szubka (University of Silesia, Katowice) presented the growth and characterization of Bi₁₂GeO₂₀ single crystals doped with Ni, Co nanoparticles for plasmonic applications. J. Ottinger (University Cologne) presented growth, by the top seeded solution growth (TSSG) method, as well as physical and crystallographic properties of mixed Bi₂(Ge, Al)₄O₉ single crystals.

German Polish Conference on Crystal Growth (GPCCG 2011)

Saskia Schimmel, Werkstoffwissenschaften 6, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Die Jahrestagung der DGKK fand diesmal im Rahmen der „German Polish Conference on Crystal Growth“ vom 14.-18. März 2011 in Frankfurt/Oder bzw. Ślubice statt. In der geographischen Aufteilung der Konferenz auf die europäischen Nachbarländer Polen und Deutschland spiegelten sich auch die unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkte der beiden Programmteile wider.

Übergreifendes Thema im ersten Teil der Konferenz waren Materialien für die Photovoltaik. Den fachlichen Auftakt bildete der Plenarvortrag von Prof. E. Weber (Fraunhofer ISE, Freiburg), der die Bedeutung der Materialwissenschaften für die weitere Entwicklung der Photovoltaik analysierte. Die Themen des Photovoltaiksymposiums reichten von Silizium und alternativen Materialien über Dünnschichten, Nanotechnologie, Energiespeiche-

rung und Wechselrichter für Photovoltaikanwendungen bis hin zur Herstellung und Charakterisierung von Photovoltaikmaterialien.

Die Konferenz stand immer wieder im Zeichen der Katastrophe in Japan, wobei über Prof. P. Rudolph Kontakt zu den Kollegen in Sendai bestand. Am Mittwoch wurde dem Gast aus Japan, Prof. K. Kakimoto (Kyuushu University, Fukuoka City) eine Spende zum Wiederaufbau der beschädigten japanischen Kristallzüchtungseinrichtungen übergeben.

Nach zweieinhalb Tagen wurde das „Symposium on Photovoltaic Materials“ von der „DGKK-PTWK Conference“ der polnischen und deutschen Kristallzüchtungsvereinigungen abgelöst.

Der vierte Konferenztag begann - jetzt auf der polnischen Seite der Oder – mit der Verleihung des DGKK-Preises an Dr. B.M. Epelbaum aus Erlangen. Dieser wurde für seine herausragenden Beiträge zu dem Gebiet der AlN-Kristallzüchtung geehrt. In seinem Vortrag bot er einen sehr interessanten, gut strukturierten Überblick über seine Arbeiten.

Themen im zweiten Teil der Konferenz waren außerdem weitere Beiträge zur Züchtung und Charakterisierung von Nitriden (Volumenkristalle, Epitaxie-Schichten), Modellierung in der Kristallzüchtung, Verbindungen und Supraleiter, Epitaxie und Nanostrukturen sowie Oxide (dielektrische Strukturen für Laser und nichtlineare Optiken, oxidische Schichten).

Abschließend sei noch eine Anmerkung aus Sicht der Autorin als junge Masterstudentin gestattet: Die Teilnahme an einer solchen Veranstaltung kann gerade auch für Studenten sehr informativ und inspirierend sein. Der Nutzen einer solchen Konferenzteilnahme geht deutlich über den Erwerb von aktuellem Fachwissen und die Möglichkeit zum Knüpfen von Kontakten hinaus.

Vielmehr trägt die Teilnahme auch zu einem besseren Überblick



Koichi Kakimoto during his plenary talk.

Foto: Thomas Jauß (Freiburg)

über das Fachgebiet sowie dessen aktuelle Entwicklungen bei, wie er sonst (durch eigene Recherche, Anmerkungen in Vorlesungen, Gespräche mit Wissenschaftlern an der eigenen Uni) kaum zu erlangen ist.

Verstehen Sie diesen Artikel daher nicht nur als Bericht, sondern gerne auch als Anregung: Ermöglichen Sie Ihren Studenten bei entsprechendem Interesse an wissenschaftlichem Arbeiten die Teilnahme! Hierfür geht ein sehr herzliches Dankeschön an Prof. P. Wellmann aus Erlangen!

Verleihung des DGKK-Preises 2011 an Dr. Boris M. Epelbaum

Matthias Bickermann, Werkstoffwissenschaften 6, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Im Rahmen der Kristallzüchertagung vom 14.-18. März 2011 in Frankfurt/Oder und Slubice wurde der DGKK-Preis 2011 an Dr. Boris M. Epelbaum verliehen. Der Preis zeichnet damit „seine besonderen Leistungen auf dem Gebiet der Entwicklung und Vermarktung von Aluminium-Nitrid“ aus. Dr. Boris Epelbaum ist Geschäftsführer und Leiter Technologie der Firma CrystAl-N GmbH, einer Ausgründung des Lehrstuhls „Werkstoffe für die Elektronik und Energietechnologie“ (WW6) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU).

Dr. Boris Epelbaum ist langjähriges DGKK-Mitglied und darf, wie die Laudatio der Preisverleihung richtig vermerkt, international als einer der erfahrensten und renommiertesten Kristallzüchter gelten. Dr. Boris Epelbaum, 1957 im russischen Tscheljabinsk geboren, studierte in Moskau und promovierte am Institut für Festkörperphysik der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften in Tschernogolovka auf dem Gebiet der Kristallzüchtung unter Prof. V. A. Tatarchenko. Nach Stationen als Leiter des Kristall-Labors in Tschernogolovka und Mitarbeiter von Prof. T. Fukuda an der Tohoku-Universität in Sendai (Japan) wechselte er 1999 an den Lehrstuhl WW6 der FAU unter Leitung von Prof. Albrecht Winnacker. Dort arbeitete er ab 2001 zusammen mit Matthias Bickermann an der Herstellung von Volumenkristallen aus Aluminiumnitrid (AlN).



DGKK-Preisträger Boris M. Epelbaum

Foto: Thomas Jauß (Freiburg)

18 Die Erfolge wurden international hoch geachtet. Bald wurde um das Thema eine eigene Arbeitsgruppe gegründet und mit JFE Minerals Comp. (Japan) ein Industriepartner gefunden. Die jahrelange Weiterentwicklung der Züchtungstechnologie mündete schließlich im August 2010 in die Ausgründung der Firma CrystAl-N GmbH, die sich nun ganz der industriellen Weiterentwicklung und kommerziellen Nutzung der AlN-Kristallzüchtung widmet.

Einkristalline AlN-Substrate sollen in naher Zukunft zur Herstellung von effizienten AlGaN-basierten UV-Leuchtdioden verwendet werden. Damit stünden erstmals Niederspannungs-UV-Lichtquellen zur Verfügung. Diese finden ihre Anwendung z.B. in der „point of use“-Desinfektion von Wasser und Luft, in der Feuer- und Gassensorik und bei der Behandlung von Hautkrankheiten. Auch die Herstellung von UV-Halbleiterlasern wird mit AlN-Substraten möglich.

Die Kristallzüchtung von AlN erfolgt über Sublimation von vorgereinigtem AlN-Pulver und Rekondensation auf dem Keim bei Temperaturen von mehr als 2000°C. Die Herstellung von defektarmen und großen AlN-Einkristallen ist eine technologische Herausforderung in mehrfacher Hinsicht. Nur wenige Tiegelmaterialien sind ausreichend inert gegenüber dem auftretenden gasförmigen Al. Die schwierige Optimierung des thermischen Feldes im Tiegel führt zu thermischen Spannungen und begrenzt die erzielbare Kristalllänge. Verunreinigungen wie Sauerstoff können das Ankeimen erheblich erschweren. Die auftretende

starke Facettierung und anisotrope Wachstumsraten behindern eine effektive Erweiterung des Einkristall-Durchmessers. Der unterschiedliche Einbau von Verunreinigungen auf verschiedenen Facettenflächen führt zu inhomogenen Kristalleigenschaften.

Nur wenige Arbeitsgruppen weltweit beschäftigen sich mit diesen schwierigen Herausforderungen, und die Arbeitsgruppe um Dr. Boris Epelbaum gehört hier eindeutig zur Weltspitze. Sie hat sich in der Behandlung dieser Fragestellungen zudem bedeutende wissenschaftliche Verdienste erworben, die auf Fachtagungen und in internationalen Publikationen auf große Resonanz gestoßen sind.

Nun werden von der Firma CrystAl-N GmbH erste AlN-Substrate kommerziell angeboten. Doch bis zu einer industriellen Herstellung von Bauelementen auf AlN-Substraten dürften noch einige Jahre vergehen. Wir wünschen Dr. Boris Epelbaum und seinem Team der Firma CrystAl-N auch in Zukunft viel Erfolg bei diesem ambitionierten Vorhaben!

Publikationen zum Thema (Auswahl):

- B. M. Epelbaum, M. Bickermann, S. Nagata, P. Heimann, O. Filip, A. Winnacker: *Similarities and Differences in Sublimation Growth of SiC and AlN*, J. Crystal Growth 305 (2007) 317-325
- B. Epelbaum, M. Bickermann, A. Winnacker: *Approaches to Seeded PVT Growth of AlN Crystals*, J. Crystal Growth 275 (2005) e479-e484

Material-Technologie & Kristalle für Forschung, Entwicklung und Produktion

- ▲ Kristallzüchtungen von Metallen, Legierungen und Oxiden
- ▲ Kristallpräparation (Formgebung, Polieren und Orientieren)
- ▲ Reinstmaterialien (99,9 – 99,99999 %)
- ▲ Substrate (SrTiO₃, MgO, YSZ, ZnO, Al₂O₃, etc.)
- ▲ Wafer (Si, Ge, ZnTe, GaAs und andere HL)
- ▲ Sputtertargets
- ▲ Optische Materialien (Fenster, Linsen, etc.)
- ▲ Auftragsforschung für Werkstoffe und Kristalle

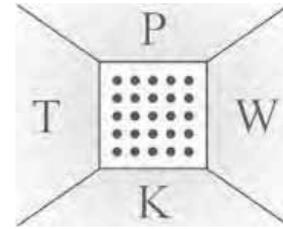


MaTeck

Im Langenbroich 20
52428 Jülich
Tel.: 02461/9352-0
Fax: 02461/9352-11
eMail: info@mateck.de

Besuchen Sie uns im Internet (inkl. Online-Katalog):
www.mateck.de

Support to JACG



March 16, 2011

Dear colleagues and crystal growers, dear friends in Japan!

All of us in Germany are shocked by the large catastrophic earthquake and tsunami disaster in your country and all of our thoughts are with you.

At this time, the **German Polish Conference on Crystal Growth (GPCCG 2011)** takes place in Frankfurt (Oder)/Slubice jointly organized by the **German Association of Crystal Growth (DGKK)** and the **Polish Society for Crystal Growth (PTWK)**.

On behalf of all our Polish and German colleagues we wish to help and to support you to get back to normal life as soon as possible.

Please accept as expression of the deepest sympathy of all conference participants and as an act of our friendship 3000 Euro for the reconstruction of your scientific facilities and other needs.

With the best wishes,

Prof. Dr. Ewa Talik
(President PTWK)

Prof. Dr. Peter Rudolph
(President DGKK)

Von: Yoshikazu Takeda <takeda@mercury.numse.nagoya-u.ac.jp>

Datum: 5. April 2011 07:31:36 MESZ

An: manfred.muehlberg@uni-koeln.de

Betreff: Support to JACG by DGKK

Dear Prof. Mühlberg and Member of DGKK;

The JACG Office certainly received supporting money from DGKK. We do appreciate your warm heated and encouraging support from all of the DGKK Members. The fight against the earthquake and tsunami damage to people and to the N-plants is continuing for a longer time, it will be cured and solved slowly but steadily by the support from many countries.

With best regards,

Yoshikazu Takeda President of JACG

20 Notes for the meetings of IOCG Executive Committee and Council at the forthcoming ICCG-16

Roberto Fornari, President IOCG, Leibniz Institute for Crystal Growth (IKZ), Berlin

Status of Crystal Growth and consequences for IOCG

The face of crystal growth, especially in Europe and USA, changed quite dramatically in the last few years. Some facts:

1. Many crystalline materials which in the past attracted the interest of the crystal growth community (InP, GaAs, GaP, GaSb, SiC, CaF₂, LiNbO₃, YAG, KDP, Al₂O₃,... etc) are nowadays considered as commodities and do not attract academic interest any longer; indeed the number of academic groups active in "traditional" bulk crystal growth is reducing year after year.
2. A first consequence of this reduced activity is that the number of PhD and Master students with a sound crystal growth knowledge is getting smaller. As Director of IKZ I realized that recruiting Post-Docs for projects is sometimes very difficult.
3. Many companies gave up crystal growth activities or moved their production facilities in developing countries in order to cut on production costs. This in turn makes any financial support to existing academic crystal growth groups extremely complicated. EU-Frame Programs, NSF and also national funding agencies tend to forget the area of crystal growth since it contributes only marginally to creation of new jobs.
4. The crystal growth science has lost part of his unifying character. That has two reasons in my opinion: from one side there were no significant theoretical breakthroughs in the last years and much intellectual capacity has been re-oriented towards simulation and modeling (by definition restricted to specific materials/methods); from the other side the development of a given material nowadays requires a high degree of sophistication, in terms of equipments and know-how. It may happen that growers engaged in the pulling of InP and CaF₂ although both using CZ pullers see little overlap in their activities and no chances of cross-fertilization. The crystal growth increasingly tends to a material-specific approach, which becomes apparent looking at the success of the MRS symposia.
5. Although the variegated world of nanocrystals and nanostructures has many contacts with the IOCG community we cannot really speak of integration. In my opinion this largely depends on the fact that the "crystal growth content" of these research fields is considered to be much smaller than the subsequent exploration of morphology, physical properties and applications. As a matter of fact there are worldwide tens of specific meetings on nanoscience (for example in 2010: Gordon Conference on Nanostructure Fabrication, 3rd Intern Conf on Nanostructure Self-assembly, Intern. Conf. on Nanotechnology in Cement and Concrete, NanoTech 2010, Nanostructured Thin Films, Gordon Conf. on Magnetic Nanostructures, Nanotechnology International Forum Russia, Nanotechnology for Sustainable Energy,...) but attendance to ICCG is relatively limited.
6. Same applies, to a lower extent, to the area of epitaxy (in 2010: 15th Intern Conf. on MOVPE Lake Tahoe, USA, 16th Int. Conf. on MBE, Berlin, plus several topical meetings on electronic devices where epitaxial structures play a dominant role).
7. Same applies also to the fields of polymorphisms, industrial and biological crystallization. Here the list of events is incredibly long.
8. Having strongly reduced and sometimes abandoned the traditional crystal growth (see points 1- 3 above) had consequences not only in terms of entity and geographical localization of the crystal growth production but also in terms of discovery and development of novel materials for basic research. This was recognized and clearly pointed out during a Workshop of the US National Academies at the Univ. of Wisconsin on New Materials synthesis and Crystal Growth. The final recommendations underline the necessity "... to close the gap in U.S. based design, discovery and growth of novel materials for basic research by growing and coordinating the nation's existing crystal growth efforts, by adding qualitatively new capabilities, and by significantly enhancing Ph.D. and postdoctoral training opportunities in universities, national laboratories and industry. Specifically, the workshop recommendations are: i) to broadly increase the level of funding for individual research activities in new materials and single crystal growth, ii) to establish a novel, national materials design, discovery and growth network with unprecedented interconnectivity, and iii) to create multi-investigator materials preparation facilities that feature specialized capabilities, provide samples on a priority basis, and offer training in advanced techniques".

In other words, the loss of expertise and reduction of activities in the general area of crystal growth ultimately slow down the development of innovative products for energy production and storage, telecommunications, health, homeland security, traffic and mobility, sensors and safety, detectors, electronics and optics. This negative aspect is further accompanied by an impoverishment of research in the area of solid state physics, nuclear physics, biology and bio-physics. While the recommendations of the US Panel are of course directed to DoE, NSF and other US agencies it is however clear that they practically apply to any other country.

Tasks and challenges of contemporary Crystal Growth

As reported in the introductory paper for the special issue of MRS Bulletin on bulk crystal growth (R. Fornari and M. Roth: "Recent advances in bulk crystal growth", MRS Bulletin 34 (2009) p. 239), I believe that in principle the crystal growers are today confronted with three major issues in growth science and technology:

1. The first one is to obtain well established crystalline materials with better structural perfection and larger size at a lower cost. This applies for instance to traditional semiconductors, like silicon, germanium, GaAs, InP, CdTe or to optical materials, like CaF₂, LiNbO₃, KDP, YAG, sapphire,

and includes total elimination of twins and grain boundaries, improvement of compositional homogeneity, tailoring of point defects, reduction of the extended defect density, reduced contamination and better doping uniformity. These excellent properties have to be obtained in ever larger crystals in order to decrease the production costs. A positive side effect of the demand for larger crystals with improved perfection is the remarkable development of the traditional growth equipments. For example, in order to meet the new commercial and technological requirements many modifications of the Czochralski and Bridgman furnaces have been introduced in the last years, and the use of external force fields, predominantly magnetic fields, is becoming increasingly popular in order to achieve a better control over convection in very large melt volumes.

