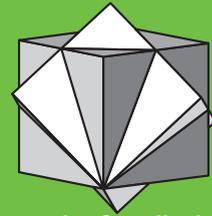


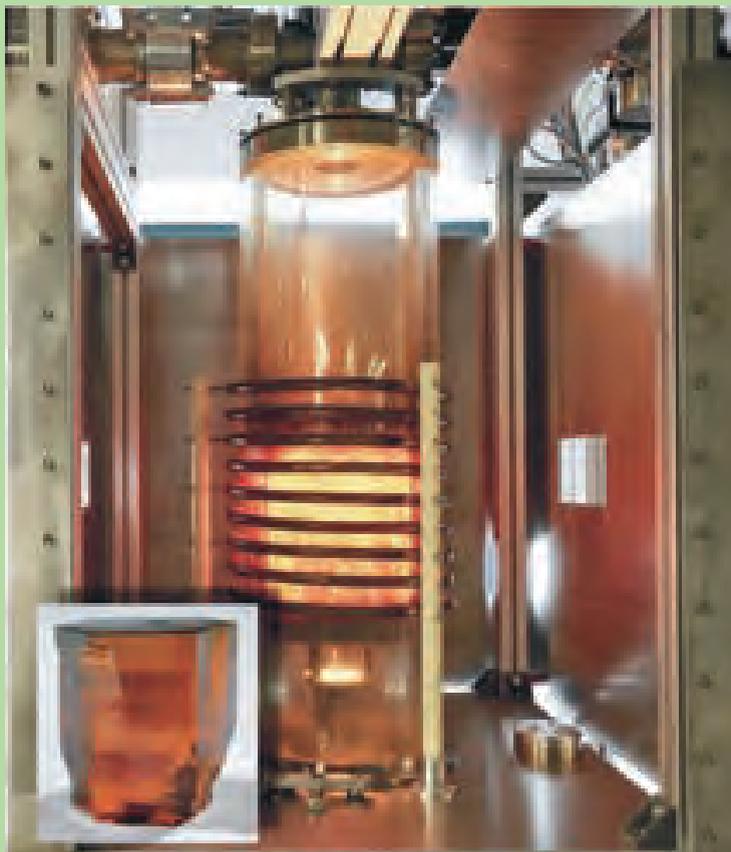


ISSN 2193-3758

Mitteilungsblatt
Nr. 101 / 2016



Deutsche Gesellschaft
für Kristallwachstum und
Kristallzüchtung e.V.

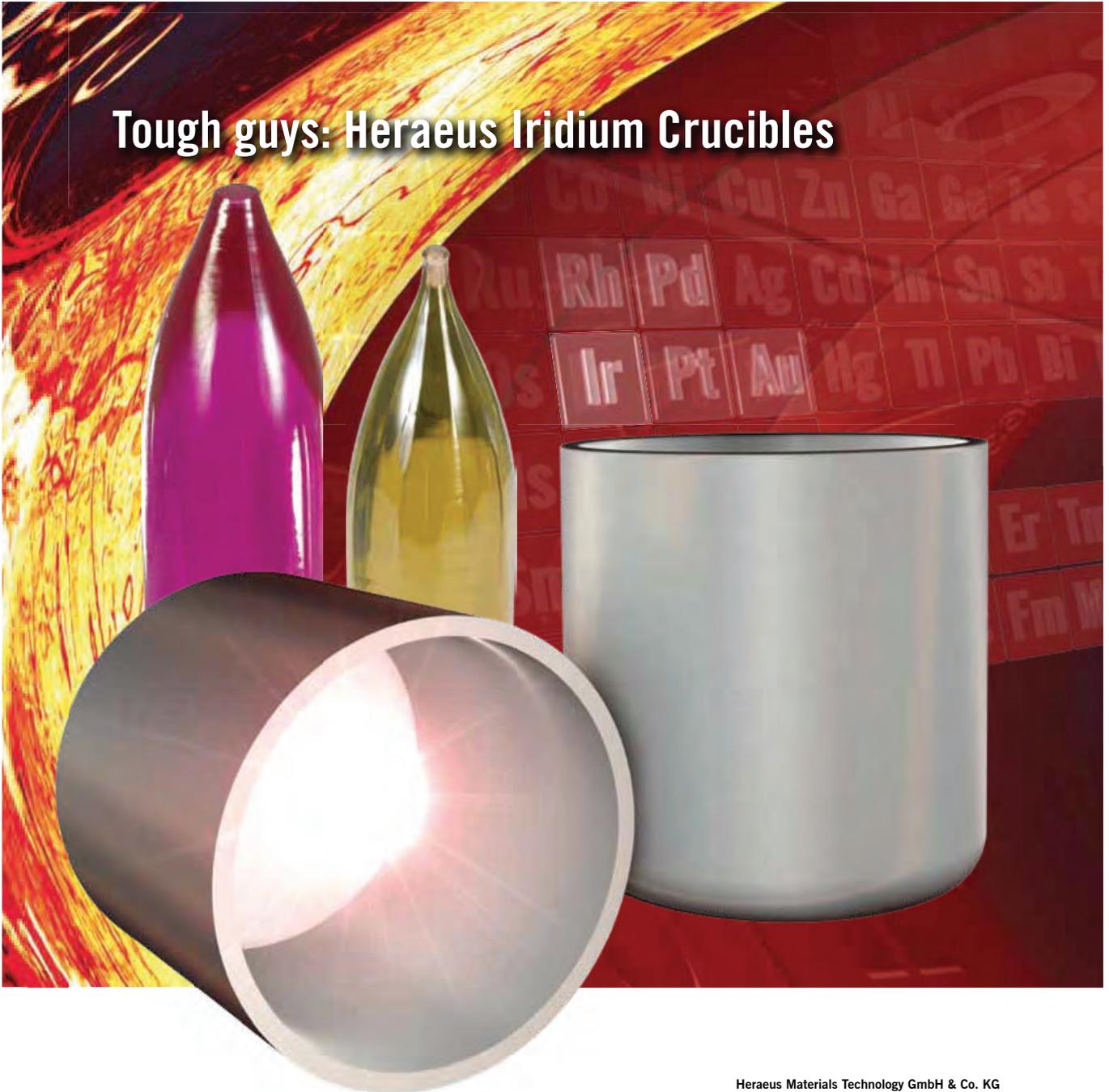


Inhaltsverzeichnis

Der Vorsitzende / Editorial	3
DGKK intern	5
DGKK Nachrichten	23
DGKK Forschung	29
DGKK Nachwuchs	31
Über die DGKK	36
Tagungskalender	37

Heraeus

Tough guys: Heraeus Iridium Crucibles



Precious Metals

Precious Metals are essential tools in laboratories and factories. Our product range extends from standard items to highly specific custom-made equipment.

www.pt-labware.com

Heraeus Materials Technology GmbH & Co. KG

Engineered Materials Division
Business Unit Precious Metals Technology
Heraeusstr. 12 - 14
63450 Hanau, Germany
Phone +49 6181.35-5123
Fax +49 6181.35-3533
precious-metals-technology@heraeus.com

Der Vorsitzende

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

endlich liegt wieder ein Mitteilungsblatt auf Ihrem Tisch. Es enthält das Protokoll unserer Mitgliederversammlung Anfang März in Dresden. Zum ersten Mal haben wir eine gemeinsame Tagung mit unseren tschechischen und slowakischen Kolleginnen und Kollegen durchgeführt, also eine Tagung unter der Schirmherrschaft der DGKK und der Czechoslovak Association of Crystal Growth. Sowohl von der Teilnehmerzahl (170 Teilnehmer) als auch der Qualität der Präsentationen war die Tagung ein großer Erfolg, wozu auch das Ambiente im historischen Görges-Bau beitragen hat. Ein ganz herzlicher Dank geht an die Organisatoren Gunter Gerbeth, Thomas Mikolajick, Jörg Weber, Jochen Friedrich und ihren Helfern. Inzwischen etabliert hat sich das Treffen der jungen DGKK im Vorfeld der DKT: in diesem Jahr war das IFW der Gastgeber für die Räumlichkeiten und zusammen mit dem NamLab Ziel der Laborbesichtigung. Es war eine sehr gelungene Veranstaltung, und ich möchte Ludwig Stockmeier danken, der verantwortlich für Programm und Organisation war.