2. The second important challenge is given by the growth of single crystals of materials with very unfavorable thermodynamic properties, for instance very high melting temperatures, high dissociation pressures at the melting point, multiple phase transition during growth etc. The overall technological advancement of the crystal growth machinery allows the achievement of extremely high temperature and compensating pressures. New models of autoclaves and crucible-free melt growth systems, like for example the laser-heated zone melting, are now commercially available. This has paved the way to explorative research on materials which, given their almost prohibitive phase diagrams, were so far neglected or realized in form of ceramics. The growth of new „exotic“ crystals is indispensable for studying their physical properties and prepares more advanced applications. At the same time it provides the right playground for universities and academic institutions. In this field it should be possible to publish more easily and attract more students.
3. The third challenge is to get “artificial” crystalline materials by playing with their size, composition, shape and built-in strain. An area which is also directed mostly to academic institutions. This crystal growth field requires a deep understanding of the phenomena underlying the formation of nano-structures (films, wires, dots, whiskers and particles). One should however discriminate between the device-driven research on epitaxial structures (multilayers, Q-wires and Q-dots, which have reached a very high degree of perfection and for which the modeling of interface kinetic and flow-dynamic is very advanced) and the nano-world (particles, whiskers, flowers,..) which in my opinion often follows a purely empirical approach. The number of papers on these topics in *J. Crystal Growth*, *Crystal Growth and Design*, *Crystal Res. and Technol.*, is absolutely amazing. As previously mentioned, this mass of results although largely published in “our” journals is not reflected in active participation to the IOCG life. A quick scan shows that much work is carried out at departments of physics, chemistry and materials science of universities. In my opinion this field, by definition interdisciplinary, could greatly benefit from a closer interaction with crystal growers. This includes in particular a deeper understanding of self-assembling, spontaneous and catalyst-driven nucleation and growth of nano-whiskers, relaxation effects and formation of defects, modeling of heat and mass transport phenomena at the nano-scale, kinetic effects.

IOCG Agenda for the Triennium 2010-13

Having briefly summarized the status and the actual directions of modern crystal growth it becomes now necessary to understand in what way IOCG can be of further service to our community. In the following I would like to report my opinion on several topics which have been an object of discussion in the past months within the expiring Executive Committee. Unfortunately, this discussion did not bring a clear outcome and consequently, there was no action from part of the Executive Committee. The meetings in Beijing should serve to clarify the open questions and fix clear guidelines for the next triennium.

Coordination and promotion of Meetings on Crystal Growth: I have the feeling that quite many initiatives at regional level are working fine and I believe IOCG should support such events. In Europe we are about to restart the series of the Europ. Conf. on Crystal Growth while AACG and the Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology are already consolidated realities. I think that a priority for the next IOCG Executive Committee should be that of promoting similar meetings also in other regions, for example using all resources available in South/Central America and in Eastern Europe.

In addition to “geographical” initiatives there are also “topical” initiatives which require further IOCG support, for example the Intern. Workshop on Crystal Growth Technology (so far based in Europe), the Intern. Workshop on Computer Modeling in Crystal Growth, Intern. Conf. on Biological Crystallization, and several others. A long list has recently been circulated by Hanna Dabkowska. Of great value are also the bilateral or trilateral meetings between neighbor nations. Unfortunately it is difficult to collect all information about these local/bilateral initiatives. I believe IOCG should try to coordinate, spatially, temporally and in terms of content these meetings. Of course the final responsibility is left to the organizers. However, in a period of budget cuts it is reasonable to reduce overlaps and maximize the scientific profit.

Periodicity of ICCG and ISSCG: In connection with what said above I am now convinced that we should maintain the three-year period for both events and use the time in between for topical and regional meetings.

Format of ICCG and ISSCG: I think that the school must maintain the high profile which has characterized the ISSCG so far. That means first of all that lectures have to be given by first class experts. Nevertheless I feel that two changes have to be introduced: first, a more didactical approach (sometimes the lectures seem to be planned for experts and not for graduates and post-docs) and, second, the number of lecturers must be reduced in order to let them devote more time to develop their subjects. In principle, 5-6 lecturers might cover the entire school, from fundamentals to methods, for a better interaction with the students and a more logical/continuous treatment of each subject.

The format of ICCG is somewhat critical and will be always a compromise between purely CG and materials-oriented approaches. For the reasons exposed at the beginning I believe that removing completely the materials-linked sessions would ultimately bring a cut in the number of participants. A reasonable approach, on which I am working with Stan Krukowski for the ICCG-17 in Poland, is to insert a good number of sessions entitled “Current issues/advances in: melt growth... solution growth... in-situ characterization... defect

22 formation/elimination... nanomaterials... microgravity... surfaces/interfaces... etc.". At the moment we would have 12 such general sessions and 8 material-oriented sessions at ICCG-17. This is only preliminary. However, we estimated that according to our plan just a moderate use of parallel sessions will become necessary.

Membership of Executive Committee. You certainly remember the discussion on the change of by-laws in order to open the possibility to active crystal growers who have never been in the council to be elected in the Executive Committee. Whilst it is clear to anybody that an active EC membership is vital for the life of IOCG, I must confess that I do not see a great limitation in the present rules. There are many excellent crystal growers and potential EC members in the present council and I have never heard that the nomination committee had difficulties in finding a good pool of nominees. I would eventually prefer to change the by-laws in view of foreseeing the official formation of working groups/commissions with integration of external consultants. This would be a novelty in the structure of IOCG and deserves some discussion at the forthcoming council meeting in Beijing. Of course the web site of our Organization should report on the tasks/composition/activities of such commissions. It would be also a way to effectively face the question of fragmentation and reconcile many aspects of CG under the IOCG roof.

Finances. During our internal discussion of the past few months a proposal was advanced to raise a small amount (10-15 Euro) from each registration at ICCG for the creation of a small budget to support the activities of the association during the corresponding triennium. Asking the national committees and associations for a contribution is unrealistic since most of them survive on a purely voluntary basis. The budget question is of course strictly connected with the use of this budget and also with legal aspects (taxation) which have to be checked. My position is: in principle yes to creation of a small budget that should be invested mostly in an updated website as service for our community and in a Prize for the best PhD thesis on crystal growth.

Education. As mentioned at the beginning, the objective reduction of CG activities at university level in many developed countries led to a drop of education in this scientific field. Here I see a clear need of intervention from side of the Executive Committee in order to promote more schools "where the potential students are". This is the successful approach of the IUCR Commission on Crystal Growth which indeed stimulated the organization of tens of schools in the past few years in all continents. A coordinated action between IOCG and the IUCR Commission on Crystal Growth in the educational field is absolutely necessary and also easy as several members of the IOCG Executive Committee are also in the IUCR commission. In addition to isolated short schools I think it is necessary to promote and support more organic initiatives such as Master courses. I am personally involved in a Master initiated by J.M.

Garcia-Ruiz that takes place annually in Spain and I can just say it is an incredibly positive experience. There is a further attempt to establish a Master in Crystal Growth from part of three Universities in France, Germany and Spain but it will take some more time to get it running. It would be interesting to have a feedback from national organizations to check the status of CG education in all member countries.

Prizes We have presently the Laudise, Frank and Schieber prizes. I would personally propose the Schieber Prize to be modified and directed to stimulate young researchers to do their PhD in the area of crystal growth (Best PhD Thesis on crystal growth). In the current crystal growth it becomes even more difficult to distinguish between fundamental and technological contributions. As far as I know the number of nominations for the Laudise and Frank Prizes was quite limited in the last editions. Is it time to unify them in a Frank-Laudise Prize for outstanding contributions to the crystal growth science?

Extend the number of national organizations. One important task of the future Executive Committee will be to stimulate the creation of several more CG national societies in addition to the present 21. As a consequence of political and geographical changes (e.g. breakdown of Soviet Union) and partly due to the shift of crystal growth production towards emerging countries, there many more subjects which could potentially enter into IOCG. In Europe I am aware of Bulgaria, Belgium, Sweden, Norway, Greece and possibly others. Here there are established CG groups and we have to solicit them to give rise to national organizations. With P. Rudolph I organized a meeting here in Berlin (21st April) in order to consolidate the CG network in Europe, re-start the European Conf. on Crystal Growth and do some lobbying in favor of our discipline. So far we collected delegates from 26 countries and I hope this discussion will stimulate the nucleation of additional CG associations. Similar initiatives, targeted to countries with CG activities but no national committees, should be organized also in other world areas.

Contacts to other International Organizations. As already mentioned before, it is important to co-ordinate the action of IOCG with the initiatives of IUCR-Commission on Crystal Growth. This can be done by establishing a regular exchange of information about meetings and schools. At the same time it is desirable to build some bridges towards MRS (crystal growth is actually an important chapter of materials science) and other organizations involved in crystallization (for instance the Europ. Federation of Chemical Engineers-Working Party on Crystallization).

Your personal comments on these few notes are very welcome and will be helpful to set the guidelines of the IOCG activities after the ICCG-16 in Beijing.

Thank you for your attention.

Berlin, 30 March 2011

Nachruf für Prof. Dr. Kurt Recker 1924 – 2010

Helmut Klapper, Franz Wallrafen



Am 15. Dezember 2010 verstarb in Bonn Prof. Dr. Kurt Recker im Alter von 86 Jahren. Er war einer der Pioniere der Kristallzucht im Nachkriegsdeutschland und Mitgründer der „Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzucht“ (DGKK). Kurt Recker wurde am 19. Juni 1924 in Dülken (Niederrhein) geboren. Nach dem Abitur (1942) arbeitete er als Praktikant in einer Maschinenfabrik, war im Arbeitsdienst aktiv und begann das Studium der Physik an der TH Aachen. 1943 wurde er zum Militärdienst eingezogen und 1946 aus amerikanischer Kriegsgefangenschaft entlassen. Im WS 1946/47 begann er an der Universität Bonn das Studium für das Lehramt, das er 1952 mit dem Staatsexamen in Chemie und Mathematik abschloss. Danach begann er im Mineralogisch-Petrologischen Institut der Universität Bonn eine Dissertation bei Prof. Alfred Neuhaus, einem frühen Verfechter der Kristallzucht. Nach erfolgter Promotion 1956 im Hauptfach Mineralogie (Thema: Über das anomale Mischsystem Natriumfluorid - Natriumdiuranat) trat er eine Assistentenstelle bei Prof. Neuhaus im Mineralogischen Institut an, wo er sich 1963 habilitierte und die Venia Legendi für die Fächer Mineralogie und Kristallographie erhielt.

Prof. Neuhaus stellte Kurt Recker die Aufgabe, die Kristallzucht im Mineralogischen Institut zu etablieren. Seine ersten Erfahrungen auf diesem Arbeitsgebiet machte er während seiner Assistentenzeit bei den Optischen Werken E. Leitz in Wetzlar. Folgerichtig baute er im Laufe der Jahre eine starke Arbeitsgruppe auf, die sich vornehmlich mit Kristallzucht, Kristalloptik und Festkörperspektroskopie beschäftigte. 1965 wurde er zum Dozenten und 1968 zum Professor ernannt.

Die Kristallzucht war in Deutschland zu dieser Zeit nicht als wissenschaftliche Gesellschaft etabliert. Einige Hochschullehrer und Industriekollegen waren zunächst im Fachausschuss Kristallisation der Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen im VDI beheimatet, in dem Kurt Recker von 1960 bis 1991 berufenes Mitglied war. Gegen Ende der 60iger Jahre waren er, Siegfried Haussühl, Josef Liebertz, Rudolf Nitsche, Rudolf Lacmann und Dr. Josef Grabmeier (Siemens AG) diejenigen, die die Notwendigkeit einer eigenständigen Gesellschaft für das Gebiet der Kristallzucht erkannten und zusammen mit

weiteren (insgesamt 13) Gründungsmitgliedern am 9. April 1970 in Bensheim-Auerbach die *Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzucht* (DGKK) aus der Taufe hoben.

Vom 14. -16. Oktober des gleichen Jahres fand unter der Verantwortung der Kommission für Festkörperphysik der DFG ein Kolloquium der DGKK mit über 200 Teilnehmern in den Räumen der Firma Siemens in München statt. Die erste große Tagung der DGKK wurde am 4. und 5. Oktober 1971 von Kurt Recker in Bonn organisiert. Von 1974 bis 1977 war er Vorsitzender der Gesellschaft.

In der Folgezeit versuchten K. Recker und S. Haussühl mit Erfolg, die Kristallzucht auch für solche Studenten zugänglich zu machen, denen an ihren Universitäten Lehrveranstaltungen über Kristallzucht nicht zur Verfügung standen. Ab 1972 wurden in Bonn und Köln regelmäßig Kurse und Praktika für Kristallzucht angeboten. An diesen Veranstaltungen nahmen über Jahre zahlreiche Studenten und junge Wissenschaftler anderer Universitäten und Forschungseinrichtungen in der Bundesrepublik teil.

Kurt Recker war neben seiner Forschungstätigkeit (ca. 180 Publikationen) auch ein begeisterter akademischer Lehrer, dem es als geborenem Dülkener („Narrenhochburg am Niederrhein“) nicht an rheinischem Humor mangelte. Seine konsequente Wissensvermittlung mit hohem Anspruch war für die Studenten vor allem in den Vorlesungen und Übungen zur Kristalloptik und in der speziellen Mineralogie nicht immer einfach – er verlangte hier viel. Ferner führte er Vorlesungen und praktische Übungen zur Kristallzucht ein, die schließlich auch in die Dipl.-Prüfungsordnung für Mineralogen der Universität Bonn Eingang fanden. Besonderen Schwerpunkt legte er in seinen mineralogischen Grundvorlesungen auf das Zustandsverhalten von Festkörpern und Schmelzen. Phasendiagramme – die Voraussetzung für erfolgreiche Kristallzucht – waren eine Spezialität von ihm, die er seinen Studenten sehr anschaulich zu vermitteln wusste. Das setzte sich fort in der Vergabe von Themen für Diplomarbeiten, in denen eine Vielzahl von TC-Diagrammen bearbeitet wurden. Eine weitere Spezialität von ihm waren Vorlesungen und Übungen zur Edelsteinkunde, die von zweitägigen, bei den Studenten sehr beliebten „Edelsteinexkursionen“ nach Idar-Oberstein begleitet wurden.

Die Zusammenarbeit mit ausländischen Universitäten und Forschungseinrichtungen waren ihm sehr wichtig. Zu erwähnen sind die Zusammenarbeiten mit der Universität Toulouse (Prof. Claude Triché, Chemisches Institut, auf dem Gebiet der Analytik von Fremdstoffen in Kristallen) und der Akademie der Wissenschaften in Prag (Dr. Cestmir Barta, auf dem Gebiet der gerichteten Erstarrung von Schmelzen unter reduzierten Schwerkraftbedingungen).

Prof. Kurt Recker trat 1989 in den Ruhestand. Kurz zuvor hatte er noch zwei Weltraum-experimente zum Thema „*Gerichtete Erstarrung des Eutektikums LiF–LiBaF₃ unter Schwerelosigkeit*“ mit auf den Weg gebracht. Diese wurden in der *German Space-lab Mission D2* im Jahre 1993 mit gutem Ergebnis durchgeführt. Auch nach seiner Entpflichtung als Hochschullehrer blieb er

24 dem Mineralogischen Institut durch häufige Besuche stets verbunden. Seinem Nachfolger im Amt (H. Klapper) hinterließ er ein wohlgeordnetes und besonders reichhaltiges Arsenal von Praktikumsversuchen und Übungsobjekten (Kristallzüchtung, Kristalloptik) und stand ihm in den ersten Jahren nach der Amtsübernahme mit Rat und Tat zur Seite. So begleitete Kurt Recker

seinen Nachfolger bei seiner ersten Edelsteinexkursion nach Idar-Oberstein, um ihn bei den zu besuchenden Firmen und Institutionen einzuführen und die für künftige Exkursionen wichtigen persönlichen Kontakte herzustellen. Seine Studenten, Mitarbeiter, Kollegen und die Gemeinschaft der Kristallzüchter werden Herrn Prof. Kurt Recker stets ein ehrendes Andenken bewahren.

Nachruf für Prof. Dr. Winfried Schröder 1937 – 2011

Helge Riemann, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin



Winfried Schröder starb am 21. April dieses Jahres plötzlich und unerwartet im Alter von 74 Jahren.

Er lebte als Wissenschaftler und allseitig interessierter Mensch bis zum letzten Moment so, wie ihn alle seinen Freunde und Kollegen kannten und im Gedächtnis bewahren werden: offensiv, geistig engagiert und immer menschlich fühlend.

Als ich ihm 1977 zum ersten Mal begegnete, konnte er bereits auf eine bedeutende fachliche Karriere zurückblicken. Nach dem Diplom als Metalloge an der Bergakademie Freiberg schufen seine wissenschaftlichen Arbeiten im Schatten des Eisernen Vorhangs die Grundlagen für die Züchtung versetzungsfreier Siliziumkristalle nach dem tiegelfreien Floating-Zone-Verfahren zunächst im Gleichrichterwerk Stahnsdorf bei Berlin und später an der Akademie der Wissenschaften der DDR in Berlin-Adlershof. Versetzungsfreies FZ-Silizium wurde auch in der DDR dringend für die Leistungselektronik gebraucht (siehe Bericht in MB 91, S. 27ff).

Er berichte damals in einem Vortrag über seine Teilnahme am ECS Symposiums „Semiconductor Silicon“ in Philadelphia/USA. Diese für einen jungen Wissenschaftler damals absolut außergewöhnliche Dienstreise hatte ihm Einblicke in die neueste internationale Halbleiterentwicklung ermöglicht, ließ aber auch Begeisterung für das Land des „Klassenfeindes“ und den „Westen“ überhaupt spüren, ganz im Gegensatz zur Linie der allseits herrschenden Partei, die nicht seine war.

Mich hatten schon als Student die Physik der Kristalle und deren

Züchtung sehr interessiert, und so fasste ich bei dieser Gelegenheit den Mut, ihn direkt um eine Mitarbeit an seinem Thema anzusprechen, stieß auf Interesse und konnte nach einigem Hin und Her seitens der Leitung des Zentrums für Wissenschaftlichen Gerätebau (ZWG) im November 1977 dort eine Arbeit in der Abteilung Halbleiterentwicklung antreten. In den folgenden Jahren stellte sich die fachlich sehr erfolgreiche Themengruppe um Winfried Schröder auch und besonders wegen seines persönlichen Führungsstils als relativ geschützte „Nische“ in der DDR-Gesellschaft heraus. Es hatten sich hier überwiegend geistig unabhängige Leute zusammengefunden, die die ideologische Bevormundung ablehnten und sich dieser, so gut es eben ging, entzogen. Man ignorierte die vorgegebenen Denkschablonen und redete untereinander frei und offen.

Ein paar Monate später erkrankte Winfried ernstlich und musste seine Arbeit am ZWG für ein knappes Jahr unterbrechen. Er erlangte wieder volle Genesung. Er verdankte dies, wie ich meine, vor allem seiner bewussten Lebensführung und der Konzentration auf „sein“ wissenschaftliches Gebiet, mit großer Leidenschaft, die wir alle mit ihm teilten. So wurden ziemlich abgeschottet vom Rest der Welt doch einige herausragende Erfolge errungen wie die FZ-Züchtungsanlage ZFA 80 und 1988 das Züchtungsverfahren für 100mm-FZ-Kristalle in stickstoffhaltiger Atmosphäre.

Dominiert war jene Zeit jedoch vom tristen Alltag selbst in der Forschung, der vom Ringen mit den Tücken und Fehlern der Planwirtschaft geprägt war. Wie überall, lagen auch in der Akademie die Geschicke in den Händen ergebener Partei-Genossen, deren Namen verdienstermaßen unbeachtet bleiben sollen.

Endlich, 1989 spitzten sich die Widersprüche in der Gesellschaft derart zu, dass man frei nach Lenin von einer revolutionären Situation sprechen konnte. Die degenerierte Herrschaftskaste schwächelte und das Volk wollte Betrug und Gängelung nicht mehr erdulden.

Auch in den kleinen Nischen in der Akademie kam ein frisches Windchen auf, die betonierte Ordnung bröckelte. So „kristallisierte“ sich auch innerhalb des ZWG eine kleine aber effektive „Verschwörergruppe“ heraus mit Winfried Schröder als „primus inter paris“, die eine Vertrauensabstimmung über den damaligen Bereichsleiter erwirkte. Das Ergebnis war eindeutig, der „staatliche“ Leiter, der sich später noch als „IM Alek“ entpuppen sollte, nahm seinen Hut und wir unsere Geschicke in eigene Hände.

Für die von Krenz so genannte Wende brauchten sich Winfried Schröder und seine Leute nicht zu verdrehen, vielmehr breitete sich ein unbeschreibliches Gefühl von Freiheit und Lebensfreude aus, allerdings wurde man sich auch bald neuer Risiken bewusst.

Die riesige, zentralistisch aufgebaute AdW¹ der DDR wurde zügig abgewickelt, und es galt, das Forschungspotential der Kristallzüchtung und natürlich auch die Arbeitsplätze zu bewahren. Es schloss sich ein intensives Ringen um Verbündete für eine Institutsgründung an. Bei einem diesbezüglichen Treffen 1990 im Institut für Elektrowärme der Universität Hannover, an dem Prof. Alfred Mühlbauer, Dr. Werner Uelhoff, Winfried Schröder, und weitere Kristallzüchter aus Ost und West teilnahmen, riefen die Teilnehmer spontan in einem gemeinsamen Brief zum Zusammenschluss der DGKK und der VfK² der DDR auf. Winfried Schröder sollte später einer der Vorsitzenden der gesamtdeutschen DGKK werden...

Prof. Helmut Wenzl aus Jülich führte die Initiative zur Institutsgründung an, und 1991 wurde mit dem IKZ der Kristallzüchtung

eine neue Perspektive und dann 1998 auch ein wunderbares Gebäude gegeben. Winfried Schröder wurde Gründungsdirektor des heutigen Leibniz-Instituts und konnte sich auf seine ca. 80 Mitstreiter voll verlassen. In den folgenden 12 Jahren entwickelte sich unter seiner Leitung ein einzigartiges, erfolgreiches und leistungsfähiges Zentrum dieses Zweigs der Materialforschung.

Auch nach seinem Übergang in den Ruhestand hielt er Kontakt mit seinen früheren Kollegen und interessierte sich weiter für das Leben in „seinem“ Institut. Zu seinem 70. Geburtstag am 2. Januar 2007 lud er zu einer Feier in Adlershof ein, die uns in schöner Erinnerung bleibt.

Winfried Schröder hat die Kristallzüchtung in Deutschland mitgeprägt und wird uns in der DGKK unvergessen bleiben!

Nachruf für Prof. Dr. Hans Josef Paus 1937 – 2011

Wolf Aßmus, Frankfurt/M.

Am 3. April 2011 ist unser langjähriges DGKK-Mitglied Prof. Dr. Hans Josef Paus bei einem Fahrradunfall ohne Fremdeinwirkung ums Leben gekommen. Herr Paus, der 1986 in unsere Gesellschaft eintrat, war Professor am 2. Physikalischen Institut der Universität Stuttgart, bis er im Dezember 2002 in den Ruhestand trat.

Sein Arbeitsgebiet waren fluoridische Laserkristalle mit Übergangsmetallen und Seltenen Erden. In seiner Arbeitsgruppe wurden in einer Reihe von Diplom- und Doktorarbeiten neue Laserkristalle, wie fluoridische Colquirite, Scheelite, Trirutile, Elpasolithe, u. a., aus der Schmelze – zum Teil unter fluorhaltiger Atmosphäre – gezüchtet, optisch charakterisiert und getestet. Neue Kristalle, wie $\text{YLiF}_4:\text{Er}^{3+}/\text{Tm}^{3+}$ und Pr^{3+} für Aufwärtskonversionslaser und $\text{LiSrAlF}_6/\text{LiSrGaF}_6:\text{Cr}^{3+}$ für durchstimmbare Laser, wurden unter seiner Leitung gezüchtet. Herr Paus bezeichnete sich selbst als Physiker, der in dem Gebiet der Kristallzüchtung ein wichtiges Tätigkeitsfeld gefunden hat.

Auch nach seinem Ruhestand ist er durch Beratung der Firma Korth diesem Gebiet verbunden geblieben. Besonders seine Vorträge, die stets didaktisch ausgefeilt waren, sind vielen von uns in dauerhafter Erinnerung. Seine Stuttgarter Experimentalvorlesung ist durch ein Buch – „Physik - in Experimenten und Beispielen“ in 3. Auflage 2007, Hanser-Verlag – verewigt. Durch

seine humorvolle Art hat er stets gute Laune verbreitet.

Die DGKK dankt ihrem verstorbenen Mitglied für viele großartige Beiträge, den mehrjährigen Vorsitz des Arbeitskreises „Oxid- und Laserkristalle“ und eine hervorragend organisierte Jahrestagung 1994 in Stuttgart. Wir werden ihn stets in guter Erinnerung behalten.



¹Akademie der Wissenschaften (Anmerk. d. Red.)

²Vereinigung für Kristallzüchtung (Anmerk. d. Red.)

26 DGKK-Nachrichten

Pressemitteilung aus dem IISB zur Projekt POSDRU

Kristalle, Optoelektronik, Leistungselektronik und Elektromobilität – volles Programm für rumänische Delegation bei Ihrer Exkursion ans Fraunhofer IISB



Die rumänische Delegation von der West Universität Timisoara und der Universität Craiova bei der Führung durch das Testzentrum für Elektrofahrzeuge des Fraunhofer IISB.
Foto: Fraunhofer IISB

Vom 8. bis 12. Dezember besuchte eine Delegation von 30 Doktoranden und Professoren der rumänischen Universitäten aus Timisoara und Craiova das Fraunhofer IISB, die Universität Erlangen-Nürnberg sowie die Firmen Osram OS und Semikron, um sich über studentische Ausbildung, Grundlagenforschung, angewandte Forschung und industrielle Forschung auf den Gebieten Kristallzüchtung, Optoelektronik, Leistungselektronik und Elektromobilität zu informieren.

Die Abteilung Kristallzüchtung des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen pflegt bereits seit fast zwei Jahrzehnten intensive Kontakte zur West Universität Timisoara, wo an der physikalischen Fakultät die Kristallzüchtung von optischen Kristallen etabliert ist und durch Prof. Daniel Vizman mehrfach international beachtete Ergebnisse auf dem Gebiet der numerischen Simulation

von Kristallzüchtungsprozessen erzielt wurden. Unter dessen Federführung konnte an der Universität Timisoara und an der Universität Craiova eine interdisziplinäre Doktorandenschule eingerichtet werden, die durch die Europäische Union im Rahmen des Projekts POSDRU 88/1.5/S/49516 gefördert wird.

Im Rahmen dieser Doktorandenschule besuchte eine Delegation von 30 Doktoranden und Professoren aus Timisoara und Craiova vom 8. bis 12. Dezember das Fraunhofer IISB und die Universität Erlangen-Nürnberg. Die Gäste erhielten am IISB eine Führung durch die Kristallausstellung und durch das Testzentrum für Elektrofahrzeuge. Prof. Wellmann begrüßte als Vertreter der Technischen Fakultät die Delegation an der Universität. Bei der Führung durch den Reinraum der Universität wurden die aktuellen Themen auf dem Gebiet der Mikroelektronikforschung vorgestellt.

Einen Einblick in die Märkte, Produkte und Technologien von optoelektronischen Bauelementen sowie Bauelementen für die Leistungselektronik erhielt die rumänische Delegation bei der Besichtigung der Firmen Osram OS in Regensburg und Semikron in Nürnberg. Dabei wurde mit den Firmenvertretern ausgiebig über die industrielle Forschung sowie über die verschiedenen Arten der Zusammenarbeit der Firmen mit Universitäten und Forschungseinrichtungen diskutiert. Ein Besuch im Germanischen Nationalmuseum und ein Glühwein auf dem Nürnberger Christkindlesmarkt rundeten das Besuchsprogramm ab.

Ansprechpartner:

Dr. Jochen Friedrich
Fraunhofer IISB
Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany
Tel. +49-9131-761-270
Fax +49-9131-761-280
info@iisb.fraunhofer.de



Leistungselektronik kann auch lustig sein. Die rumänische Delegation bei der Semikron in Nürnberg.

Foto: Fraunhofer IISB

Pressemitteilung des IISB zum Verbundprojekt "SolarWins"

Verbundprojekt „SolarWins“ lotet das Wirkungsgrad-Potenzial multikristalliner Silicium-Solarzellen aus

24 Partner aus Forschung und Industrie erkunden zukünftige Entwicklung der Silicium-Photovoltaik

Mehr als vier von zehn Solarzellen, welche heute zum Einsatz kommen, bestehen aus multikristallinem Silicium. Dieses ist vergleichsweise preiswert, jedoch lassen sich mit der gegenwärtig in der Industrie eingesetzten Technik nur etwa 17% der einfallenden Sonnenstrahlung in elektrische Leistung umwandeln. Weitere 40% aller in Modulen verbauten Solarzellen werden aus monokristallinem Silicium hergestellt. Sie erreichen zwar einen höheren Wirkungsgrad von etwa 19%, dafür entstehen während der Kristallzüchtung höhere Kosten. Mit welchem dieser beiden Materialien in Zukunft kostengünstiger Energie erzeugt werden kann, ist gegenwärtig noch offen. Im Februar 2011 haben sich daher elf Firmen und 13 Forschungsinstitute im Verbundprojekt „SolarWins“ - „Solar-Forschungscluster zur Ermittlung des maximalen Wirkungsgradniveaus von multikristallinem Silicium“ - zusammengeschlossen. Während der kommenden drei Jahre wird der durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) mit ca. 5,5 Mio. Euro geförderte Forschungsverbund ermitteln, welches Wirkungsgrad-Potenzial Solarzellen aus mono- und multikristallinem Silicium noch bergen.

Hochreine Blockpräparation und hocheffiziente Solarzellen aus multikristallinem Silicium

Die physikalischen Grenzen sind für Solarzellen aus hochreinem, monokristallinem Silicium im Prinzip bekannt. Daher konzentrieren sich die Forscher zunächst auf das multikristalline Material: Hier entstehen während der Blockherstellung häufig Kristalldefekte, an die sich Verunreinigungen anlagern und dadurch die Stromausbeute und somit den Wirkungsgrad senken. Die Verunreinigungen kommen dabei überwiegend nicht aus dem - heutzutage hochreinen - Silicium-Rohstoff, sondern werden während der Kristallisation kontinuierlich aus der Umgebung eingetragen. In einem ersten Schritt soll daher die Kontamination während der Blockherstellung in den Kristallisations-Labors der Projektpartner kontrolliert und systematisch verringert werden. Die Auswirkungen auf die Materialeigenschaften werden anschließend im Detail untersucht. Damit nicht genug: Als „Nagelprobe“ werden aus den Siliciumscheiben in Reinraum-Laboratorien Hocheffizienz-Solarzellen gefertigt, welche am deutlichsten Aufschluss über den unter optimalen Bedingungen erreichbaren Wirkungsgrad geben. Ferner verfolgen die Forscher das Ziel, grundlegende Parameter während der Kristallzüchtung zu messen. Diese sollen in rechnergestützte Modellierungen einfließen, welche eine detaillierte Beschreibung der physikalischen Vorgänge während der Blockherstellung ermöglichen.

Gerüstet für die Zukunft

Falls sich herausstellt, dass multikristallines Silicium im Prinzip keinen anderen Limitierungen unterliegt als sein monokristallines Pendant, sollte es mittelfristig möglich sein, multikristalline Solarzellen mit einer Leistungsausbeute herzustellen, welche der von monokristallinen Zellen vergleichbar ist.

„Die momentane Wirkungsgraddifferenz von zwei Prozent klingt nach wenig, sie ist aber nicht nur wissenschaftlich, sondern auch wirtschaftlich höchst relevant. Denn schon eine Steigerung

des Wirkungsgrades um nur ein Prozent kann für eine Firma mit einer Produktion von etwa 100 Millionen Solarzellen im Jahr einen jährlichen Zusatzgewinn von mehr als 20 Millionen Euro bedeuten“ rechnet Prof. Giso Hahn vor, Leiter der Abteilung Photovoltaik der Universität Konstanz. Bestätigt wird dies von Dr. Kai Petter, Projektleiter des Verbundpartners Q-Cells SE: „Wir erhoffen uns durch dieses Projekt Informationen über den zukünftigen Weg der Photovoltaik. Die strategische Entscheidung, den Schwerpunkt von Entwicklung und Produktion auf mono- oder multikristallines Silicium zu legen, ist von bedeutender Wichtigkeit für Investitionen und damit die langfristige Ausrichtung und Wettbewerbsfähigkeit der beteiligten Unternehmen.“

Partner des Verbundprojektes „SolarWins“

Beteiligte Institute:

- Technische Universität Bergakademie Freiberg
- Georg-August-Universität Göttingen
- Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, Halle
- Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik (CSP), Halle
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus
- Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin
- Institut für Solarenergieforschung Hameln GmbH (ISFH)
- Universität Konstanz
- Christian-Albrechts-Universität Kiel
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg
- Freiburger Materialforschungszentrum der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie (IISB), Erlangen

Beteiligte Firmen:

- Arise Technologies GmbH, Bischofswerda
- Bosch Solar Energy AG, Erfurt
- Conergy SolarModule GmbH&Co KG, Frankfurt/Oder
- H.C. Starck GmbH, Goslar
- PV Silicon GmbH, Erfurt
- Q-Cells SE, Bitterfeld-Wolfen
- Schott Solar Wafer GmbH, Jena
- Solland Solar Cells GmbH, Aachen-Heerlen
- Sovello AG, Bitterfeld-Wolfen
- Sunways AG, Konstanz
- Wacker Chemie AG, München

Weitere Informationen finden Sie unter der Projekthomepage www.solarwins.de.

Ansprechpartner:

Dr. Jochen Friedrich
Fraunhofer IISB
Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany
Tel. +49-9131-761-270
Fax +49-9131-761-280
info@iisb.fraunhofer.de

Technology Development in Solar Silicon Production in China

Hui Zhang¹, Lili Zheng¹, Wenkuan Gao², Yunfeng Zhang²

¹Tsinghua University, Beijing, China

²Yingli Green Energy Holding Company Limited, Baoding, China

In 2010, over 50% PV cells, around 8 GW, were produced in China including mainland and Taiwan. 8 of 12 top-ranked PV cell production companies in the world are in China, among them JA Solar and Suntech (both Chinese companies) are ranked top two in terms of production. Various reports predict the future trends of PV market in the world as well as in China. In 2011, silicon wafers production capability in China includes 3.5 GW from GCL, 3.0 GW from LDK, 1.8 GW from Renesola, 1.7 GW from Yingli Solar based on currently available data. New expansion plans are expected from above companies and many other companies in 2011. Besides the "old" companies, more newcomers are coming into the market with tremendous cash. The expansion plans in place and newcomers will bring China to even a higher market share (over 60%) in the near future.