Bereits fast ein Jahr ist es her, dass die europäische Kristallzüchtungstagung in Bologna stattgefunden hat: die ECCG-5. Die Teilnehmerzahl von 350 übertraf alle Erwartungen und zeigt den Bedarf für dieses Format, nachdem es 2012 in Glasgow wiederbelebt worden war.

Insbesondere zeigte sich die Idee, die Tagung zusammen mit einer dreitägigen Schule davor zu kombinieren, als äußerst attraktiv und erfolgreich. Insgesamt nahmen 90 Interessierte an der Schule teil. Trotz der recht hohen Zahl von Teilnehmern kam es nach den Vorlesungen zu fundierten Diskussionen, die dann nicht selten in den Pausen fortgeführt wurden. Die DGKK konnte sich an unterschiedlichen Stellen bei Schule und Tagung einbringen. So unterstützte sie das gekoppelte Konzept von Schule und Konferenz mit einem Posterpreis für das beste Poster bei der Konferenz, das von einem Nachwuchswissenschaftler vorgestellt wurde, der auch die Schule besucht hatte.

Zum Jahresbeginn hat der neue Vorstand der DGKK seine Arbeit aufgenommen. Einen Wechsel gab es dabei nur an der Spitze: Jochen Friedrich ist nach zwei Amtszeiten aus dem

Vorstand ausgeschieden. In einigen Bereichen sind wir in diesen vier Jahren entscheidend weitergekommen. So ist der Branchenatlas erstellt worden, es gibt eine Broschüre über die DGKK und die Firmenmitgliedschaft wurde einheitlich geregelt. Die DGKK hat inzwischen 19 Firmenmitglieder.

Daneben sind auch viele andere Dinge erfolgreich durchgeführt worden, wie z.B. die Erstellung des MB 100. Für die geleistete und erfolgreiche Arbeit geht mein herzlicher Dank an Jochen Friedrich.

Mit dem Wechsel im Vorstand ergab sich auch eine Änderung im Council der IOCG. Peter Rudolph als ehemaliger Vorsitzender der DGKK ist aus dem Gremium ausgeschieden. An dieser Stelle ganz herzlichen Dank an Peter Rudolph für die geleistete Arbeit in diesem Gremium und dessen Umfeld.

Zwar hatten wir im vergangenen Zeitraum keinen Todesfall in unserer Mitgliedschaft, aber es sind einige bekannte Kollegen für immer von uns gegangen: der Kristallzüchtungs-Pionier in den 50er Jahren Rolf Gremmelmaier, der weltweit bekannte Kristallograph Theo Hahn, der Spezialist für Defekte im Silizium Jan Vanhellefont, sowie Hans-Jörg Axmann.

Jetzt steht erst einmal die wichtigste internationale Konferenz auf dem Gebiet der Kristallzüchtung und Epitaxie auf der Tagesordnung, die ICCGE-18 in Nagoya. Mit einem Plenarvortrag (Zbigniew Gafazka vom IKZ), vier Verantwortlichen in vier der 21 Sessions, zwölf eingeladenen Vorträgen und zahlreichen weiteren Beiträgen sind die Kristallzüchter aus Deutschland sehr gut vertreten.

Traditionell findet eine Woche vor der Konferenz die Internationale Schule (ISSCG-16) statt, zu der einmal mehr Peter Rudolph als Lecturer eingeladen worden ist. Insgesamt gibt es ein interessantes Programm bei beiden Veranstaltungen. Darüber hinaus sind solche Veranstaltungen auch wichtig, um auf neu-deutsch gesagt, "Public Relation" für unser Gebiet zu machen. Dieses ist eine dauerhafte Aufgabe für uns alle und der Vorstand wird innerhalb seiner Möglichkeiten dafür sorgen, dass unser Fachgebiet nach außen sichtbar wird und wahrgenommen wird.

Eine schöne Sommerzeit wünscht Ihnen

Ihr Wolfram Miller

Editorial

Manch einer unserer Leserinnen und Leser wird in dem Moment, in dem dieses Heft erstmals vor ihr/ihm liegt, nicht ganz ohne Recht feststellen: "Na endlich! Das wurde aber auch Zeit!"

Nun, so ganz zu Unrecht kommt diese Bemerkung nicht. Das Duo "schwierige Artikellage" und "viel zu viel Arbeit" ist wenig geeignet, den kleinen Spross "Mitteilungsblatt" zweimal im Jahr zur rechtzeitigen Reife und Blüte zu führen. Über den letztgenannten Querulanten, der sich der rechtzeitigen Veröffentlichung entgegenstellt, lohnt es sich nicht weiter zu reden, da wohl die meisten von Ihnen mit diesem mehr oder minder hartnäckigen Plagegeist zu tun haben.

Aber der erstgenannte Störenfried scheint mir noch beeinflussbar zu sein. Allerdings brauchen wir dazu Ihre Hilfe und Mitarbeit in Form reichlich sprießender Artikel über Ihre Arbeit, interessante Ergebnisse und abgeschlossene Qualifizierungsarbeiten. Dann klappt es auch wieder mit dem regelmäßigen Erscheinen dieses Heftes.

Diese Ausgabe des Mitteilungsblattes enthält wieder eine Reihe interessanter Artikel. Zwei davon sollen an dieser Stelle erwähnt werden. Da ist zum einen der studentische Bericht über die DKT 2015 (Seite 5) - ein Pflichtbeitrag für erhaltene finanzielle Unterstützung. Der Artikel kam wenige Tage nach dem Erscheinen von Heft 99 in die Redaktion, was im Fall eines regulär folgenden Heftes als zeitig und pünktlich zu bewerten wäre. Nun folgte aber auf die Nr. 99 das Jubiläumshft 100, das keine Tagungsberichte enthielt. So kam es, dass dieser interessante Bericht trotz termingerechten Einreichens ein Jahr auf seine Veröffentlichung warten musste.

Der andere Artikel, auf den ich Ihre Aufmerksamkeit lenken möchte, finden Sie auf Seite 29, stellt den aktuellen Stand der AlN- und GaN-Kristallzüchtung dar und beeinflusste maßgeblich die Auswahl des Titelbildes.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen dieser neuen Ausgabe des Mitteilungsblattes.

Uwe Rehse

Titelbild



Das Titelbild dieser Ausgabe zeigt einen Aluminiumnitrid-Kristall aus dem IKZ (kleines Bild) vor einem Blick in die dazugehörigen Zuchtungsanlage. Der Kristall hat einen Durchmesser von ca. 10 mm und die (0001̄)-Wachstumsfläche befindet sich oben.

Mit diesem Titelbild schlagen wir einen Bogen zu dem Artikel auf Seite 29, der den aktuellen Stand der AlN- und GaN-Züchtung (nicht nur im IKZ) beleuchtet.