It shall be noted that thin film and other technology were expanding very fast in the past and their development has been scaled down dramatically recently, as it is evident by thin film production in Best Solar (affiliated with LDK) and Suntech. Some companies have given up the production even after vast amount of capital investment. Current PV cell production in China is mainly crystalline based silicon cells due to its cost effective (cost and lifetime for cells) compared with thin film and other technology. This makes China the most important silicon production center in the world for PV applications. Although PV cell production in China is well studied by world market researchers, the technology development and innovation in China, on the other hand, is largely a mystery to the world. This article will focus on technology development and innovation of solar silicon production in China.

GT solar, USA, is a worldwide well known "silicon casting furnace" manufacturer. Its products such as GTS DSS240, DSS450, and DSS650 have been widely adopted by Chinese companies for silicon production in PV application. Yingli Solar was one of the earliest companies to place orders from GT solar, and the order placed by LDK made GT solar the top ranked "silicon casting equipment" company in the world. The first two authors have had the chances to visit Yingli Solar, JA Solar, Renesola, Trina, LDK and other companies from very early stage and have witnessed the development of the technologies in China. It is evident that Chinese companies had deep understanding on multi-crystalline ingots/wafers production such as nucleation control and furnace optimization a few years ago. The investment in R & D has escalated from industry in recent years. Most top ranked companies have established large research teams (over 50 persons) or research centers. For example, Yingli Solar has been working closely with Energy research Center of Netherlands (ECN) and Amtech System Inc. in Europe to develop high efficiency "Panda" solar cells. LDK is developing a large research team with top ranked equipment and facility in the world. Also companies recruited the best scientists in China and from abroad. It is usual to see scientists from

NREL, NSW Australian working in PV companies in China. It is fair to say that more experts/scientists in the field are currently working in China than any other countries in the world. The companies in China also spent tremendous money to acquire the world best equipment and software on R & D (roughly spend over 100M RMB¹ per company). For example, STR software, providing CFD commercial software for hot zone design optimization, has the major market in China. Most large Chinese solar companies have purchased STR software and used it for furnace optimization. Other commercial software packages such as FLUENT, FEMAG are also widely used. Such capacity is not available in USA and Europe. Even equipment companies have the limited capability in furnace optimization. Unfortunately, most Chinese companies do not publish papers. The capability and technology innovation of Chinese companies have been under-estimated.

Silicon production in China can be categorized into three groups. The first group is the one that use the existing furnaces for silicon wafer production. GT solar (USA), ALD (Germany), Jinggong (China) and JYT (China) are the major equipment companies in the Chinese market selling over 200 furnaces each. The second group is the ones that use the furnaces modified from the existing ones. The main innovation is on nucleation control, heat exchanger design, gas system design, and furnace design. STR and Fluent are the main software used for furnace modification/optimization. The third group is the ones that are working closely with equipment companies for design/manufacturing next generation furnaces. The existing furnaces in the market are not sufficiently advanced. For better usage, it requires the improvement in the capability of control. With the advanced R&D capability, companies can easily improve or redesign the furnaces in silicon production. In 2011, more specially designed furnaces will be invented in production companies in China. Energy efficiency, throughput, and quality will be enhanced dramatically. More importantly, furnace manufacturing, crucible technology, silicon production, wafer and cell processing will be integrated in the vertical integrated company in China.

On the equipment side, Jinggong and JYT – two major silicon production equipment companies in China started their silicon casting furnace business in 2006. In the beginning, equipment companies sold their products to silicon production companies with lower price. The good quality of silicon casting equipment from China was recognized through directly competing with that from foreign companies such as GT solar. GCL and LDK, both in China, are the top two silicon wafer production companies in the world. GCL ordered GT furnaces (DSS450 and DSS450HP) during the early stage and switched to Jinggong furnaces (JL500 and advanced version) from Zhejiang China in the second half of 2010. In 2010, GCL has signed contracts to order more than 200 furnaces from Jinggong and expected to order more in 2011. In the comparison study released by GCL in April 2010, the rank

¹1€ ≈ 9.30 RMB (Anmerk. d. Red.)

of energy efficiency is JLL500, DSS450 and JZ460, and the rank of useful material production rate is JLL500, JZ460, and DSS450. Even though, GCL ordered DSS450HP in the early 2010. At the end of 2010, they decided to switch to JLL500. In LDK, DSS450 furnace was also the only choice in early time. In 2009, LDK decided to work with JYT from Beijing China to design furnace themselves. The joint group did success in producing 660 kg and 800 kg ingots in the upgraded version of JYT furnaces. Quality is compatible with that from similar systems. Besides, LDK/JYT joint group, Jinggong and GT Solar are also produced 600-660 kg furnaces with good quality. Top two Chinese companies are using the furnaces made in China because such furnaces produce better quality material with high energy efficiency. Also, the price is low. Similar trends are happening in China for most of other large companies. Starting from 2009, Chinese equipment companies and silicon production companies started to work together. Innovation becomes reality. It is an open secret that many companies in China (mainland and Taiwan) can produce high efficiency crystalline silicon wafers using casting, modified VGF, or modified Bridgman furnaces. Such homemade furnaces are either modified from existing furnaces or newly designed. Surprisingly, only BP solar's Mono2 technology was in the open literature. In 2010, Sino-American Solar (SAS) in Taiwan China released news on A++ wafers, which can produce 17.1% efficiency with the same cost of multi-crystalline wafers. Recently, Renesola and JA Solar in China announced on "Virtue wafers" and "Maple Wafers", which both can produce cell efficiency high than 17.5% using low cost process. Unofficially, solar efficiency up to 19.2% has been obtained using advanced cell line process in China. Other companies might make announcements in 2011.

Besides poly- or quasi single crystalline silicon ingots production, single crystalline silicon ingots produced by the traditional Czochralski methods are also major industry in China. All major equipment companies in the world can find their furnaces in China. Si growth by Czochralski technique has long history in China. It can be traced back to year 1961 when the scientists in Chinese Academic of Science started to produce dislocation free silicon and manufactured growth furnaces. Technology at that time was fairly advanced. Unfortunately, technology development was dramatically slowed down since late 1960s. Tremendous improvements were achieved in the past a few years and Czochralski growth furnaces made by some Chinese manufacturers perform better than those from foreign companies. Most production companies are capable of modifying hot zone for better quality and energy efficiency. Although 6 inch in diameter silicon ingots were the main product for PV application, 8 inch ingots are the recent trend in PV industry in China.

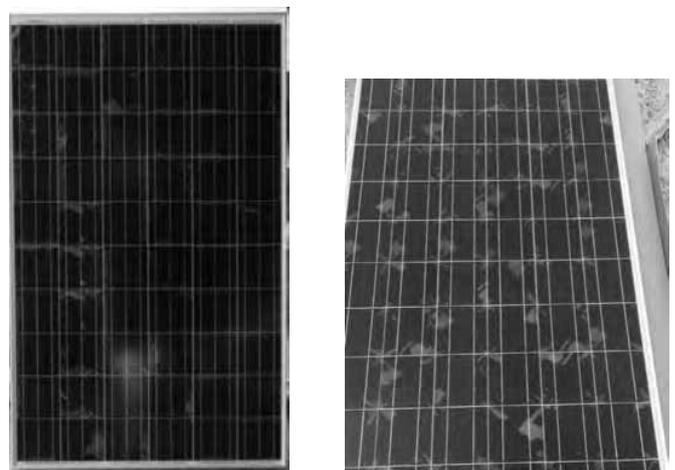


A company in China to produce silicon ingot of 840x840 mm² in cross-section using Jinggong's furnace: 120mm (left) and 60mm (right) from bottom

N-type PV cells with single crystalline silicon wafers have achieved high cell efficiencies in production scale. For example, "PAN-DA" project in Yingli Solar, worked with the Energy Research Centre of the Netherlands (ECN) and Tempres Systems, Inc., Amtech's solar subsidiary ("Tempres"), can produce average 18.5% cell efficiency through furnace modification and technology innovation, and "SECIUM" series cells from JA Solar also reach average 18.5% cell efficiency. It shall be noticed that the market share of single crystal by the Czochralski technique for PV application has been shrunk recently due to the rapid advancement in quasi-single crystalline technology, and such situation will be continued.

Silicon wafers produced in China are mostly exported to European countries, such as Germany, Spain, Italy, UK, etc. since the price of electricity is high there. The price for electricity is much lower in China. It is about 0.30 RMB/kWh for offline, and 0.8 RMB/kWh for grids. It will be difficult to create a big market for PV industry if a large amount of subsidies from government is needed. Meanwhile, other renewable energy sectors demand less investment from government. Chinese government is pushing PV manufacturing companies to come out solar module with much cheaper price. The baseline price is about 0.80 RMB/kWh. If this number cannot be met in the near future, solar energy will be difficult to grow into a big market in Mainland China. Solar energy may be a future technology forever since nuclear energy, wind energy and other types of energy are taking the market share in the renewable energy part. Similar situation might be for many other Asia and Africa countries. The price of 0.80 RMB/kWh is lower than the current market price, which is around 1.1 RMB/kWh. It means that 30% reduction is needed to open PV market in China. When the price drops down to 0.50 - 0.80 RMB/kWh, solar electricity will be a cheaper energy source. Module price is the most important issue, while the throughput and efficiency are other two important concerns in the government policy. As it is known, low throughput will hinder the market growth; low efficiency will increase the cost of land use, cleaning and other maintenance service, and safety comparing with other energy sources.

Could the price of solar electricity come down to 0.80 RMB/kWh or more with the silicon based PV technology in the near future? The answer is certain. However, before it becomes reality, some measures have to be taken. The first is the reorganization of the PV industry.



Left: "Virtues Wafers" from Renesola with 250kW
Right: "Maple Wafers" from JA Solar with 250kW

30 At this moment, solar industry was mainly divided into several sectors including polysilicon (feedstock), silicon ingot/wafer, solar cell, and module. Recent years, more companies are planning for vertical integration, which will force the industry for consolidation. In the future, crucible and wafer slicing may, no longer, be needed in the chain using technology such as direct wafer. Such development has been initiated already and the anticipation of such technology into industrial scale production will be in the time frame of 3-5 years. In the next 2 to 3 years, producing high efficiency solar cell with low cost will be one of the key competitions for the industry. Different technologies are available. For example, quasi-single crystalline silicon wafers will be produced together with matching solar cell line technology. The benefit to industry can be maximized with the vertical integration. Quasi-single crystalline silicon wafers have been studied extensively in China though little information is available in the public literature. A quasi-single crystalline silicon wafer picture was published in J. Crystal Growth, special volume of

ICCG16 conference. The ingot from which the wafer is made is produced by CHFM (Controlled Heat Flow Method) process with specially designed furnaces developed and manufactured by Jinggong, China. CHFM can be categorized as modified Bridgman method since it is capable of preserving seed, controlling interface shape and growth rate, and controlling temperature gradient. CHFM is neither a casting process nor a traditional directional solidification. In the casting or DSS process, interface control is limited and seed preservation and growth are difficult. Besides CHFM, CGM (controlled gradient method) process and furnaces are also available for quasi-single crystalline silicon ingot production in China. It is an entire process developed jointly by the Equipment Company, silicon wafer and cell production companies. Products made by CHEM and CGM are expected to come out in 2011. Truly, innovation will allow the industry to reduce the module price dramatically.

In summary, silicon production in China develops rapidly. Innovative productions will be expected in 2011.

GaN substrates – Polish speciality

M. Bockowski¹, R. Dwiliński², R. Doradziński², J. Garczyński², I. Grzegory¹, M. Kaminska³, R. Kucharski², B. Lucznik¹, P. Perlin¹, S. Porowski¹, L. Sierzputowski², T. Sochacki¹, M. Zajac²

1. Institute of High Pressure Physics, Polish Academy of Sciences, ul. Sokolowska 29/37, 01-142 Warsaw, Poland

2. AMMONO Sp. z o.o., ul. Czerwonego Krzyża 2/31, 00-377 Warszawa, Poland

3. Faculty of Physics, University of Warsaw, ul. Hoza 69, 00-681 Warsaw, Poland

Gallium nitride is a direct wide-gap (3.4eV at T=300K) semiconductor, commonly applied for bright blue and white light-emitting diodes since 1990s. The material can be used under extreme conditions since it is very hard, and also high temperature, radiation and chemically-resistant. Its very high breakdown voltage, high electron mobility and saturation velocity make it ideal candidate for high power/high frequency devices.

At present, commercially available GaN-based electronic devices are manufactured mainly by heteroepitaxy of quantum structures on non-native substrates (sapphire, SiC, ZnO), leading to generation of large threading dislocation density (at the level of $10^6 - 10^9 \text{ cm}^{-2}$), due to lattice mismatch and difference in thermal expansion coefficients. This limits power, efficiency and lifetime of GaN-based devices. The ideal solution would be application of bulk GaN substrates for homoepitaxy. However, due to high melting point of GaN (its temperature and pressure are estimated only, due to experimental difficulties, as $>2573\text{K}$ and $>60\text{kbar}$, respectively[2]), bulk GaN crystals cannot be synthesized by standard equilibrium growth methods (like Czochralski method commonly used for Si and GaAs substrate production). Poland has long, almost thirty-year tradition of GaN material growth [1]. Nitrides substrate materials are sometimes called Polish speciality. The main achievements are connected with development of single crystal growth methods at two places: Institute of High Pressure Physics Unipress, Polish Academy of Sciences (IHPPU PAS) and AMMONO sp. z o.o. company.

IHPPU PAS started growth of high quality GaN single crystals from liquid gallium solution in the 1990s. The method of growth, called High Nitrogen Pressure Solution (HNPS), allowed to obtain hexagonal platelets up to 2 cm^2 in size and dislocation density 10^2 cm^{-2} or needles with length up to 1 cm [3]. The HNPS method has been modified during last years into Multi Feed Seed Configuration. The new method[4], developed by

I. Grzegory and her group allows for efficient fabrication of a new generation of 2 inch GaN substrates, with free electron concentration $n = 5 - 9 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ (Fig. 1), extremely useful for GaN laser diodes.

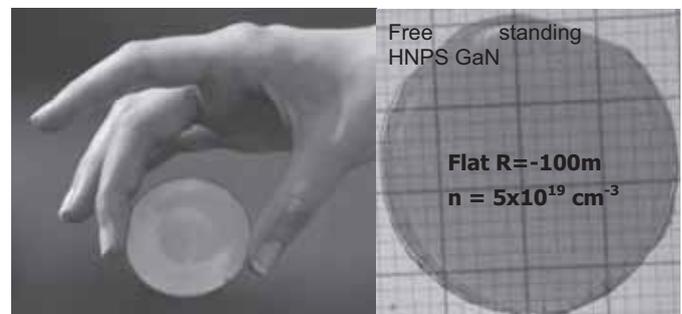


Fig. 1 New generation of „plasmonic” substrates from Institute of High Pressure Physics Unipress, Polish Academy of Sciences

The new substrates are called “plasmonic” because absorption by free electron plasma lowers the refractive index, what improves the optical confinement in the laser waveguide. It increases substantially efficiency of the laser by elimination of parasitic optical modes in the substrates (Fig. 2).

Elimination of these modes has allowed for development of new generation of blue lasers and laser arrays with optical continuous power $0,8 - 2,5 \text{ W}$ and slope efficiency $0,8 \text{ W/A}$ (Fig. 3). The new lasers on plasmonic substrates are being commercialized by IHPPU PAS spin-off company, TopGaN Sp.z o.o.

The other method of GaN single crystal growth, ammonothermal technique, has been invented and implemented in AMMONO company. The method is an analogue of hydrothermal method, commonly used in industrial quartz production [5], with use of supercritical ammonia instead of supercritical water. Ammonothermal technique was originally applied to synthesize different amides, imides and nitrides [6].

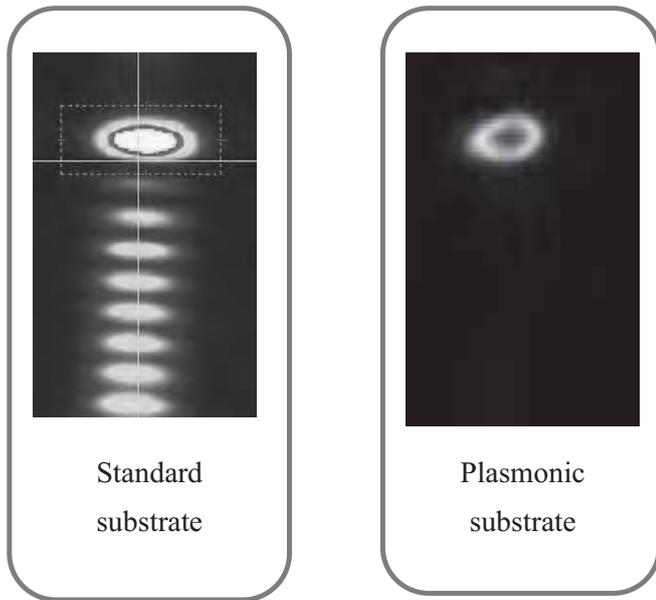


Fig. 2 Registered near-field image with: (a) strong substrate modes, (b) no substrate modes

Later, it was used to synthesize GaN and AlN microcrystalline powders [7]. The crystal growth proceeds in temperature range $T=500-600^{\circ}\text{C}$ and pressure $p=0.1-0.3\text{ GPa}$. The ammonothermal method enables growth of large diameter crystals of high crystalline quality (Fig. 4), and is well controlled and reproducible process performed at relatively low temperature. It is a perfectly scalable method (with autoclave size), enabling simultaneous growth of many crystals in one run under minimal material costs. More details about the ammonothermal method can be found in [8] and patent applications of the *AMMONO*. [9]

The GaN crystals produced in *AMMONO* company demonstrate exceptionally low FWHM value of X-ray rocking curve (20 arcsec), large lattice curvature radius ($R\sim 1000\text{ m}$) and very low dislocation density (of the order of 10^4 cm^{-2}). Substrate flatness directly translates on much higher yield of devices "in spec" obtained from one wafer (comparing to highly bowed HVPE wafers), but potential of low dislocation density and high conductivity still waits to be revealed in high-end devices including UV and green LEDs and LDs. No doubt that orders of magnitude difference of these critical parameters will benefit in better efficiency and reliability of devices based on *AMMONO*-GaN comparing to today's devices produced on HVPE-GaN.

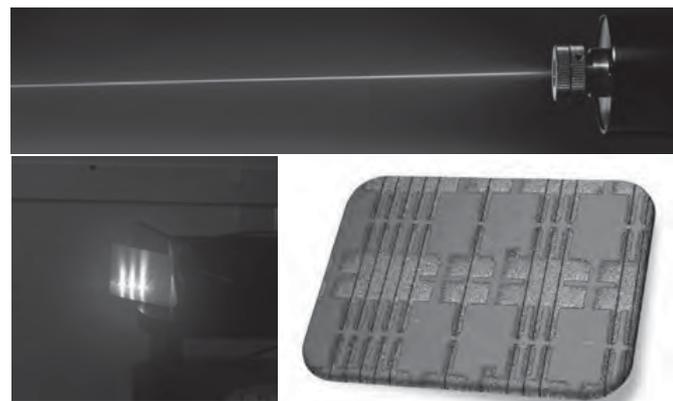


Fig. 3 Blue laser diodes and laser arrays

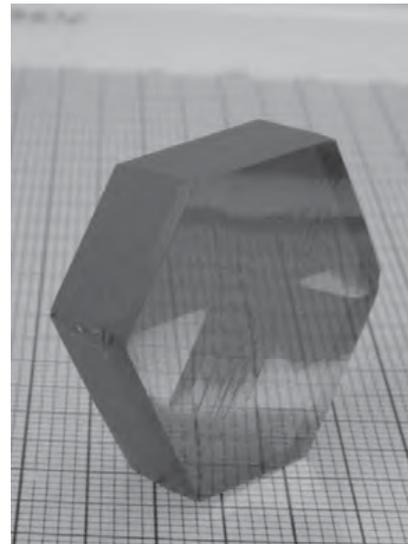


Fig. 4 *AMMONO* GaN crystal

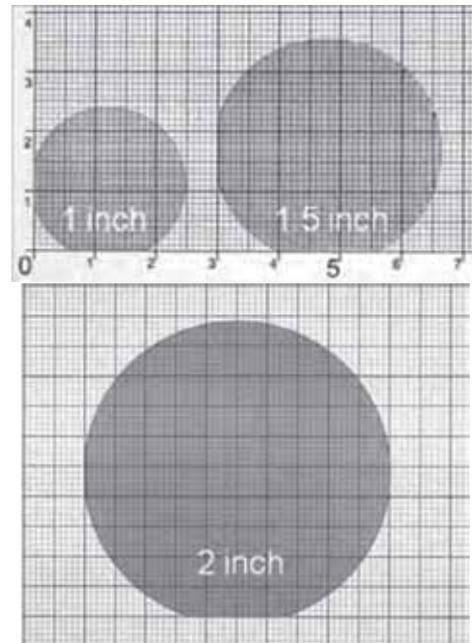


Fig. 5 *AMMONO*-GaN substrates

AMMONO offers substrates of various crystallographic orientation – polar C-plane, semipolar and nonpolar M-plane. The two latter ones, due to the largely reduced electric fields, are the company response to market demands for this type substrates for green optoelectronics purposes. The dimensions of available substrates reach 2" (in the case of polar substrates) (Fig.5) and the launch of 2" commercial wafer production is planned in 2012, after building up sufficient stock of appropriate size seeds. Moreover, the crystals represent wide spectrum of electronic properties (n-type, semiinsulating) for different applications.

Successful homoepitaxial growth on *AMMONO*-GaN substrates was also performed. This was documented by perfect structural and optical properties of homoepitaxial layers without internal strain [10-13]. Obtained results confirm usefulness of *AMMONO*-GaN substrates for homoepitaxy of GaN layers and more complicated structures, being the basis of electronic devices. The high quality of *AMMONO*-GaN substrates may then cause next breakthrough in production of high power electronic and optoelectronic devices. This was recently confirmed by making blue laser mini-array of record 2.5 W output power [14].

1. J. Karpinski, S. Porowski, S. Mietkowska, J. Cryst. Growth **56**, 77 (1982)
2. J. Karpinski, J. Jun, S. Porowski, J. Cryst. Growth **66**, 1 (1984)
3. I. Grzegory et al., GaN bulk substrates grown under pressure from solution, in Bulk Crystal Growth of Electronic, Optical and Optoelectronic materials, ed. P. capper (Wiley&Sons, New York, 2005), p.173.
4. M. Bockowski, P. Strak, I. Grzegory, B. Lucznik, S. Porowski, J. Cryst. Growth **310**, 3924 (2008)
5. K. Byrappa and M. Yoshimura, Handbook of Hydrothermal Technology, Noyes Publications (2001)
6. H. Jacobs, D. Schmidt, Curr. Top. Mater. Sci. **8**, 381 (1981)
7. R. Dwilinski, A. Wyszomolek, J. Baranowski, M. Kaminska, R. Doradzinski, J. Garczyński, L. Sierzputowski, Acta Phys. Pol. **88**, 833 (1995)
8. R. Dwilinski, J. Baranowski, M. Kaminska, R. Doradzinski, J. Garczyński, L. Sierzputowski, Acta Phys. Pol. **90**, 763 (1996)
9. R. Dwilinski, R. Doradzinski, J. Garczyński, L. Sierzputowski, J. Baranowski, M. Kaminska, Acta Mater. Sci. Eng. B **50**, 46 (1997)
10. R. Dwiliński, R. Doradziński, J. Garczyński, L.P. Sierzputowski, A. Puchalski, Y. Kanbara, K. Yagi, H. Minakuchi, H. Hayashi, J. Crystal Growth **310**, 3911 (2008).
11. R.T. Dwilinski, R.M. Doradzinski, J.S. Garczynski, L.P. Sierzputowski, Y. Kanbara, United States Patent no. 6,656,615 B2 (02.12.2003).
12. R. Dwiliński, R. Doradziński, J. Garczyński, L.P. Sierzputowski, M. Rudziński, M. Zając, J. Crystal Growth **311**, 3058 (2009).
13. R. Kudrawiec, J. Misiewicz, M. Rudziński, M. Zając, Appl. Phys. Lett., **93**, 061910 (2008).
14. R. Kudrawiec, M. Rudziński, J. Serafińczuk, M. Zając, J. Misiewicz, J. Appl. Phys. **105**, 093541 (2009).
15. R. Kucharski, M. Rudziński, M. Zając, R. Doradziński, J. Garczyński, L. Sierzputowski, R. Kudrawiec, J. Serafińczuk, W. Strupiński, R. Dwiliński, Appl. Phys. Lett. **95**, 131119 (2009).
16. P. Perlin, L. Marona, K. Holc, P. Wiúniewski, T. Suski, M. Leszczyński, R. Czarnecki, S. Najda, M. Zając, R. Kucharski, Appl. Phys. Express **4**, 062103 (2011)

Neue Mitglieder 2010/2011

Wir begrüßen ab dem 03.11.2010 als neue Mitglieder (Stand 31.05.2011):

Herr Dipl.-Min. Leonard Alaribe	Freiburger Materialforschungszentrum
Frau Dr. Céline Allio	Goethe-Universität Frankfurt am Main
Herr PD Dr. Matthias Bickermann	Universität Erlangen-Nürnberg
Herr Dr. Bernhard Birkmann	Schott Solar Wafer GmbH Alzenau
Herr Dipl.-Phys. Giordano Cantú	IKZ Berlin
Frau Dr. Natascha Dropka	IKZ Berlin
Herr Dr. Mark Hollatz	Solar World Innovations GmbH Freiberg
Herr Prof. Dr. Dirk Carl Meyer	TU Bergakademie Freiberg
Herr Dipl.-Min. Jan Philippen	IKZ Berlin
Herr Dr. Olf Pätzold	TU Bergakademie Freiberg
Herr Dr. Matthias Reinecke	Solar World Innovations GmbH Freiberg
Frau Saskia Schimmel	Universität Erlangen-Nürnberg
Herr Dipl.-Ing. Thilo Semperowitsch	Thermal Technology GmbH, Bayreuth
Herr Dipl.-Ing. Sebastian Wipprecht	Leibniz Universität Hannover, ETP
Herr Dipl.-Min. Jan Zähringer	Universität Freiburg



Die fast 200 Teilnehmer am 5th International Workshop on Crystal Technology vor dem Penta-Hotel in Berlin-Köpenick, wo der Workshop vom 26.-30. Juni 2011 stattfand. Drei Teilnhmer sind durch Stipendien der DGKK gefördert worden. Der Bericht folgt im nächsten Mitteilungsblatt. Foto: Sven Heron (IKZ Berlin)

DGKK-Forschung

Zum Titelbild

Bleiiodid (PbI_2) ist ein Halbleitermaterial, das wegen niedriger Dunkelströme ($E_g \approx 2,5 \text{ eV}$; $\rho = 10^{11-13} \Omega \text{ cm}$) und einer hohen Absorptionsfähigkeit ($Z_{\text{Pb}} = 82$, $Z_{\text{I}} = 53$) für die Detektion von Röntgen- und Gammastrahlung bei Raumtemperatur geeignet ist. Im Gegensatz zu Quecksilberiodid (HgI_2) besitzt PbI_2 eine höhere chemische Stabilität und zeigt keine Phasenumwandlung bis zum Schmelzpunkt (405°C). Nachteilig wirken sich beim PbI_2 jedoch eine ausgeprägte Polytypie (mehr als 40 Polytypen) sowie eine geringe mechanische Stabilität aus (Mohshärte 1, Biegsamkeit). Der häufigste PbI_2 -Polytyp 2H kristallisiert im CdI_2 -Typ (RG P(0)1) und besteht aus senkrecht zur **c**-Achse angeordneten I-Pb-I-Schichten. Ein weiterer wichtiger Polytyp ist 12R, der durch 6fache Verlängerung der **c**-Achse entsteht. Wegen der schwachen van-der-Waals-Bindung zwischen den Schichten zeigt PbI_2 eine ausgezeichnete Spaltbarkeit entlang (0001).

PbI_2 -Einkristalle werden üblicherweise nach dem Bridgman-Stockbarger-Verfahren gezüchtet, das bisher jedoch keine reproduzierbare Orientierungsvorgabe ermöglichte. Darüber hinaus führt der Kontakt zur Ampullenwand wegen der stark anisotropen Wärmeausdehnung zu Spannungsrissen im Kristall.

Trotz der niedrigen Wärmeleitfähigkeit und einem starken Gasphasentransport aus der PbI_2 -Schmelze konnten nun erstmals Kristalle nach dem Czochralski-Verfahren gezüchtet werden [1]. Als Ausgangsmaterial wurde PbI_2 verwendet, das durch direkte Synthese von Pb und I_2 mit einer anschließenden Zonenreinigung gewonnen wurde [2]. Die Züchtungen wurden unter konstantem Ar/H_2 -Gasfluss in einem Quarzglasgefäß durchgeführt, wobei H_2 zu einer deutlichen Reduzierung von Pb-Oxiden und -Hydroxiden führt. Durch eine spezielle Düse unterhalb des Sichtfensters kann während der gesamten Züchtung das Resublimieren von PbI_2 auf dem Sichtfenster verhindert werden. Ziehgeschwindigkeiten von bis zu 25 mm/h reduzieren die Züchtungsdauer gegenüber der Bridgman-Stockbarger-Methode auf ca. ein 20stel. Die resultierenden Kristalle sind ca. 3-4 cm lang, nahezu frei von Spannungsrissen und besitzen die Orientierung der verwendeten Keime (PbI_2 -Spaltplättchen mit **c** parallel oder senkrecht zur Wachstumsrichtung).

Ein Wachstum senkrecht zur **c**-Achse besitzt hier entscheidende Vorteile: Die Spaltplättchen können einfach in den Keimhalter geklemmt werden, und die Wärmeleitfähigkeit entlang der Schichten ist mit $6,5 \times 10^{-3} \text{ W cm}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (25°C) mehr als doppelt so hoch wie senkrecht dazu. Kristallquerschnitte verlaufen somit senkrecht zur Schichtung und erlauben im Gegensatz zu den üblicherweise parallel (0001) gespaltenen Proben eine orts aufgelöste Analyse von Stapelfehlern. Mittels Rückstreuungselektronenbeugung (Electron Backscatter Diffraction, EBSD) erzeugte Beugungsmuster sind durch scharfe Kontraste gekennzeichnet. Dies zeigt, dass die verbesserte Präparation solcher Flächen (niedrigere Abtragsraten) zu einer effektiven Reduzierung der Damageschicht führt. Die EBSD-Messungen ergaben weiterhin, dass die Kristalle neben 2H auch den Polytypen 12R enthalten

und eine Kornstruktur mit Kleinwinkelkorngrenzen besitzen.

Messungen der elektrischen Eigenschaften an unterschiedlich orientierten Proben ergaben, dass das Material röntgensensitiv ist und auch parallel zur Schichtung für die Anwendung als Detektormaterial ausreichend hohe elektrische Widerstände von bis zu $5 \times 10^{12} \Omega \text{ cm}$ aufweist.

Diese Arbeit wurde gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DA 357/4-1) sowie die Grant Agency of the Czech Republic (104/08/J025).

Literatur:

- [1] J. Tonn, A. N. Danilewsky, A. Cröll, M. Matuchova, J. Maixner; J. Crystal Growth 318 (2011) 558-562.
- [2] M. Matuchova, K. Zdansky, J. Zavadil, A. Danilewsky, F. Riesz, M.A.S. Hassan, D. Alexiew, R. Kral; J. Crystal Growth 311 (2009) 3557-3562.

Die Fotos auf der Titelseite zeigen von links nach rechts:

$\text{PbI}_2 \perp$ **c**-Achse (Bildausschnitt 5,0 cm \times 3,2 cm)

$\text{PbI}_2 \parallel$ **c**-Achse (Bildausschnitt 5,5 cm \times 2,6 cm)^a

$\text{PbI}_2 : \text{Sn} \perp$ **c**-Achse (Bildausschnitt 5,2 cm \times 2,6 cm)^a

^aDiese Bilder wurden von Herrn Thomas Jauß aus unserem Institut gemacht.

Kontakt

Dipl.-Min. Justus Tonn

Kristallographie

Institut für Geowissenschaften

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Hermann-Herder-Straße 5

79104 Freiburg

Tel.: ++49 (0)761 / 203-6454

Fax: ++49 (0)761 / 203-6434

e-mail: justus.tonn@krist.uni-freiburg.de

oder: justus.tonn@gmx.de

Job gesucht!

- seit Juli 2008: Promotion zum Thema "Züchtung und Charakterisierung von Bleiiodid-Einkristallen" (voraussichtlicher Abschluss Juli 2011)
- 2008: Abschluss als Diplom-Mineraloge an der Universität Freiburg (Diplomarbeitsthema: „Hochauflösende Röntgendiffraktometrie an technisch wichtigen Halbleitern“)
- Praxiserfahrungen: MICRONAS Semiconductor Holding AG Freiburg (Si-Ätzprozesse), VITA Zahnfabrik Bad Säckingen (Zementoptimierung), wissenschaftliche Hilfskraft (Kristallographie, Universität Freiburg), Volontariat für das Natursteinmagazin „STONE PLUS“
- Stärken: gute Englischkenntnisse (verhandlungssicher), Erfahrungen in Projektmanagement und Anleitung von Mitarbeitern, Teamfähigkeit

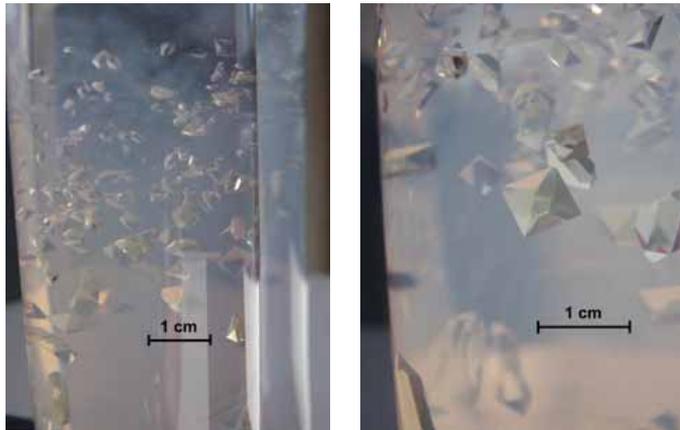
34 DGKK-Nachwuchs

Kristallwachstum täglich beobachten !