Foto links: AlN-Züchtung im IKZ: AlN-Kristall vor seinem "Geburtsort"

Anlagenbild: Moritz Thau, Kristallbild: Jürgen Wollweber, beides (C) IKZ

Inhaltsverzeichnis

Der Vorsitzende	3	Unbemannter Raketenflug von TEXUS 51 – Fraunhofer IISB züchtet Siliziumkristall im Weltall	25
Editorial	4	Energiesparelektronik mit Zukunft – Fraunhofer THM optimiert höchstdotierte Siliziumkristalle	26
Titelbild	4	Book Review	27
DGKK-intern	5	DGKK-Forschung	29
Nachlese zur DKT 2015: ein studentischer Bericht	5	Aktueller Stand der Züchtung von AlN- und GaN-Kristallen ..	29
20 Jahre Freiburger Compound Materials GmbH (FCM)	8	DGKK-Nachwuchs	31
DGKK-Arbeitskreis „Massive Halbleiter“	9	Projekt "Lernzeiten" der Otto-Pankok-Schule, Mühlheim ..	31
DKT 2016: Halbleiterexperten treffen sich in Dresden	10	Impact of strain and composition on structural and piezoelectric properties of epitaxial NaNbO ₃ and K _x Na _{1-x} NbO ₃ thin films and superlattices grown by PLD	33
Protokoll der Mitgliederversammlung 2016	12	One year sojourn at the Leibniz Institute for Crystal Growth (IKZ) during PhD study	34
Tagungsbericht zur GCCCG / DKT 2016	15	Über die DGKK	36
Report of GCCCG-1	17	Arbeitskreise der DGKK	37
European School on Crystal Growth 2015 (ESCG2015)	18	Tagungskalender	37
DGKK-Vorstand 2016-2017	19		
8th International Workshop on Modeling in Crystal Growth (IWMCG-8)	21		
DGKK-Nachrichten	23		
Nachruf auf Professor Theo Hahn (1928 - 2016)	23		
Neue Mitglieder 2015/2016	24		

DGKK-intern

Bericht zum Seminar der jDGKK und zur Jahrestagung der DGKK 2015 aus studentischer Sicht

Katja Rießle und Limeng Ni, Kristallographie Universität Freiburg, MSc. Crystalline Materials

Die vorjährige (Änd. d. Red.) DGKK-Jahrestagung fand vom 04.03.-06.03.2015 in der südwestdeutschen Stadt Frankfurt am Main statt. Frankfurt ist heute ein wichtiges internationales Finanzzentrum und ein bedeutendes Industrie-, Messe- und Dienstleistungszentrum. Es wird unter ökonomischen Kriterien zu den Weltstädten gezählt. Eine Besonderheit ist die Skyline der Stadt. Wegen den Hochhäusern, welche zu den höchsten Europas gehören, wird Frankfurt am Main mitunter als Mainhattan bezeichnet.

In Frankfurt gibt es mehrere Bildungs- und Forschungseinrichtungen sowie mehrere Hochschulen. Die bekannteste und älteste Universität der Stadt ist die 1914 gegründete Johann Wolfgang Goethe-Universität mit ihren vier Hauptstandorten Bockenheim, Westend, Riedberg und Uni-Klinik Niederrad. Die Tagung selbst fand am neuen naturwissenschaftlichen Campus Riedberg im Norden von Frankfurt statt. Dieser bietet ein fruchtbares und interdisziplinäres Umfeld. Bedeutende Schwerpunkte sind im Bereich der chemischen, biochemischen und physikalischen Grundlagenforschung angesiedelt. Die Goethe-Universität hat 2014 ihr 100-jähriges Jubiläum gefeiert und präsentiert sich heutzutage als moderne und vielfältige Stiftungsuniversität. Sie zählt mittlerweile zu den zehn forschungsstärksten Universitäten Deutschlands.

Einen Tag zuvor, am Dienstag, dem 03.03., traf sich erneut die Junge DGKK an der Goethe-Universität Frankfurt für das 4. Seminar über aktuelle Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Kristallzüchtung und Epitaxie. Hierbei konnten junge Bachelor/Master-Studenten und angehende Doktoren ihre Forschungsprojekte in den vielen verschiedenen Bereichen anhand eines Posters präsentieren.

Katja Rießle hat dabei ihre Masterarbeit am Kristallographischen Institute der Universität Freiburg vorgestellt unter dem Thema: „Züchtung von Germanium aus einer Zinnlösung mit der Travelling Heater Methode“. Limeng Ni hat ein Poster mit dem Titel „Influence of the Chemicals Used in Nickel and Copper Plating Solutions on the Adhesion of Screen-printed Silver Contacts“ präsentiert. Sie hat sich im Rahmen ihres HiWi-Jobs mit dieser Thematik am Fraunhofer ISE beschäftigt.

Zusätzlich zu den Postern wurden von lehrenden Dozenten einige interessante Vorträge zum Seminarthema gehalten. Den Einstieg übernahm Prof. Dr. Cornelius Krellner (Goethe-Universität Frankfurt a.M.) mit dem Thema „Crystal Growth from Solution“. Diesen Vortrag fanden wir besonders spannend, da uns ein sog. „Rice-Crystalliser“ vorgeführt wurde. Dabei handelt es sich um einen mit Reis befüllten geschlossenen Glasbehälter. Reis kann Feuchtigkeit aufnehmen, somit wird die Verdunstungsrate der Lösung langsam und konstant gehalten. Anschließend hielt Prof. Dr. C. Müller-Goymann

(TU Braunschweig) einen Vortrag über „Kubische Flüssigkristalle für die Behandlung von Hautkrankheiten“ gehalten. In der Pause fand der erste Teil der Poster Session statt, welcher genügend Zeit ließ, um über die Poster zu diskutieren und Fragen zu stellen. Nach der Poster Session hielt A. Adamski (Goethe-Universität Frankfurt a.M.) einen Vortrag zum Thema „Kristallzüchtung unter hohem Druck“. Ein weiterer Vortrag zum Thema „Kristallzüchtung organischer Verbindungen“ hielt A. Morherr (Goethe-Universität Frankfurt a.M.) als interessanter Übergang zur zweiten Poster Session. Abschließend wurde der erste Tag mit einem Vortrag über „Industrielle Czochralski-Züchtung“ von Ludwig Stockmeier (Fraunhofer THM, Freiberg) und dem letzten Vortrag über „Kristallzüchtung von Heuslerverbindungen“ von M. Gellesch & Ahmad Omar (IFW Dresden) geschlossen. Ein gemeinsames Abendessen im „Lahmen Esel“ rundete den ersten Tagungstag der Jungen DGKK perfekt ab.

Vor dem Start der DKT 2015 (Deutsche Kristallzüchtungstagung) wurde für die Junge DGKK noch eine Exkursion zur Schott AG in Mainz angeboten. Schott ist ein international führender Technologiekonzern auf den Gebieten Spezialglas und Glaskeramik. Aus unserem Studium ist uns der Konzern Schott durchaus bekannt, Prof. Dr. Arne Cröll hat in seiner Vorlesung über die optischen Gläser von Schott berichtet. Es wurde eine interessante Führung durch die Produktionsfabriken angeboten, und es wurden uns Herstellungsprozesse von Glaskeramiken gezeigt. Durch die Zugabe einer Substanz mit sehr hohem Schmelzpunkt (z.B. Titanoxid oder Zirkonoxid) können Keime in der Glasschmelze erzeugt werden. Bei hoher Temperatur können diese Keime wachsen, während der Glasanteil amorph bleibt. Der Temperaturbereich zur Herstellung von Glaskeramiken liegt zwischen 800°C und 1200°C. Glaskeramik hat einen sehr geringen Wärmeausdehnungskoeffizient, und somit findet sie eine breite Anwendung wie z.B. für Kochfelder.

Zum Schluss wurde ein sehr interessantes Experiment durchgeführt, die Herstellung eines sogenannten Prinz Ruprechts Tropfens (Abb. 1). Die Spitze eines Glasstabs wurde erhitzt und in heiß-flüssigem Zustand als Tropfen ins Wasser gegossen. Durch die schnelle und ungleichmäßige Kühlung und die daraus resultierenden hohen inneren Spannungen, zerspringt dieser in der Regel. Doch einige Tropfen blieben erhalten. Sie haben eine stromlinienförmige Spitze und enden in einem langen, dünnen Schwanz. Solche „Prinz Ruprechts Tropfen“ sind teilweise sogar so stabil, dass sie einen Hammerschlag verkraften können. Schneidet man aber das eine Ende des dünnen Schwanzes ab, kommt es zu einer Kettenreaktion im Glas und der Tropfen zerspringt explosionsartig in unendlich viele kleine Glasscherben. In einem gezeigten „slow motion“

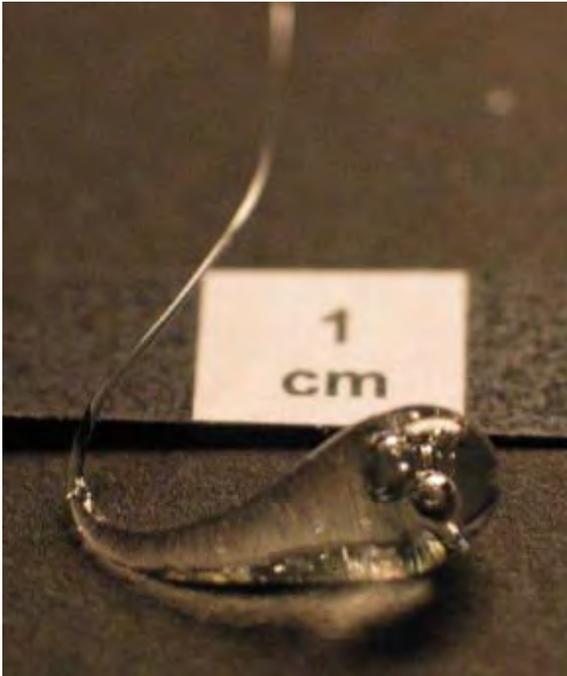


Abb. 1: Prinz Ruprechts Tropfen [1]

Video konnte man diese, für das bloße Auge nicht sichtbare Kettenreaktion verfolgen. Dieses hier gezeigte Phänomen ist die Grundlage für eine Technologie, die heute für viele und einträgliche Zwecke verwendet wird und als Härten bzw. als Tempern von Glas bekannt ist. Dieses anschauliche Experiment war ein kleines Highlight der Exkursion, welche uns sehr gefallen hat. Vielen Dank an die Schott AG und die jDGKK für diese vielfältige und gelungene Exkursion.

Im Anschluss an das Treffen der „Jungen DGKK“ eröffneten Prof. Dr. Cornelius Krellner und Prof. Dr. Rudolf Steinberg (Ehemaliger Präsident der Goethe-Universität Frankfurt) am Nachmittag des 04. März 2015 die Deutsche Kristallzüchtungstagung (DKT 2015) im Vorlesungssaal des Physik-Instituts. Die Tagungsleitung hatten Prof. Dr. Cornelius Krellner, Prof. Dr. Wolf Aßmus und Dr. Franz Ritter von der Goethe-Universität in Frankfurt am Main. Das diesjährige elfköpfige Programmkomitee aus unterschiedlichen Städten erstellte ein vielfältiges und abwechslungsreiches Tagungsprogramm, bei dem interessante Vorträge aus den verschiedensten Themengebieten gehalten wurden.

Die erste Session unter dem Thema „Angewandte Simulation“ wurde von Lev Kadinski (Siltronic AG, Burghausen) und mit dem Vortrag über „Crystal growth of atomic scale and macro scale calculations“ als eingeladener Vortrag von Prof. Dr. Koichi Kakimoto (Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University) aus Japan eröffnet. Weitere eingeladene Tagungsgäste, welche zu verschiedensten Themen Vorträge präsentierten, waren Dr. Zbigniew Gałazka vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung aus Berlin, Dr. Stephanie Fritze von LayTec aus Berlin, Dr. Andreas Bauer von der Technischen Universität München und Prof. Carl E. Krill von der Universität Ulm.

Die zweite Session an diesem Nachmittag beschäftigte sich

mit dem Thema „Massive Halbleiter“ und wurde von Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann (Friedrich-Alexander-Universität FAU, Erlangen) geleitet.

Die dritte und letzte interessante Session für den ersten Tagungstag waren die Preisträgervorträge, welche von Dr.-Ing. Jochen Friedrich (Fraunhofer IISB, Erlangen und 1. Vorsitzender der DGKK) geleitet wurden. Den DGKK-Nachwuchspreis zum Thema „Solution growth of nitrides and pnictides“ erhielt Dr. Anton Jesche (Institute of Physics, Universität Augsburg), und den Preis der DGKK zum Thema „Single crystal growth of various oxide materials for basic research and applications“ erhielt Dr. Andreas Erb (Walther Meißner Institut, Garching bei München).

Im Anschluss an den ersten Tagungstag fand noch die jährliche DGKK-Mitgliederversammlung statt, zu der alle Tagungsteilnehmer als Gäste eingeladen waren. Nach den Berichten des Vorsitzenden, der Schriftführerin, des Schatzmeisters und des Jahresrückblicks wurde über die Standorte und Termine der kommenden deutschen und internationalen Tagungen abgestimmt und diskutiert. So wurde beschlossen, dass die nächste DKT 2016 als gemeinschaftliche Tagung zusammen mit der Tschechischen Kristallzüchtungsvereinigung in Dresden stattfinden wird. Bei den Wahlen für den Vorstand und dessen Stellvertreter für die Jahre 2016 und 2017 wurde Dr. Wolfram Miller (IKZ, Berlin) als 1. Vorsitzenden und PD Dr. Andreas N. Danilewsky (Kristallographie, Universität Freiburg) als stellvertretender Vorsitzender der DGKK gewählt. Alle anderen Vorstandsmitglieder wurden in ihren Ämtern bestätigt.

Der Donnerstagmorgen setzte sich aus zwei Vortragssessions zu den Themen „Epitaxie“ (geleitet von Michael Heuken (AIXTRON AG, Aachen) und Stephanie Fritze (LayTec, Berlin)) und „Intermetallische & Oxide“ (geleitet von Dr. Andreas Erb) zusammen. Im Anschluss folgte eine zweistündige Poster Session, bei der insgesamt 17 Poster zu den verschiedensten Themen der Kristallzüchtung ausgestellt wurden. Hierbei konnte man mit den Ausstellern und anderen Interessierten über die Poster und Beiträge diskutieren und Fragen stellen. Dieses Jahr konnte man selbst kein Poster für den Posterpreis wählen, denn es gab zum ersten Mal ein Preiskomitee.

Der 2. Tagungstag endete nach der Poster Session mit der letzten, von Prof. Dr. Cornelius Krellner geleiteten Plenarsession mit drei eingeladenen Vorträgen. Prof. Dr. Arne Cröll (Kristallographie, Universität Freiburg) präsentierte die aktuellsten Ergebnisse seiner Weltraumexperimente, Prof. Dr. Alexandre Revcolevschi (Uni Paris/Sud) folgte mit dem Thema „Crystal growth, characterization and physical properties of correlated electron oxide crystals“ und Prof. Dr. Wolf Aßmus beendete die Plenarsession mit seinem interessanten Vortrag über „Skull Melting of Cubic Zirconia“.