Demonstrationsversuch zum Kristallwachstum von Calciumtartrat aus Wasserglas-Gelen

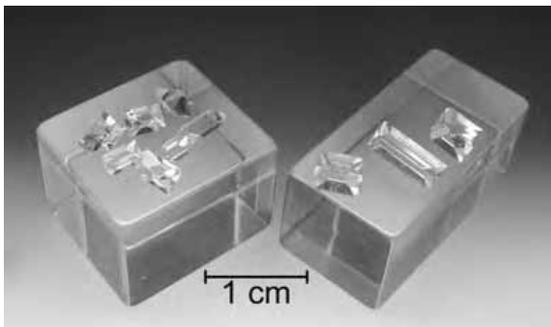
Markus Eßer, Institut für Kristallographie der Universität zu Köln

Die Kristallzucht in Gelen ist eine ohne großen apparativen Aufwand durchführbare Methode zur gezielten Kristallisation von in Wasser schwerlöslichen Substanzen. Da weder umfangreiche Kristallzuchtapparaturen oder Steuerungsanlagen benötigt werden und die Züchtung bei Raumtemperatur abläuft, eignet das Verfahren nicht zuletzt aufgrund seiner Anschaulichkeit als Demonstrationsexperiment für jedes Labor, insbesondere aber für Schulen.



Gewachsene Calciumtartrat-Kristallite im Gel

Möchte man auf diese Weise z. B. Kristalle von Calciumcarbonat herstellen, so trennt man die jeweiligen, in gelöster Form vorliegenden Komponenten (hier: Calcium- und Carbonationen) durch ein in einem geeigneten Gefäß (z. B. U-Rohr) befindliches Gel (z. B. Silikatgel). Eine Reaktion der Komponenten zum Endprodukt ist nur im Rahmen der Diffusion der Ionen innerhalb des Gels möglich, so dass ein langsames, kontrolliertes Wachstum nahe am Gleichgewicht stattfindet. Die relative Weichheit des Gels ermöglicht ein mechanisch ungestörtes Kristallwachstum. Die Kristalle wachsen je nach Substanz einige Wochen oder Monate bis zu Millimeter- oder sogar Zentimetergröße heran. Aufgrund des gleichgewichtsnahen Wachstums weisen sie eine hohe strukturelle Perfektion auf und eignen sich daher besonders gut zur Erforschung der zahlreichen interessanten physikalischen Eigenschaften der kristallinen Materie.



Ergebnis der Gelzucht von Calciumtartrat – dem Gel entnommene Kristallite

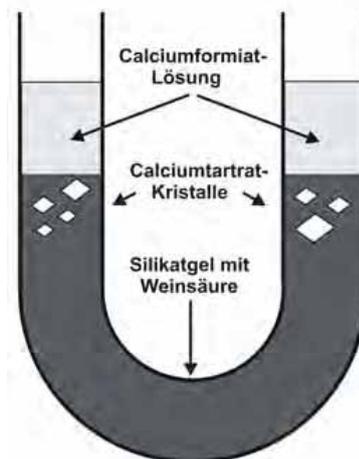
Der folgende Versuch beschreibt die besonders lohnende Züchtung des Calciumsalzes der Weinsäure, des Calciumtartrats. Diese Substanz kristallisiert im orthorhombischen Kristallsystem (Punktsymmetriegruppe $2_12_12_1$)

Versuchsvorschrift (nach SHAJAN und MAHADEVAN [1])

Notwendige Geräte und Chemikalien:

- U-Rohre
- pH-Meter oder Indikatorstäbchen (feinskalig, pH-Bereich 4 – 6)
- Natronwasserglas
- Weinsäure
- Calciumformiat

20 ml Natronwasserglas werden mit destilliertem Wasser auf 400 ml verdünnt. 200 ml dieser Lösung werden solange unter Rühren mit einer Lösung von 15 g Weinsäure in 200 ml destilliertem Wasser versetzt, bis ein pH-Wert von exakt 4,2 (geeichtes pH-Meter bzw. feinskalige Indikatorstäbchen) erreicht ist. Jeweils 100 ml dieser so behandelten Lösung werden in ein U-Rohr eingefüllt und 48 Stunden lang stehen gelassen. Die zunächst flüssige Lösung erstarrt mit der Zeit zu einem Gel.



Prinzipische Skizze der Kristallzucht von Calciumtartrat in Silikatgel

Man bereitet nun eine Lösung von 13 g Calciumformiat (Ameisensäuresalz des Calciums) in 200 ml destilliertem Wasser. Jeweils 50 ml dieser Lösung werden vorsichtig in alle Schenkel der mit Weinsäuregel gefüllten U-Rohre gegeben. Innerhalb einiger Wochen bildet sich transparente, flächenreiche und hochglänzende Kristalle von Calciumtartrat mit einigen Millimetern Größe aus, welche vorsichtig „geerntet“ werden können.

[1] Shajan, X. S., Mahadevan, C., On the growth of calcium tartrate single crystals, Bull. Mater. Sci., 27, 4, 2004, 327-331.

Liquid-Delivery Metal-Organic Chemical Vapour Deposition of Perovskites and Perovskite-Like Compounds von Rasuole Lukose

Frau Rasuole Lukose (geb. Dirsyte, geb. am 02.09.1981 in Kedainiai (Litauen)) beschäftigte sich während ihrer Promotion einerseits mit der Präparation und Oberflächenterminierung von Oxidsubstraten mit Perowskitstruktur. Außerdem verwendete sie die Methode der metallorganischen Gasphasendeposition, um dünne, funktionale Oxidschichten mit Perowskitstruktur epitaktisch abzuscheiden. Die Motivation zu dieser Arbeit leitet sich aus dem großem Interesse an Perowskiten und perowskitartigen Materialien ab, die je nach Zusammensetzung ein breite Vielfalt von physikalischen Eigenschaften aufweisen können. Abhängig von Komposition und Struktur haben sie z.B. ferroelektrische, piezoelektrische, ferromagnetische oder supraleitende Eigenschaften. Die Methode der Metallorganischen Gasphasenabscheidung (MOCVD) ermöglicht die Abscheidung von Schichten mit hoher Homogenität und guter Kontrolle der Schichtzusammensetzung. Das Liquid-delivery Verfahren erlaubt die Abscheidung von Elementen, deren metallorganische Ausgangsstoffe (Precursor) entweder fest sind und/oder einen sehr niedrigen Dampfdruck besitzen. Entscheidend für die Abscheidung von qualitativ hochwertigen Schichten ist die Verfügbarkeit und Stabilität der eingesetzten Precursor. Ziel dieser Arbeit war es, SrRuO₃- und Na-substituierte Bi₄Ti₃O₁₂-Schichten auf wohl definierten Oxidsubstraten abzuscheiden und den Einfluss der Depositionsparameter sowie des verwendeten Substrates auf die Schichteigenschaften zu untersuchen.

Wichtig für die Abscheidung von epitaktischen Schichten ist die Präparation einer regelmäßig gestuften, einfachterminierten Substratoberfläche sowie die Kenntnis über deren Oberflächenterminierung. In der Arbeit von Frau Rasuole Lukose kamen SrTiO₃-, NdGaO₃- und DyScO₃-Substrate zum Einsatz. Während SrTiO₃ ein gut bekanntes Substratmaterial ist, gab es zur Präparation von NdGaO₃ kaum und zu DyScO₃ keine Literaturangaben. 0.1° fehlorientierte DyScO₃- als auch NdGaO₃-Oberflächen mit einer regelmäßigen Stufen- und Terrassenstruktur konnten durch Tempern in Argon- oder Sauerstoffatmosphäre bei 1050 °C erzeugt werden.

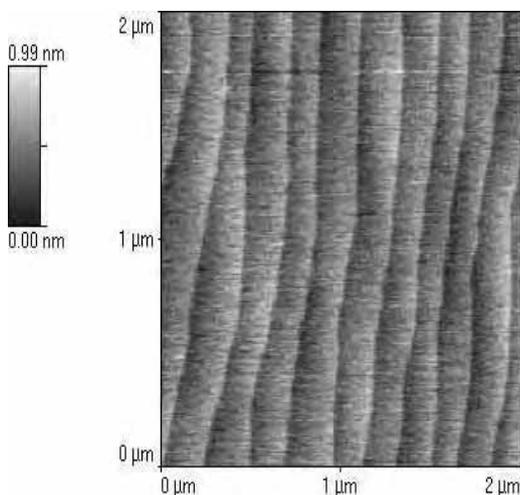


Abb. 1: AFM-Abbildung einer präparierten DyO terminierten DyScO₃(110)-Oberfläche mit regelmäßiger Stufen- und Terrassenstruktur.

Abb. 1 zeigt die resultierende Oberfläche eines DyScO₃-Substrates. Die Terrassen haben eine Breite von 200 nm, während die Höhe der Stufenkanten genau einer Gitterkonstante ($\approx 3.9 \text{ \AA}$) entspricht. Protonen-induzierte AES-Messungen in Kooperation mit der AG Prof. Winter von der HUB ergaben, dass die DyScO₃-Oberflächen, abhängig von der verwendeten Temperatur und Atmosphäre, entweder überwiegend DyO (60 min in reinem Sauerstoff) terminiert waren oder eine ausschliessliche ScO₂-terminierung aufwiesen (600 min in reinem Ar, siehe auch Abb. 1). Damit war es zum ersten Mal gelungen, nicht nur die Oberflächenterminierung von DyScO₃-Oberflächen zu bestimmen, sondern es konnte auch gezeigt werden, dass beide Oberflächenterminierungen durch die geeignete Wahl der Präparationsbedingungen einstellbar sind.

Elektrisch leitende, ferromagnetische SrRuO₃-Schichten, die häufig in der Oxidelektronik als untere Elektrode eingesetzt werden, wurden mit Hilfe der liquid-delivery MOCVD epitaktisch auf den drei verschiedenen Oxidsubstraten abgeschieden. Ziel dieser Depositionen war es auf der einen Seite, den Einfluß der Depositionsparameter (wie Substrattemperatur, Ru/Sr Verhältnis, Precursorkonzentration,...) auf die Schichteigenschaften und den Wachstumsmodus zu untersuchen. Andererseits konnte durch die Einstellung der Depositionsparameter und der Verwendung der oben erwähnten Oxidsubstrate aufgrund der unterschiedlichen Gitterfehlpassung die eingebaute Gitterverspannung in den Schichten variiert werden. In Abhängigkeit der elastischen Gitterverspannung in den SrRuO₃-Schichten konnte damit die Curie-Temperatur für den paramagnetischen zu ferromagnetischen Phasenübergang verschoben werden (Strain engineering). Für kompressiv verspannte Schichten, die eine größere c Gitterkonstante im Vergleich zu Volumen-SrRuO₃ aufweisen, wurde die Curie-Temperatur reduziert. Tensil verspannte Schichten (d.h. reduzierte c-Gitterkonstante) weisen eine höhere Curie-Temperatur auf (siehe Abb. 2).

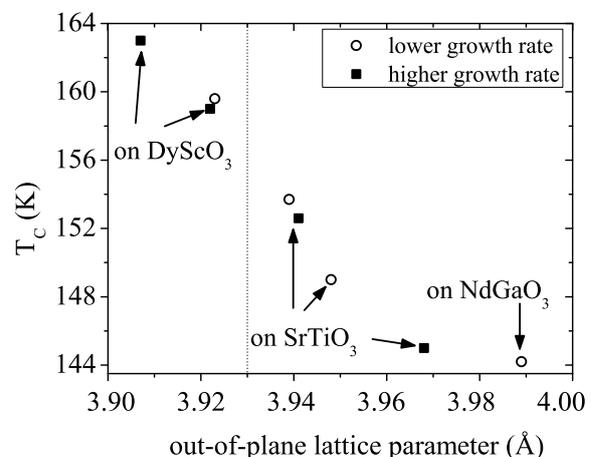


Abb. 2: Curie-Temperatur in Abhängigkeit der c-Gitterkonstante von epitaktisch verspannten SrRuO₃-Schichten.

Dieser Effekt konnte darauf zurückgeführt werden, dass die Verbiegung der Ru-O-Ru-Bindungen in den RuO₆-Oktaedern für kompressiv verspannte SrRuO₃-Schichten zunimmt, während sie für tensil verspannte Schichten abnimmt. Diese bestimmen

36 wiederum die Elektronen-Hopping-Rate zwischen den Ru-Ionen über das O-Ion und damit den Einsatz der Ferroelektrizität. Diese Untersuchungen wurden in dieser Arbeit das erste Mal an SrRuO₃-Schichten durchgeführt, die mit der MOCVD-Technik abgeschieden wurden. Ausserdem ist hervorzuheben, dass bei den Experimenten drei verschiedene Oxidsstrate zum Einsatz kamen, um die Gitterverspannung in den Schichten zu variieren.

Eine weitere Aufgabenstellung der Arbeit von Frau Rasuole Lukose war die Abscheidung von bleifreien ferroelektrischen Oxidschichten. Hintergrund dafür ist die Suche nach alternativen ferroelektrischen Materialien, die kein Blei enthalten, aber ähnlich gute Eigenschaften aufweisen wie das bisher am häufigsten verwendete ferro-/piezoelektrische Material Blei-Zirkonium-Titanat. Natrium-Bismuth-Titanate sind bleifreie Materialien mit vielversprechenden ferroelektrischen Eigenschaften. Das Ziel der Arbeit war es zunächst, die Depositionsparameter so einzustellen, dass epitaktische, stöchiometrische Bi₄Ti₃O₁₂-Schichten abgeschieden werden konnten. Insbesondere die Parameter Substrattemperatur, Substratrotation und Bi/Ti Verhältnis stellten sich als entscheidende Parameter für das Wachstum von gut geordneten, glatten Schichten heraus. Unter optimierten Bedingungen (700°C, 500 - 750 rpm und [Bi] / [Ti] > 4/3) wurden tensil verspannte Schichten auf SrTiO₃(001), DyScO₃(110), NdGaO₃(110) abgeschieden. Da die Gitterfehlpassung zwischen Bi₄Ti₃O₁₂ und DyScO₃ mehr als 2 % beträgt, waren die Schichten auf DyScO₃ bei einer Schichtdicke von 66 nm allerdings schon teilweise relaxiert. Schichten mit den besten strukturellen Eigenschaften wurden auf NdGaO₃ abgeschieden, was auf die geringe Gitterfehlpassung von 0.16 % zurückgeführt wird. Für die Deposition von Natrium-Bismuth-Titanat-Schichten wurde der Natrium Precursor NaTMSA eingesetzt, der in der AG JP. A. Devi von der Ruhr-Universität Bochum für dieses Materialklasse synthetisiert wurde. Durch die Zugabe von Na in die Gasphase während des Wachstums von Bismuth-Titanat-Schichten werden Bi-Ionen durch Na-Ionen substituiert. Bei dieser aliovalenten Substitution werden Bi³⁺-Ionen zu Bi⁵⁺-Ionen oxidiert, um Ladungsneutralität zu gewährleisten. Der Einbau von Na, sowie die Existenz von Bi⁵⁺-Ionen konnte

durch XPS in Zusammenarbeit mit der AG von Prof. Schmeisser an der BTU Cottbus nachgewiesen werden. Die substituierte Phase (Na,Bi)₄Ti₃O₁₂ hat eine geringere Gitterkonstante als Bi₄Ti₃O₁₂, da die Ionenradien von Na⁺ und Bi³⁺ etwa gleich sind, die Bi⁵⁺-Ionen aber eine deutlich geringere Ausdehnung haben. Die Verringerung der Gitterkonstante konnte mit XRD gezeigt werden (siehe Abb. 3).

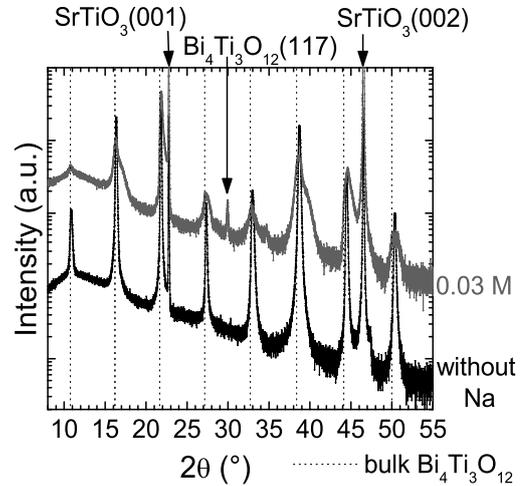


Abb. 3: HRXRD-Messungen einer reinen Bi₄Ti₃O₁₂-Schicht (ohne Na) und einer Na substituierten Schicht, (Na,Bi)₄Ti₃O₁₂, abgeschiedenen mit einer Konzentration von $c(\text{Na}) = 0.03 \text{ M}$ in der Na-Precursorausgangslösung.