Anschließend gab es eine kleine sehr interessante Führung auf dem Campus Westend und im Anschluss fand die Abschlussabendveranstaltung im Casino (Campus Westend) zum Ausklang statt. Hierbei wurde, neben Danksagungen, der diesjährige Posterpreis an Frederic Hofherr (Kristallographie, Universität Freiburg) für das Thema „Zinnsulfid: Bridg-

manzüchtung und Züchtung aus der Gasphase im Vergleich“ verliehen. Dazu gab es ein ausgezeichnetes Abendbuffet in einem angenehmen Ambiente.

Am Freitagvormittag gab es noch zwei letzte Vortragssessions zu den Themen „Silicium“ (geleitet von Prof. Dr. Peter Rudolph (CTC Berlin)) und „Kinetik & Methoden“ (geleitet von Wolfram Miller (IKZ Berlin)), welche mit ein paar kurzen Schlussworten und einer Führung durch das Kristall- und Materiallabor abgeschlossen wurden. Somit fand die diesjährige Kristallzüchtungstagung einen schönen Ausklang und wir freuen uns auf die nächste Deutsche Kristallzüchtungstagung in Dresden.

Abschließend möchten wir der DGKK recht herzlich danken, dass wir durch ihre finanzielle Unterstützung die Möglichkeit hatten, zu dieser Tagung zu reisen und daran teilnehmen konnten.

Die letztjährige DGKK-Tagung in Halle hatte mich (Katja Rieβle) schon sehr fasziniert, deshalb hatte ich mich auf die diesjährige in Frankfurt am Main sehr gefreut, da ich einen noch

tieferen Einblick in die Themen rund um die Kristallzüchtung erhielt. Ebenfalls bekam ich noch mehr neue Orientierungsmöglichkeiten für die Zukunft, welche durch die parallele Industrieausstellung unterstützt wurde.

Besonders gut gefallen hat uns der familiäre Umgang untereinander, wodurch es leicht die Möglichkeit gab, neue interessante Kontakte zu knüpfen und alte gewonnene zu pflegen. Zwar konnte man als Student immer noch nicht jedem Vortrag zu 100% folgen, aber man konnte durchaus einiges der theoretischen und praktischen Lehrinhalte in den Vorträgen wiederfinden. Wie auch letztes Jahr war für uns die Industrieexkursion für die junge DGKK zur Schott AG in Mainz ein persönliches Highlight, da hier die bereits im Studium gelernten Inhalte der Technik und des Materials hautnah und in beeindruckender Größe vorgestellt wurden und man so einen interessanten Einblick in die moderne Technik und Anwendung für die verschiedensten Materialien erhalten hat.

[1] Prinz Ruprechts Tropfen.

URL: <http://www.looduskalender.ee/de/node/4418>

Abruf: 01.04.2015

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

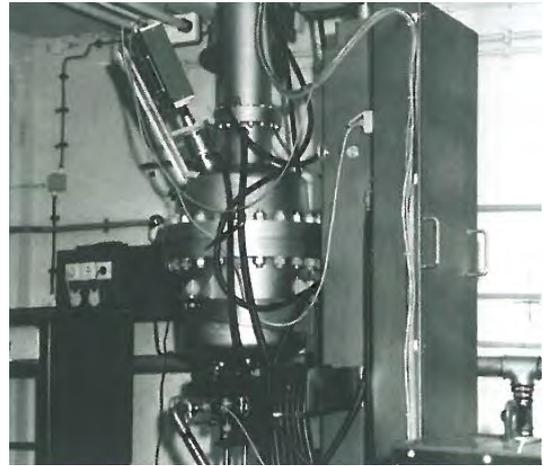
20 Jahre Freiburger Compound Materials GmbH (FCM)

Stefan Eichler und Berndt Weinert, Freiburger Compound Materials GmbH, Freiberg / Sachsen



Gründung der VEB Spurenmetalle Freiberg (1957)

Foto: FCM-Archiv



1981 wurde die Anlage zur Züchtung von Galliumphosphid in Betrieb genommen.

Foto: FCM-Archiv

Am 31. August 1995 wurde die Freiburger Compound Materials GmbH (FCM) gegründet. Die bundesweiten Aktivitäten im Bereich der Herstellung von GaAs-Einkristallen wurden so in Freiberg gebündelt und heute ist FCM Weltmarktführer im Bereich GaAs in Mobilfunkanwendungen.

Aber die Aktivitäten in Freiberg auf diesem Gebiet reichen weit zurück. Das Institut für Nichteisenmetalle entwickelte ab 1949 Technologien zur Herstellung von Elektronikwerkstoffen.

1957 wurde dann der VEB Spurenmetalle Freiberg (SMF) gegründet. Ziel war die Entwicklung und Produktion von Reinstoffen und Halbleitermaterialien wie Ge, Si, Ga, As etc. Bald nach seiner Gründung wurde das Labor in der Brandter Straße zu klein, um den steigenden Bedarf an Elektronikmaterialien zu decken. So wurde 1960 mit dem Bau einer Großproduktionsanlage begonnen, die eine deutliche Steigerung der

Produktion von Germaniumdioxid ermöglichte. Darüber hinaus erfolgte die Einkristallzüchtung von Ge- und später von Si-Einkristallen und Wafern. In den folgenden Jahren wurde viele Anlagen zur Synthese und Kristallzüchtung selbst entwickelt und gebaut. 1981 erfolgte der Baubeginn eines neuen Werkes für Kristallzüchtung, das fünf Jahre später die Produktion aufnahm.

1989 hatte VEB Spurenmetalle 1800 Beschäftigte und wurde dann 1990 in die Freiburger Elektronikwerkstoffe GmbH (FEW) umfirmiert. Im Jahr 1990 wurde die GaAs-Fertigungstechnik von der Wacker Siltronic AG übernommen. Die Anlagen konnten 1 Jahr später in Betrieb genommen werden. Dann begannen die Jahre der Umstrukturierung. Zunächst einmal wurde die FEW durch die Horst Plaschna Management GmbH & Co KG übernommen. Diese erklärte nach kurzer Zeit die FEW für sanierungsfähig aber schwer bzw. nicht verkaufbar.

Mit der Übernahme der Geschäftsleitung durch Dr. Werner Freiesleben wendet sich das Blatt aufgrund seines Konzepts, drei Geschäftsfelder getrennt zu privatisieren. Aus dem Geschäftsfeld Siltronic wird die Bayer Solar GmbH (heute Solar World AG) gegründet. Am 4. August 1994 wird mit fast 300 Mitarbeitern die Wacker Siltronic GmbH (heute Siltronic AG) durch den Wacker-Konzern ausgegründet. Und schließlich übernimmt Federmann Enterprises Ltd. den Bereich GaAs mit 81 Mitarbeitern und gründet die Freiburger Compound Materials GmbH. Bereits wenige Tage nach der Übernahme am 31.8.1995 wurde der Grundstein für ein neues Firmengebäude gelegt.

Dieses konnte bereits zwei Jahre später eingeweiht werden, und so begann neben der Produktion von LEC-GaAs-Kristallen und Wafern die Entwicklung des Vertical-Gradient-Freeze (VGF)-Verfahrens zur Herstellung von GaAs.

Dieses ist heute das Standard-Verfahren zur Herstellung von



Einweihung des neuen Produktionsgebäudes im Jahre 1997: Schlüsselübergabe mit Dr. T. Flade, Dr. W. Berger und M. Federmann (von links nach rechts).

Foto: FCM-Archiv



1998 werden die Anlagen für die Massenproduktion von GaAs nach dem Liquid-Encapsulated Czochralski-Verfahren in Betrieb genommen. Foto: FCM-Archiv

GaAs-Einkristallen und hat sich gegenüber dem Liquid-Encapsulated-Czochralski-(LEC)-Verfahren durchgesetzt. Ende der Neunziger Jahre wächst der Bedarf nach GaAs aufgrund der Zunahme der Mobiltelefone rasant, und so wird im Frühjahr 2000 der Grundstein für die Fab 2 gelegt. Ein Jahr später konnte die neue Fabrik in Betrieb genommen werden.

FCM züchtete 2000/2001 weltweit erstmals GaAs-Kristalle



FCM wird 2013 mit dem Deutschen Rohstoffeffizienz-Preis für die Entwicklung eines Verfahrens zum Galliumrecycling aus Industrieabwässern ausgezeichnet. Foto: FCM-Archiv

mit 200 mm Durchmesser, sowohl für das LEC- als auch für das VGF-Verfahren. Dabei kamen sowohl das VGF- als auch das LEC-Verfahren zum Einsatz.

Mit kontinuierlich begleitender Forschung zu Prozess und Produkt konnte sich FCM auch in schwierigen Zeiten auf dem Weltmarkt behaupten und ist heute 20 Jahre nach seiner Gründung Weltmarktführer für GaAs in Mobilfunkanwendungen.

Bericht vom DGKK-Arbeitskreis „Massive Halbleiter“, 7.-8. Oktober 2015 in Berlin

Matthias Bickermann, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)

Der Arbeitskreis verhandelt Themen zur „Herstellung und Charakterisierung von massiven Halbleiterkristallen“, die zu meist für Substrate für die Leistungs- und Optoelektronik verwendet werden. Im Arbeitskreis verschiebt sich der inhaltliche Fokus kontinuierlich weg von den klassischen Halbleitern (GaAs und InP) hin zu den Halbleitern großer Bandlücke (zuerst SiC, heute GaN und AlN, zukünftig vielleicht auch oxidische Halbleiter). Dazu kommt die Herstellung von multikristallinem Silizium. In den letzten Jahren immer zwischen Erlangen und Freiberg alternierend durchgeführt, wurde das Treffen wieder einmal (zum ersten Mal seit 2001) am IKZ in Berlin-Adlershof abgehalten. 18 Beiträge wurden gegeben, und mit 45 Teilnehmern war das Arbeitskreistreffen wieder sehr gut besucht.

Im Fokus des Treffens stand diesmal die Herstellung von Galliumnitrid (GaN)-Volumenkristallen und freistehenden Dickschichten mit der Hydrid-Gasphasenepitaxie (HVPE) aus Ga, HCl und Ammoniak, sowie die Charakterisierung dieses Materials. Trotz der relativ teuren Herstellung werden für GaN-Substraten Anwendungsbereiche gesehen, die sich mit der dominierenden Heteroepitaxie auf Saphir, Silizium oder auch SiC nicht gut bedienen lassen (z.B. Laserdioden und Leistungselektronik-Bauelemente). Starke Beiträge kamen hier aus der TU Freiberg, wo mehrere Institute eng mit der Firma Freiberger Compound Materials zusammenarbeiten. Die Züchtung von Aluminiumnitrid (AlN), das für die UV-Optoelektronik Verwendung finden soll, wurde mit zwei Beiträgen aus dem IKZ gewürdigt.

Vier Vorträge aus dem IKZ, dem Fraunhofer IISB (Erlangen) und PVA (Jena) behandelten die Technologie der Siliziumstarrung und die Charakterisierung der Solarwafer. Entgegen häufiger Annahmen finden auch in Deutschland immer noch relevante Aktivitäten zur Weiterentwicklung dieser Technologie statt (z.B. neue Tiegelmateriale, Kristmag®-Heizer, Analyse von Spurenelementen). Abgerundet wurde das Treffen mit Beiträgen zu Punktdefekten in GaAs (München), Herstellung von Kristallen aus CdZnTe (AIM, Heilbronn) und SrTiO₃ (IKZ) sowie der optischen Charakterisierung von Germaniumkristallen und der Röntgentopographie von GaN. Am Schluss wurde noch eine sehr interessante, in Deutschland entwickelte Technologie zum Spalten von Substraten (Sillectra, Dresden) vorgestellt.

Das gesellige Beisammensein und der Informationsaustausch bei den Kaffeepausen und bei der sehr gelungenen Abendveranstaltung in Köpenick, einem sehr wichtigen Bestandteil des Treffens, wurde Dank Sponsoring durch die Firmen Freiberger Compound Materials und Auteam Industrie-Elektronik (Berlin) ermöglicht, so dass auch diesmal kein Teilnehmerbeitrag erhoben werden musste.

Der Arbeitskreis ist lebendig und aktiv, die deutschlandweiten Akteure im Arbeitsfeld beteiligen sich, neue Themen werden aufgegriffen und es wird offen und sehr freundschaftlich diskutiert. Mein Dank gilt den Helfern im IKZ sowie allen Vortragenden und Teilnehmern. Das nächste Treffen des Arbeitskreises findet im Oktober 2016 in Erlangen statt.

Halbleiterexperten treffen sich in Dresden – Hohe Resonanz für Kristallzüchtungstagung mit Bedeutung für den Mikroelektronikstandort Sachsen

Etwa 170 Fachleute aus Wirtschaft und Wissenschaft trafen sich vom 16. bis 18. März zur Deutschen Kristallzüchtungstagung DKT2016 in Dresden. Neben der Diskussion neuester Forschungsergebnisse zur Herstellung von Kristallen und dünnen kristallinen Schichten war die Bedeutung der Kristall- und Schichtherstellung für den Technologiestandort Sachsen ein Schwerpunkt der Konferenz. Die DKT2016 stand unter der Schirmherrschaft der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V. (DGKK) und wurde als „1st German Czechoslovak Conference on Crystal Growth (GCCCCG-1)“ gemeinsam mit den tschechischen Kollegen von der Czechoslovak Association of Crystal Growth (CSACG) durchgeführt. Organisiert wurde die DKT2016 durch die TU Dresden, das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, die NaMlab gGmbH Dresden und das Fraunhofer THM Freiberg.



Siliziumkristall mit 300 mm Durchmesser, hergestellt in Freiberg nach dem sogenannten Czochralski-Verfahren, das vor 100 Jahren von Prof. Jan Czochralski erfunden wurde. Bild: Siltronic AG



Preisübergabe des DGKK-Nachwuchspreises an Dr. O. Supplie, TU Ilmenau (Mitte) zusammen mit (v.l.n.r.): Prof. M. Mühlberg, Uni Köln, Prof. M. Heuken, Aixtron (Mitglieder der Preisjury), Dr. W. Miller, IKZ Berlin (Vorsitzender der DGKK, 4.v.l.) und Dr. J. Friedrich, Fraunhofer THM Freiberg (Chairman der DKT2016).

Bild: Thomas Jauss, Freiburg

Etwa 170 Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft fanden sich vom 16. bis 18. März 2016 im Görjesbau der TU Dresden zur DKT2016 / GCCCCG-1 ein, um die neuesten Forschungsergebnisse zur Herstellung von Kristallen und von dünnen kristallinen Schichten mit speziellen physikalischen Eigenschaften auszutauschen und zu diskutieren. Die Entwicklung neuer Kristalle bzw. kristalliner Schichten eröffnet zahlreiche neue Anwendungsmöglichkeiten in der Informations- und Kommunikationstechnik, wie z.B. energieeffizientere elektrische Antriebslösungen, verlustärmere Stromleitungen, energiesparende Beleuchtungskonzepte, die preisgünstigere Erzeugung und Einbindung regenerativer Energien oder innovative Verfahren in der Fertigungs-, Prüf- und Medizintechnik. Für diese Märkte spielen sowohl Halbleitermaterialien wie Silizium, Galliumarsenid, Siliziumkarbid und Galliumnitrid als auch oxidische Kristallmaterialien eine große Rolle. Die Herstellung derartiger Kristalle nennt man „Kristallzüchtung“ und deren künstlich bedingte Größenzunahme „Kristallwachstum“. Unter der Schirmherrschaft der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V. (DGKK) wurde die DKT2016 / GCCCCG-1 gemeinsam mit der Czechoslovak Association of Crystal Growth (CSACG) durchgeführt.