Mit diesen Abscheidungen ist es das erste Mal gelungen, mit MOCVD natriumhaltige Bismuth-Titanat-Schichten erfolgreich abzuscheiden. Weitere Abscheidungen zu Natrium-Bismuth-Titanat-Phasen und deren ferroelektrischer Charakterisierung sind gegenstand aktueller Forschungsarbeiten.

Frau Rasuole Lukose fertigte ihre Promotionsarbeit in der Arbeitsgruppe "Oxidische Schichten" (Gruppenleitung: Dr. Jutta Schwarzkopf) am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) an.

Die Ergebnisse sind in Appl. Surf. Sci. 255 (2009) 8685, Surf. Sci. 604 (2010) L55 und Thin Solid Films 519 (2011), 6264 publiziert.

Dichte-Funktional-Rechnungen zu Sauerstoff und Wasser auf SrTiO₃ von Hannes Guhl

Diese Arbeit steht in engem Zusammenhang mit den 2004 am IKZ begonnenen Arbeiten zur MOCVD von oxidischen Schichten. Trotz zahlreicher experimenteller Arbeiten zur Epitaxie von perovskitischen Schichten ist das Verständnis der ablaufenden Prozesse sehr begrenzt. Die Dichte-Funktional-Theorie (DFT) kann hier zu einem grundlegenden Verständnis der Prozesse auf der Substratoberfläche beitragen, die später z.B. in einer kinetischen Monte-Carlo-Simulation über längere Zeit numerisch verfolgt werden können und dann zu einer Aussage des Wachstums führen. Herr Guhl betrachtete in seiner Arbeit die Adsorption von Sauerstoff, der in jedem Fall für das Wachstum von perovskitischen Schichten notwendig ist, und von Wasser, das in katalytischen Mengen in jeder Anlage zur Abscheidung vorhanden ist. Die DFT erlaubt prinzipiell die quasi-parameterfreie Berechnungen zur Ermittlung der elektronischen Struktur und damit der Grundzustandsenergie einer vorgegeben atomaren Konfiguration, wie zB. eines Moleküls oder eines Festkörpers. Das „quasi“ bezieht sich dabei auf den Austausch-Korrelations-Term, für den unterschiedliche Näherungen existieren, die je nach Problemstellung ausgewählt werden.

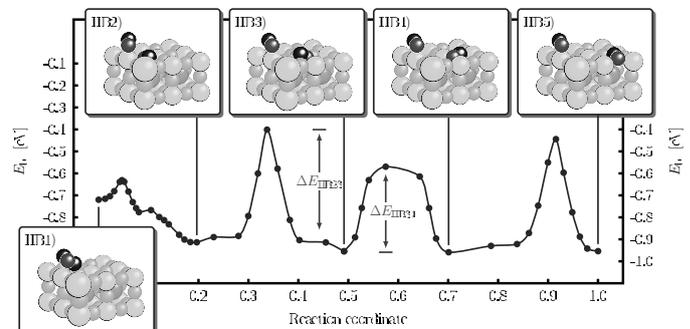


Abb. 1: Energien entlang des Reaktionsweges. Für jeden Punkt der Abbildung sind DFT-Rechnungen durchgeführt worden, wo die Substratome in vertikaler Richtung relaxiert wurden und die Geometrie der Hydroxylbindung ebenfalls. Der Reaktionsweg wurde mit Hilfe der sog. nudged-elastic-band-Methode bestimmt. Abb. aus Phys. Rev. B 81 (2010), 155455 mit freundlicher Genehmigung von APS.

Aus diesen berechneten Grundzustandsenergien lassen sich nun in Verbindung mit thermodynamischen Überlegungen auch Aussagen über das Verhalten des betrachteten Systems unter

relevanten, d.h. experimentellen Bedingungen ableiten. So können z.B. Druck und Temperatur der experimentell einstellbaren Sauerstoffatmosphäre in das chemische Potential des Sauerstoffs umgerechnet werden und damit in direkte Beziehung zur freien Gibbschen Enthalpie des betrachteten Systems gesetzt werden. Die thermodynamisch relevanten atomaren Konfigurationen und Strukturen lassen sich dann an einem Phasendiagramm ablesen.

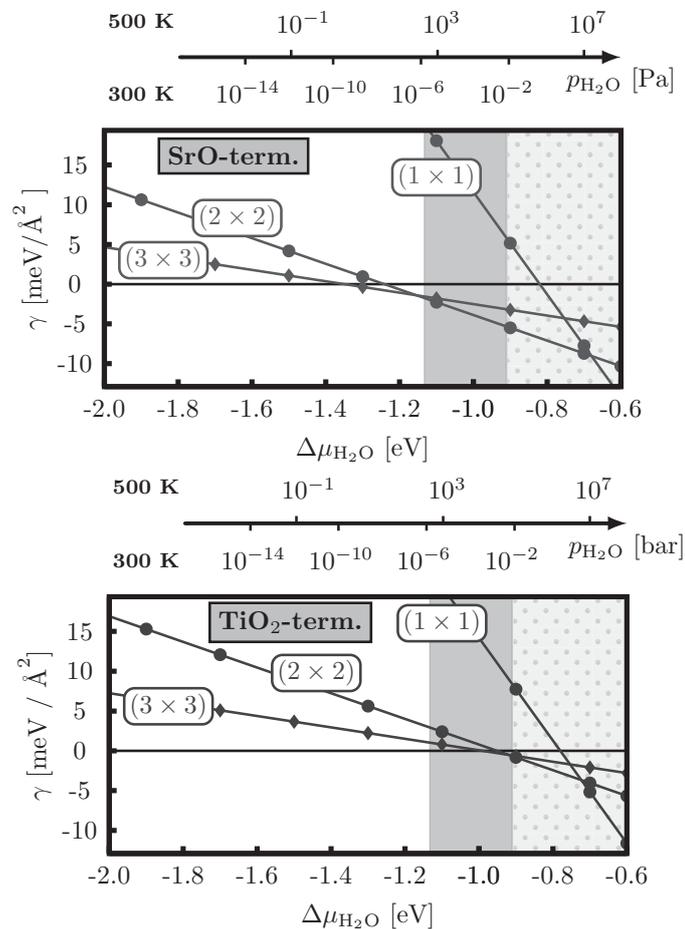


Abb. 2: Gibbs-Energie für 3 verschiedene Bedeckungen auf der SrO- (oben) und TiO₂-Terminierung (unten). Der blau gekennzeichnete Bereich entspricht den experimentellen Bedingungen bei Iwahori *et al.*. Der gepunktete Bereich kennzeichnet den Bereich jenseits des kritischen Punktes, d.h. Wasser ist hier flüssig. Abb. aus Phys. Rev. B 81 (2010), 155455 mit freundlicher Genehmigung von APS.

Sämtliche DFT-Rechnungen zeigen, dass im thermodynamischen Grundzustand die SrTiO₃-Oberfläche unrekonstruiert ist. Alle Berechnungen mit Adsorbaten wurden deshalb mit unrekonstruierten Oberflächen - SrO-terminiert oder TiO₂-terminiert - durchgeführt. Für die Adsorption von Sauerstoff zeigten die Ergebnisse folgendes: Ein adsorbiertes Sauerstoffatom bildet eine Peroxid-ähnliche Bindung mit dem Sauerstoff der obersten Lage - es sitzt also nicht an der Position, die es im Festkörper einnimmt.

Die Energien zeigen ferner, dass die Adsorption und Dissoziation eines Sauerstoffmoleküls aus der Gasphase auf einer perfekten Oberfläche unwahrscheinlich ist. Dagegen kann Wasser aufgrund der berechneten Bindungsenergien auf beiden Terminierungen adsorbieren, zumindest wenn die Bedeckungen eine halbe Monolage nicht überschreitet. Auf der TiO₂-terminierten Oberfläche ist eine schnelle Dissoziation wahrscheinlich, wie es das Energie-Profil in Abb. 1 zeigt.

Wie Abb. 2 zeigt, ist eine Monolage Wasser (1 × 1) niemals stabil, eine halbe oder drittel Monolage (2 × 2 bzw. 3 × 3) ist dagegen auf der SrO-Terminierung stabil ($\gamma < 0$), auf der TiO₃-Terminierung hingegen nicht.

Die Ergebnisse sind in Surf. Sci. 604 (2010), 372 und Phys. Rev. B 81 (2010), 155455 publiziert.

Name	Hannes Guhl
Geburtsdatum	17.11.1979
Geburtsort	Elsterwerder
1992-1999	Theresienschule in Berlin-Weißensee
1999-2006	Studium der Physik an der Humboldt-Universität zu Berlin
	Diplomarbeit zum Thema „Simulation von spannungsabhängigem Wachstum auf III-V-Halbleiteroberflächen in der Gruppe von Prof. Zimmermann
2007-2010	Doktorand in der Gruppe „Numerische Modellierung“ am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung sowie der eigenständigen Nachwuchsgruppe von Prof. Karsten Reuter am Fritz-Haber-Institut in Berlin.
seit 2011	Postdoc am Imperial College in London

Essay-Wettbewerb „Welt der Zukunft“

Zum Abschluss des Wissenschaftsjahres der Energie fand 2010 ein Essay-Wettbewerb „Welt der Zukunft ‚Energie 2050‘ “ statt, der von der Zeitung „Die Welt“ ausgeschrieben worden war. An diesem Wettbewerb nahm auch Henning Döscher vom Helmholtz-Zentrum-Berlin teil. Er konnte die Jury mit seinem im folgenden abgedruckten Text überzeugen und gewann den ersten Preis. Herr Döscher ist letztes Jahr auch mit dem Nachwuchspreis der DGKK ausgezeichnet worden (siehe MB 90, S. 7).

Energie 2050: Ein Rückblick

von Henning Döscher

Die Sonne scheint schon seit Stunden. Im November haben sicher nur wenige damit gerechnet. Die Akkus sind voll. Der regionale Strompreis bricht bereits ein. Einer der seltenen Momente, in denen ich noch Geld verdienen kann, indem ich mein Auto lade. Ich bin nicht darauf angewiesen, es bereitet mir dennoch tierische Freude. Morgen werde ich 70. Mein zweites Jahr

im Vorruhestand. Dennoch wird mein Rat bei NewPower™ immer noch geschätzt. Einer der großen Alten. Ein Visionär. Oder doch nur ein alter Zausel? Ein Relikt aus den goldenen 20ern, nur noch gut für bedeutungsschwangere Reden?

Von den Jungen werde ich häufig als Inspiration bezeichnet. Sie haben leuchtende Augen, wenn sie mir ihre Konzepte vorstellen

38 dürfen. Im Grunde ist das völliger Unsinn, ich verstehe die Architektur der modernen Stromnetze schon seit Jahren nicht mehr, geschweige denn die komplexen Transaktionen, die darin ablaufen. Aber vielleicht ist das einfach nur noch keinem aufgefallen. Mir soll's recht sein.

Früher war alles ganz einfach. Wir hatten es satt, unseren Strom für eine ewig sinkende Einspeisevergütung abzutreten, während die Konzerne immer wieder Spitzenlasttarife genau dann abrechneten, wenn wir unsere Autos luden. Gemeinsam bastelten wir an einer Schaltung, die unseren Solarstrom direkt in den Batterien des Tanks speicherte und unseren Eigenbedarf im Haushalt abfederte, wenn angebliche Versorgungsengpässe den Strompreis mal wieder für ein paar Minuten in astronomische Höhen trieben.

Unser Konzept brachte uns bares Geld ein, nachdem wir dem lokalen Versorger als erste Privatkunden einen direkten Zugang zur Strombörse abgerungen hatten. Das Geheimnis bestand darin, sein Auto bis zum nächsten sonnigen Tag mit leerem Tank in der Garage zu lassen. Fast immer überstieg dann der zusätzliche Solarstrom den momentanen Verbrauch, da die Konzerne ihre überkommenen Atommeiler einfach nicht herunterregeln konnten. Zuverlässig waren negative Strompreise die Folge, mit denen wir gleichzeitig die Batterie und das Portemonnaie füllen konnten. Wer den nächsten Preisauftrieb abpasste, konnte mit der Rückeinspeisung nochmals verdienen, ohne einen Meter gefahren zu sein.

Mit dem Protest gegen das Großkapital Geld zu machen, das gefiel. Etliche verliehen ihrem Widerstand sogar mit einer Luxuskarosse Ausdruck, die sie klammheimlich in der Garage versteckten. Meine Idee, unsere Technik zu patentieren und als Produkt anzubieten, war dagegen weniger beliebt und kostete mich einige Freundschaften. Heute wird gerne übersehen, dass die ersten Jahre doch sehr schleppend verliefen, immer nah an der Pleite. Otto Normalverbraucher misstraute dem Strommarkt an sich, konnte sich nicht vorstellen, einen Nutzen daraus zu ziehen. Nur wenige wollten sich die teure IntelliStromBox™ leisten, die wiederkehrenden Marktmuster analysieren, ihr persönliches Profil über Stromverbrauch und -erzeugung bestimmen, um ein perfekt auf sie abgestimmtes Handelsprogramm zu entwickeln.

Der Durchbruch gelang erst, als die siebte Novelle des Privatkundeneinspeisegesetzes die großen Netzgesellschaften zwang, allen Bürgern unbürokratisch Zugang zur Strombörse zu gewähren. Nur wenige erkannten die Tragweite dieses Beschlusses, aber für uns ging auf einmal alles rasend schnell. Mit dem Produkt FreeDrive™ wandten wir uns an die Autobesitzer. Der Börsengang ermöglichte es uns, die IntelliStromBox™ an sie zu verschenken und mindestens drei Gratisbatterieladungen pro Jahr zu garantieren, wenn wir dafür nur über das obere Drittel des Füllstands frei verfügen durften. Unter den damaligen Marktbedingungen amortisierte sich die Investition nach wenigen Monaten, danach spülten die erratischen Schwankungen des Strompreises Unsummen in unsere Kasse.

Mit meiner Zustimmung zur Übernahme unseres kleinen, aber rasant wachsenden Startups durch den amerikanischen Konzern NewPower™ erntete ich einiges Unverständnis. Ich wurde wahlweise zum Idioten oder zum Verräter erklärt. Aber die Euphorie musste enden, Wettbewerber konnten uns die Kunden mit Kampfangeboten abjagen. Irgendwann würde der aktive Eingriff in den Markt die einträglichen und als selbstverständlich empfundenen Schwankungen des Strompreises deutlich mildern.

Der große Crash kam viel später als ich es vermutete, längeres Warten hätte den Preis meines Aktienpakets auf ein Vielfaches getrieben. Dennoch bereue ich die Entscheidung nicht: NewPower™ Deutschland und der Aufbau einer umfassenden Konzernforschung lag mir einfach mehr als das Niederringen der Konkurrenten.

Morgen werde ich 70 – und soll über die letzten Tage vor der Energierevolution referieren. Als ob sich dafür ein Datum finden ließe. Damals wie heute ist der selbstverständliche Einsatz von Energie essentieller Bestandteil des Lebens und Überlebens moderner Gesellschaften. Bereits vor meiner Geburt rüttelte die erstaunliche Erkenntnis über die Endlichkeit fossiler Ressourcen die breite Öffentlichkeit auf. Man hatte sich längst daran gewöhnt. Der Handlungsbedarf war nicht akut. Man war bereit, die fortgesetzte Bequemlichkeit durch steigende Energiepreise zu erkaufen. So waren immer absurdere Lagerstätten wirtschaftlich zu erschließen, was in einer saloppen Erkenntnis gipfelte: ‚Seit 30 Jahren ist das Öl in 30 Jahren alle.‘

Derweil rüttelten auch immer deutlichere Anzeichen des hausgemachten Klimawandels die breite Öffentlichkeit auf. Akuter Handlungsbedarf? Den Bequemen boten sich zahllose Möglichkeiten: Wahlweise konnte der Wandel an sich angezweifelt werden oder einfach der menschliche Einfluss darauf. Geübte Zyniker genossen mediterrane Sommer, grönländische Erdbeeren und die Aussicht auf stattliche Renditen in den Ölfeldern der bald eisfreien Arktis.

Trotzdem war das Ideal einer nachhaltigen Energiewirtschaft bereits fest im kollektiven Bewusstsein der Bevölkerung verankert. Doch die Erkenntnis allein bewirkte allenfalls marginale Veränderungen. Was konnte der Einzelne schon bewegen? Und wohin? Im Grunde verband man alle Energieträger intuitiv mit ihren Schattenseiten, wünschte sie nur weit fort vom eigenen Wohnort. Tschernobyl, die letzte Ölpest, Kohle war besonders dreckig, Erdgas abhängig von den Russen. Windräder verschandelten die Landschaft, die Photovoltaik trieb den Strompreis und Biosprit verschärfte den Hunger in der dritten Welt.

Gesellschaftliche Wandlungsprozesse können durch regulatorische Macht des Staatsapparates angestoßen werden. Es ist das Privileg der Politik, über die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen den natürlichen Opportunismus der Individuen im Sinne des idealistischen Konsenses der Bürger zu steuern. Tatsächlich gelang es in Deutschland, durch eine fortschrittliche Förderung erneuerbarer Energien erstmals eine nennenswerte Anzahl von Privatpersonen in die Energieversorgung einzubinden.