Ein Schwerpunkt der DKT2016 / GCCCCG-1 lag darin, die

Bedeutung der Kristallzüchtung für den Technologiestandort Sachsen zu beleuchten. Vor 100 Jahren erfand Prof. Jan Czochralski das nach ihm benannte Kristallzüchtungsverfahren, bei dem ein Einkristall aus der Schmelze gezogen wird. Heute ist das Czochralski-Verfahren das mit Abstand wichtigste Kristallzüchtungsverfahren. Damit werden vor allem Halbleiterkristalle für die Mikroelektronik und die Photovoltaik, aber auch Oxidkristalle für Laser- und Sensoranwendungen hergestellt. Für den Freistaat Sachsen als weltweit bedeutender Mikroelektronikstandort ist das Czochralski-Verfahren eine technologisch wichtige Basis. Ohne die Erfindung von Czochralski würden in Freiberg nicht die Halbleiterkristalle produziert, die in Dresden zu elektronischen Bauelementen weiterverarbeitet werden, und es gäbe weniger Forschungsmöglichkeiten, wie sich Kristall- und Bauelementherstellung verbessern lassen.

Neben über 70 Vorträgen und Posterpräsentationen über aktuelle Forschungsergebnisse bot die DKT2016 dem Fachpublikum eine Industrieausstellung, auf der einschlägige Firmen ihre Innovationen im Bereich der Kristall- und Schichtherstellung vorstellten. Im Rahmenprogramm der Konferenz wurden auch die Forschungspreise der DGKK vergeben.

So erhielt Dr. O. Supplie von der TU Ilmenau den DGKK-Preis

für Nachwuchswissenschaftler. Durch seine Arbeiten hat Herr Supplie wesentlich zu einem besseren Verständnis der metallorganischen Gasphasenabscheidung von III-V-Halbleitern auf Silizium beigetragen, insbesondere bezüglich der Nukleation der III-V-Verbindungen auf der Siliziumgrenzfläche. Herr J. Erlekampf vom Fraunhofer IISB in Erlangen wurde für seinen Vortrag über die Erhöhung der Ladungsträgerlebensdauer im Halbleitermaterial Siliziumkarbid mit dem DGKK-Best-Paper-Award ausgezeichnet. Die Posterpräsentation über die Volumenkristallzüchtung von Silizium-Germanium-Mischkristallen

von Frau S. Weit von der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg wurde mit dem DGKK-Best-Poster-Award honoriert.

Ansprechpartner:

Dr. Jochen Friedrich
 Fraunhofer THM
 Am St. Niclas Schacht 13, 09599 Freiberg/Sachsen
 Tel.: +49 3731 2033 121
 Fax: +49 3731 2033
 info@thm.fraunhofer.de
 www.thm.fraunhofer.de



Herr J. Erlekampf vom Fraunhofer IISB Erlangen wurde mit dem DGKK-Best-Paper-Award für seinen Vortrag über die Erhöhung der Ladungsträgerlebensdauer im Halbleitermaterial Siliziumkarbid ausgezeichnet.

Bild: Thomas Jauss, Freiburg



Frau S. Weit von der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg erhielt vom Vorsitzenden der DGKK W. Miller für ihre Posterpräsentation über die Volumenkristallzüchtung von Silizium-Germanium Mischkristallen den DGKK-Best-Poster-Award.

Bild: Thomas Jauss, Freiburg



Von den 170 Teilnehmern der DKT2016 / GCCCG-1 kamen etwa 30% aus dem Freistaat Sachsen. Dies unterstreicht nochmals die Bedeutung der Kristallzüchtung für den Mikroelektronikstandort Sachsen.

Bild: Thomas Jauss, Freiburg



Gut besucht war auch die Industrieausstellung, bei der einschlägige Firmen ihre neuesten Produkte aus dem Bereich der Kristall- und Schichtherstellung dem Fachpublikum vorstellten.

Bild: Thomas Jauss, Freiburg

Protokoll der Mitgliederversammlung 2016

Anwesende:

DGKK-Mitglieder:

W. Aßmus, M. Bickermann, A. Cröll, K. Dadzis, A. Danilewsky, Ch. Ehlers, St. Eichler, A. Erb, T. Flade, Ch. Frank-Rotsch, B. Freudenberg, J. Friedrich, P. Gille, K. Giziewicz, P. Görnert, A. Jesche, M. Heuken, T. Jauß, L. Kadinski, F.-M. Kießling, C. Kreller, W. Löser, K.-D. Luther, G. Meistererst, A. Miller, W. Miller, A. Molchanov, M. Mühlberg, D. Oriwol, St. Riepe, F. Ritter, P. Rudolph, D. Siche, T. Sorgenfrei, L. Stockmeier, O. Supplie, L. Syl-la, F. Täubner, N. von Well, P. Wellmann, B. Weinert, S. Wurmehl, J. Zähriger

Gäste:

Ort:

Görges-Bau der Technischen Universität (TU) Dresden, Dresden

Zeit:

Mittwoch, 16. März 2016, 19:00 Uhr

TOP 1 Begrüßung und Feststellen der Beschlussfähigkeit

Es sind 43 Mitglieder anwesend, d.h. laut Satzung ist die Versammlung beschlussfähig. Der Vorsitzende der DGKK Wolfram Miller begrüßt die anwesenden Mitglieder.

Er begrüßt besonders die Mitglieder, die kürzlich der DGKK beigetreten sind und gratuliert den Jubilaren des letzten Jahres.

Wilfried von Ammon feierte den 65. Geburtstag und

Klaus Jacobs und Peter Rudolph feierten ihren 70. Geburtstag.

Er gratuliert der Freiburger Compound Materials zum 20-jährigen Firmenjubiläum und weist auf das Jubiläum „100 Jahre Czochralski-Verfahren“ hin.

Er gratuliert allen Preisträgern, die im vergangenen Jahr auf dem Gebiet der Kristallzüchtung eine Auszeichnung erhielten, insbesondere dem diesjährigen Preisträger des DGKK-Nachwuchspreises Herrn Dr. Oliver Supplie.

Leider sind auch langjährige Mitglieder und der DGKK nahestehende Persönlichkeiten für immer von uns gegangen. Die DGKK-Mitgliederversammlung gedenkt der Verstorbenen:

Rolf Gremmelmaier (Erlangen)

Theo Hahn (Aachen)

Jan Vanhellemont (Gent)

Hans-Jörg Axmann (Leipzig/Erlangen)

TOP 2 Bericht des Vorsitzenden

Der Bericht des Vorsitzenden W. Miller (seit 01.01.16) beginnt mit einer Übersicht über Veranstaltungen, die unter

Schirmherrschaft und Beteiligung der DGKK im letzten Jahr stattgefunden haben.

Insgesamt haben ca. 940 Teilnehmer an diesen Veranstaltungen teilgenommen. Er weist insbesondere auf den 8th Int. Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells (CSSC-8) mit 140 Teilnehmern hin. Hier wurde auch ein Posterpreis der DGKK vergeben. Besonders erfreulich war bei diesem Workshop die hohe Beteiligung von Teilnehmern aus der Industrie von 40%.