Doch was heute als konsequente Strategie erscheinen mag, war tatsächlich ein komplexer Prozess voller Widersprüche. Zeitgleich zur ersten Welle moderner Stromerzeugung durch verteilte Solar-, Wind- und Biogasanlagen wurde der Anachronismus nuklearer Großkraftwerke konserviert. Die Förderung flexibler und bedarfsorientierter Blockheizkraftwerke ging einher mit großtechnischer CO₂-Einlagerung für ‚saubere‘ Kohle.

Anders als heute flossen die erneuerbaren Energien in ein extrem statisches Netz, das einzig und allein als Verteilerstruktur von abgelegenen Großkraftwerken zu unmündigen Stromkunden konzipiert war. In dem simplen Modell aus teurer Spitzenlast und billiger Grundlast rangierten Wind- und Sonnenstrom auf dem untersten Rang eines notgedrungen tolerierten Störfrieds. Ein flexibleres, dynamisches Netz mit verteilten Pufferkapazitäten anstatt zentraler Kontrolle war von Nöten. Es war der eigentliche Schlüssel zur Lösung der Energiefrage.

Nach althergebrachter Klassifikation bestreiten wir heute 83% unseres Energiehaushaltes aus regenerativen Quellen. Nach wie vor stützen wir das Biogasnetz durch Einspeisung von 8% Erdgas. Die Statistiken lassen zudem gern außer Acht, dass auch die restlichen 9%, die als Beiprodukt der industriellen Produktion anfallen, vornehmlich fossilen Ursprungs sind.

Mit der Energierevolution verbinden wir heute jedoch den Übergang zur verteilten Energiewirtschaft. Inzwischen liegen 63% der Energieerzeugung in der Hand von Privathaushalten, werden somit bedarfsgerecht lokal generiert und verbraucht. Das internationale Hochleistungsnetz steuert zudem 28% zur Versorgung bei, vornehmlich aus Norwegen und Spanien. Gegenüber 2010 ist der Primärenergiebedarf um 38% gesunken. Die Effizienzen stiegen. Leitungsverluste sanken. 23% der Bevölkerung leben in Aktivhäusern, die mehr Energie erzeugen, als sie verbrauchen. 71% der Gebäude werden mittels flexibler Kleinkraftwerke beheizt. Praktisch der gesamte Verkehr wird elektrisch betrieben. 36% der dort eingesetzten Energie wird von den Fahrzeugen selbst generiert. Immer noch bilden ihre Batterien das Rückrad der Stromspeicherung, obwohl kommerzielle Anbieter stetig

Marktanteile gewinnen.

Man darf nicht vergessen, diese Entwicklung verlief zunächst schleppend und diffus. Erst der Durchbruch des ‚intelligenten‘ Netzes verlieh ihr Dynamik. Plötzlich emanzipierten sich immer größere Teile der Bevölkerung von ihrer unmündigen Rolle als bloße Endkunden der Energiekonzerne und nahmen aktiv am Marktgeschehen teil. Ein neues Energiebewusstsein breitete sich aus. Den Bürgern eröffneten sich ganz neue Perspektiven. Heute empfinden wir Stromnetz als eine selbstverständliche Säule unseres Wohlstands. Dies ist auch Verdienst einer geschickten Regulierung, die den Einfluss der zwischenzeitlich fast übermächtigen Netzgesellschaften langsam zurückdrängte. Stattdessen konnten innovative Anbieter von Technologien und Dienstleistungen wie NewPower™ zu bedeutenden Großkonzernen aufsteigen.

Morgen werde ich 70. Meine Rede vor den Kollegen werde ich routiniert absolvieren. Die wahre Feier wird für mich aber erst zwei Stunden später beginnen. Ich fahre zu meinen Enkeln. Mein Auto ist inzwischen aufgeladen. Ob morgen wieder die Sonne scheint?



PV-Silicium



Draht- und Bandsägen

Tel.: 03375 217525

Fax: 03375 507675

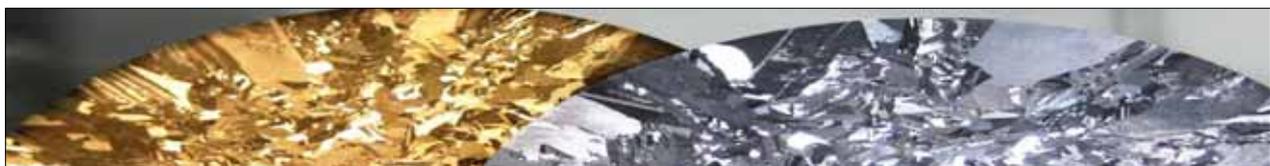
www.vario-silicon.de

mail: vario@gmx.com

Halbleiter und Oxide



Feinschleifen und Polieren



Schnell, präzise und flexibel - Sonderproben für Forschung und Entwicklung

40 Über die DGKK

Die Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK) ist eine gemeinnützige Organisation zur Förderung der Forschung, Lehre und Technologie auf dem Gebiet des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung. Sie vertritt die Interessen ihrer Mitglieder auf nationaler und internationaler Ebene.

Die DGKK ist Mitglied der Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik e.V. (BV MatWerk).

Die DGKK veranstaltet jährlich die Deutsche Kristallzüchtungstagung, gibt zweimal jährlich das DGKK-Mitteilungsblatt heraus und unterhält eine Web-Seite (www.dgkk.de). Die Arbeit der Gesellschaft ist in Arbeitskreisen organisiert.

Vorsitzender

Prof. Dr. Peter Rudolph
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
Max-Born-Str. 2
12489 Berlin
Tel.: 030 / 6392 3034
Fax: 030 / 6392 3003
E-Mail: rudolph@ikz-berlin.de

Stellvertretender Vorsitzender

Prof. Dr. Peter Wellmann
Institut für Werkstoffwissenschaften 6
Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstr. 7
91058 Erlangen
Tel.: 09131 / 85 27635
Fax: 09131 / 85 28495
E-Mail: peter.wellmann@ww.uni-erlangen.de

Schriftführerin

Dr. Christiane Frank-Rotsch
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
Max-Born-Str.2
12489 Berlin
Tel.: 030 / 6392 3031
Fax: 030 / 6392 3003
E-Mail: frank@ikz-berlin.de

Schatzmeister

Prof. Dr. Manfred Mühlberg
Institut für Kristallographie der
Universität zu Köln
Greinstr. 6
50939 Köln
Tel.: 0221 / 470 4420
Fax: 0221 / 470 4963
E-Mail: manfred.muehlberg@uni-koeln.de

Beisitzer

Dr. Klaus Dupré
FEE GmbH
Struthstr. 2
55743 Idar-Oberstein
Tel.: 06781 / 21191
Fax: 06781 / 70353
E-Mail: dupre@fee-io.de

Dr. Bernhard Freudenberg
Solarworld Innovations GmbH
Berthelsdorfer Straße 111 A
09599 Freiberg
Tel.: 03731 / 301-4387
Fax: 03731 / 301-1690
E-Mail: bernhard.freudenberg@sw-innovations.de

Prof. Dr. Peter Gille
Ludwig-Maximilians-Universität München
Department für Geo- u. Umweltwissenschaften
Sektion Kristallographie
Theresienstr.41
80333 München
Tel.: 089 / 2180-4355
Fax: 089 / 2180-4334
E-Mail: peter.gille@lrz.uni-muenchen.de

Bankverbindung:

Sparkasse Karlsruhe
Kto.-Nr.: 104 306 19
BLZ: 660 501 01
IBAN DE84 6605 0101 0100 1043 0619
SWIFT-BIC: KARSDE66

Redaktion:

Dr. Wolfram Miller
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
Tel.: 030 / 6392 3074
Fax: 030 / 6392 3003
Uwe Rehse
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
Tel.: 030 / 6392 3070
Fax: 030 / 6392 3003
E-Mail: redaktion@dgkk.de

Internetauftritt:

Dr. Andreas Danilewsky
Kristallographisches Institut
Albert-Ludwigs-Universität
Tel.: 0761 / 203 6450
Fax: 0761 / 203 6434
E-Mail: a.danilewsky@krist.uni-freiburg.de

Sabine Bergmann
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
Tel.: 030 / 6392 3075
Fax: 030 / 6392 3003
E-Mail: webmaster@dgkk.de
WWW: <http://www.dgkk.de>

Mitteilungen der DGKK, Stellenangebote, Stellengesuche:

Dr. Christiane Frank-Rotsch
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
Tel.: 030 / 6392 3031
Fax: 030 / 6392 3003
E-Mail: frank@ikz-berlin.de

Anzeigen:

Prof. Dr. Manfred Mühlberg
Institut für Kristallographie der Universität zu Köln
Tel.: 0221 / 470 4420
Fax: 0221 / 470 4963
E-Mail: manfred.muehlberg@uni-koeln.de

Mitgliedschaft:

Der Mitgliedsbeitrag kostet zur Zeit im Jahr 20 € und für Studenten ermäßigt 10 €. Beiträge für juristische Personen erhalten Sie auf Anfrage. Das Aufnahmeformular finden Sie auf der letzten Seite in diesem Heft. Sie können sich aber auch über die Internetseite der DGKK online anmelden. Dort finden Sie auch die DGKK Stichwortliste.

Arbeitskreise

Arbeitskreis

„Herstellung und Charakterisierung von Massiven Halbleiterkristallen“

Sprecher: Prof. Dr. Peter Wellmann
 Institut für Werkstoffwissenschaften VI
 Universität Erlangen-Nürnberg
 Martensstr. 7
 91058 Erlangen
 Tel.: +49 (0)9131 85 27635
 Fax: +49 (0)9131 85 28495
 Email: peter.wellmann@ww.uni-erlangen.de

Arbeitskreis

„Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelationen“

Sprecher: Dr. Wolfgang Löser
 Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden
 Tel.: +49 (0)351 4659 647
 Fax.: +49 (0)351 4659 480
 E-Mail: w.loeser@ifw-dresden.de

Arbeitskreis

„Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik“

Sprecher: Prof. Dr. Manfred Mühlberg
 Institut für Kristallographie der Universität zu Köln
 Greinstr. 6
 50939 Köln
 Tel.: +49 (0)221 470 4420
 Fax.: +49 (0)221 470 4963
 E-mail: manfred.muehlberg@uni-koeln.de

Arbeitskreis

„Epitaxie von III-V-Halbleitern“

Sprecher: Prof. Dr. Michael Heuken
 Aixtron AG Aachen
 52134 Herzogenrath, Kaiserstr. 98
 Tel.: +49 (0)241 8909 154
 Fax: +49 (0)241 8909 149
 Email: m.heuken@aixtron.com

Arbeitskreis

„Kinetik“

Sprecher: Dr. Wolfram Miller
 Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
 Max-Born-Straße 2
 12489 Berlin
 Tel.: +49 (0)30 6392 3074
 Fax.: +49 (0)30 6392 3003
 E-Mail: miller@ikz-berlin.de

Arbeitskreis

„Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung“

Sprecher: Dr. Albrecht Seidl
 Wacker SCHOTT Solar GmbH
 Industriestr. 13
 63755 Alzenau, Germany
 Tel: +49 (0)6023 91 1406
 Fax: +49 (0)6023 91 1801
 E-mail: albrecht.seidl@wackerschott.com

Tagungskalender

2011

5. - 6. Oktober 2011

AK Herstellung und Charakterisierung von massiven Halbleitern
Erlangen
 Leitung: Prof. Dr. Peter Wellmann (Universität Erlangen-Nürnberg)

27. August - 1. September 2012

Romanian Conference on Advanced Materials (ROCAM) and Summer School on Crystal Growth
Brasov, Romania
 Leitung: Prof. Horia Alexandru (Universitatea din București)

Autumn 2012

7th International Workshop on Modeling in Crystal Growth
Taipeh, Taiwan
 Leitung: Prof. Chung-Wen Lan (National Taiwan University)

2012

7. - 9. März 2012

Deutsche Kristallzüchtungstagung (DKT)
Freiberg
 Leitung: Prof. Dr. Dirk Meyer (TU Bergakademie Freiberg), Dr. Ulrike Wunderwald (Fraunhofer THM)

17. - 20. Juni 2012

European Conference on Crystal Growth (ECCG-4)
Glasgow, UK
 Leitung: Prof. Alistair Florence (University of Strathclyde), Prof. Kevin Roberts (University of Leeds)
<http://eccg4.org>

2013

August 2013

15th Summer School on Crystal Growth (ISSCG-15)
Danzig, Polen
<http://science24.com/event/isscg15>

11. - 16. August 2013

17th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-17)
Warschau, Polen
 Leitung: Prof. Stanislaw Krukowski (High Pressure Center, Warschau), Prof. Roberto Fornari (IKZ, Berlin)
<http://science24.com/event/iccg17>

Antrag auf Mitgliedschaft in der DGKK

Ich (Wir) beantrage(n) hiermit die Mitgliedschaft in der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e. V. (DGKK).

Art der Mitgliedschaft: ordentliches Mitglied studentisches Mitglied korporatives Mitglied

Gewünschter Beginn der Mitgliedschaft: _____

Name: _____ **Vorname:** _____

Titel: _____ **Beruf:** _____

Geburtsdatum: _____

Dienstanschrift (Firma, Institut, etc.):

Straße, Haus-Nr. : _____

PLZ: _____ Ort: _____

Telefon: _____ Fax: _____ Email: _____

Privatanschrift :

Straße, Haus-Nr. : _____

PLZ: _____ Ort: _____

Telefon: _____ Fax: _____ Email: _____

Tätigkeit, Erfahrung charakterisieren

über die DGKK – Stichwortliste (Bitte maximal 10 Stichwortnummern angeben!)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

zusätzlich noch 3 Begriffe (,-getrennt): _____

Einverständnis zur Veröffentlichung der Daten (außer Privatdaten) über die Suchfunktion der DGKK-Homepage (<http://www.dgkk.de>) ja nein

Ort, Datum: **Unterschrift:**

Lastschriftverfahren

Hiermit ermächtige ich Sie widerruflich die von mir zu entrichtenden Zahlungen (Mitgliedsbeiträge DGKK) von folgender Bankverbindung durch Lastschrift einzuziehen:

Konto Nr. _____ **BLZ** _____

Bank _____

Datum: **Unterschrift:**

bitte per Post oder Fax an Frau Dr. Christiane Frank-Rotsch (DGKK-Schriftführerin)
 Leibniz-Institut für Kristallzüchtung · Max-Born-Straße 2 · **D-12489 Berlin**
 Telefax: 030 6392 3003

FURNACE TECHNOLOGY LEADERSHIP

linn
High Therm

info@linn.de

www.linn.de



Crystal growth system

Production of low defect SiC single crystals for high-performance, high-temperature electronics and optoelectronics. It allows for precisely defined process conditions (temperature, atmosphere) to grow up to 4" 4H and 6H SiC single crystals by physical vapour transport. System includes growth reactor, a high-stability induction heating unit (medium frequency 10 kHz/20 kW), process controller and a PC interface for monitoring and programming. Tmax 2300 °C.

Tube furnace

3 zone vertical tubular furnace for directional solidification of metals under vacuum / protective gas atmosphere e.g. argon and nitrogen. The furnace is mounted on a linear unit and is led above the sample. The furnace is connected with a cooling tube, suitable for liquid metal loading e.g. Galn. Tmax 1850 °C. Power: appr. 8 kW. Linear unit: 3,6 mm/h to 360 mm/h. Fast cooling: appr. 100 mm/s.



Horizontal zone melting system

for simultaneous purification of 6 Germanium ingots (length 600 mm, diameter 40 mm) in graphite boats. Production of semiconductor materials with a defined purity. Tmax: 1600 °C. Dim. of useful chamber: 6 quartz tubes, inner diameter 100 mm x 700 mm heated length. Max. induction heating power: appr. 50 kW, 25 - 30 kHz. Cleaning speed: 15 - 150 mm/h, back shift in < 2 min. Angle of inclination of the quartz tubes: 0 to 10°. Atmosphere: Nitrogen and Argon / vacuum at normal pressure.

Micro-Crystal growth system

Pulling of single crystalline fibers from the melt under inert gas or air. Fiber dimensions: $\varnothing = 0,2 - 2,0$ mm, $l_{max} = 250$ mm. Up to 5000 mg of starting material is molten in a platinum crucible (for high-melting compounds also Ir-, W-, Mo-crucibles) and crystal is pulled down through a capillary nozzle with a secondary heater around the nozzle.

Power supply:
Primary heater
80 W (max. 500 W),
secondary heater 30 W
(max. 200 W).



Induction heating

High frequency generators up to 100 kW, 100 kHz - 27,12 MHz. Medium frequency inverter up to 1000 kW, 2 - 80 kHz.



Tube furnace

for horizontal crystal growing processes. Resistance heated. Bridgman process and zone-melting under protective gas / vacuum. Adjustable 1 - 200 mm/h. Single or multi zone. Tmax 1750 °C. Alumina, Sapphire or metal tubes.

Special systems according to customer specifications!

Wir schaffen Verbindungen

Anorganika · Organika · Boronsäuren
Fluorchemikalien · Reine und reinste Elemente
Metalle und Legierungen in definierten Formen
und Reinheiten · Seltenerdmetalle, Oxide,
Fluoride für die Kristallzucht · Laborgeräte
aus Platin und Platinlegierungen · Nano-Pulver

Produkte höchster Qualität.
Kürzeste Lieferzeiten. Exzellenter Service.
Zuverlässige und effiziente Zusammenarbeit.