Ein weiterer Höhepunkt der Veranstaltungen auf dem Gebiet der Kristallzüchtung war 2015 die 5. Europäische Kristallzüchtungskonferenz (ECCG-5) in Bologna mit 350 Teilnehmern und der vorangegangenen Europäischen Kristallzüchtungsschule (ESCG-1) mit einer erfreulich hohen Teilnehmerzahl von 90.

Die DGKK hatte sich aktiv bei der Vorbereitung der Tagung mit eingebracht und einen Posterpreis für einen jungen Teilnehmer der ECCG-5, welcher auch die Schule besuchte, vergeben.

Weiterhin gab W. Miller einen Überblick zu Tagungen die in Kürze auf dem Gebiet der Kristallzüchtung stattfinden werden, hier ist besonders auf die im August in Japan stattfindende internationale Kristallzüchtungsschule (ISCG-16) und die internationale Kristallzüchtungskonferenz (ICCG-18) hinzuweisen. Er erinnert in diesem Zusammenhang an die Möglichkeit für junge Wissenschaftler, einen Antrag auf Reisekostenzuschuss zu stellen. Anträge zur ISCG-16 bzw. ICCG-18 sollten bis zum 15. April an den Vorstand gestellt werden.

Die DGKK ist gegenwärtig auf der internationalen Ebene gut sichtbar. Die DGKK arbeitet mit anderen Verbänden und Organisationen zusammen, beispielsweise mit dem European Network on Crystal Growth, welcher sich während der ECCG-5 in Bologna traf. Die nächste europäische Kristallzüchtungskonferenz ECCG-6 wird zusammen mit einer Schule im September 2018 in Bulgarien in der Nähe von Varna stattfinden.

Die DGKK ist weiterhin in der Internationalen Organisation für Kristallzüchtung (IOCG) mit drei Vertretern im Council vertreten. Die Vertreter der DGKK im IOCG Council sind traditionell der Vorsitzende, der Schriftführer und der ehemalige Vorsitzende der DGKK. Hier trat zum Jahresanfang auch ein Wechsel ein. W. Miller dankt dem ausgeschiedenen Council-Mitglied P. Rudolph für seine engagierte Arbeit in den letzten Jahren.

Für die Periode 2016-19 wurden der Vorstand und das Executive Committee neu gewählt. K. Kakimoto ist neuer Präsident der IOCG. Der Vorstand gratuliert in diesem Zusammenhang M. Heuken zur Wiederwahl ins Executive Committee.

Die DGKK setzt auch die Zusammenarbeit mit der International Union of Crystallography und der Deutsche Gesellschaft für Kristallographie fort. Der Vorsitzende informiert weiterhin

über den unveränderten Zustand der Bundesvereinigung Mat-Werk, einem Zusammenschluss von über 30 Vereinigungen auf dem Gebiet der Materialwissenschaften, dem die DGKK 2007 beigetreten ist. Die DGKK wird die Entwicklungen weiter verfolgen. Die DGKK hatte einen Vorschlag zur Wahl der DFG-Fachkollegien vorbereitet, sie wurde aber im Gegensatz zu den vergangenen Wahlen nicht zu einem Vorschlag eingeladen.

Im Jahr 2015 ist das 100. Mitteilungsblatt erschienen, dieses wurde langfristig vorbereitet. Es geht ein herzlicher Dank an das Redaktionsteam von MB 100.

Wie bereits in den letzten Mitgliederversammlungen berichtet, hat sich der Vorstand zum langfristigen Ziel gesetzt, die Außendarstellung der DGKK zu verstärken. Hierzu gehört auch die Organisation und Beteiligung an Ausstellungen zur Kristallzüchtung. Besonders zu erwähnen ist die Ausstellung: „KRIMI - Faszination Kristallographie“ im Haus der Wissenschaft in Bremen unter Beteiligung von R. Fischer und M. Mühlberg sowie die Wanderausstellung ALL.täglich! - die IN-NOspaceExpo, welche z.Z. in Berlin ist, hier gilt C. Reimann, A. Cröll und M. Fiederle besonderer Dank.

Prof. Tolksdorf übergab im letzten Jahr einige Granatkristalle an das ISSB in Erlangen als Spende für die dortige Ausstellung, hierfür sei ihm herzlich gedankt.

W. Miller informiert, dass das „Archiv der DGKK“ unabhängig vom Vorsitz jetzt im IKZ in Berlin eingerichtet wurde. Hier werden alle historisch interessanten Unterlagen der DGKK, wie z.B. das Protokoll der Gründungsversammlung, gesammelt und aufbewahrt.

Im Anschluss an den Bericht des amtierenden Vorsitzenden gab J. Friedrich einen kurzen Rückblick über seine Amtszeit 2012-2015 als Vorsitzender der DGKK. Nach seiner Wahl 2011 hatte er sich für die Arbeit des Vorstandes die vier nachfolgenden Ziele gesetzt:

- DGKK-Veranstaltungen als wissenschaftliche Diskussions- und Netzwerkplattformen fortführen!
- Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses vorantreiben!
- Vertretung der Kristallzüchtungsinteressen durch „kritische Größe“ sicherstellen!
- Außendarstellung über die Bedeutung der Kristallzüchtung und Epitaxie verbessern

J. Friedrich ging in seinem Bericht auf das wesentlich Erreichte der letzte vier Jahre seiner Amtszeit als Vorsitzender ein. So gelang es, die Teilnehmerzahl an Veranstaltungen zur Kristallzüchtung und nahen Themen deutlich zu steigern. Er appellierte an die Anwesenden, dran zu bleiben und diesen Trend fortzusetzen. Ein Highlight zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses stellte der Schülerwettbewerb „Wer züchtet den schönsten Kristall?“ dar. Insgesamt beteiligten sich mehr als 2000 Schüler an diesem Wettbewerb. Ein besonderer Dank ging an dieser Stelle an P. Gille für sein Engagement bei der Durchführung des Wettbewerbs. Weiterhin ist die Außendarstellung der DGKK verstärkt worden,

hier seien z.B. der Druck eines DGKK-Flyers, des Branchenatlasses und die Organisation von Ausstellungen erwähnt. Erfreulicherweise konnte auch die Anzahl kooperativer Mitglieder erhöht werden. J. Friedrich schloss seinen Bericht mit einem Dank an seine Vorstandskollegen. Anschließend dankte W. Miller im Namen der Mitgliedschaft J. Friedrich für seine geleistete Arbeit.

Der Bericht des Vorsitzenden endete mit einem kurzen Ausblick des neuen Vorsitzenden W. Miller zu den nachfolgenden Kernpunkten, die er in seiner Amtszeit in den Mittelpunkt stellen möchte:

- **Sichtbarkeit (der DGKK und der Kristallzüchtung)**
 - Außendarstellung, Lobbyarbeit, MB
- **wissenschaftlicher Nachwuchs**
 - Schulen , Kristallzüchtungswettbewerb
- **DGKK-Veranstaltungen als wissenschaftliche Diskussions- und Netzwerkplattformen**
 - Neue Themen, andere Communities
- **Vernetzung durch Aktivitäten mit anderen Organisationen**
 - DGK, DGM, DPG, ...

Bei der anschließenden Diskussion zum Bericht des Vorsitzenden wurden folgende Themen angesprochen und diskutiert:

- M. Mühlberg merkte an, dass im Branchenatlas keine Aktivitäten in Mecklenburg-Vorpommern enthalten sind.
- Die Anwesenden plädieren dafür, dass der Branchenatlas auch weiterhin aktualisiert und vervollständigt werden sollte, Möglichkeiten hierzu werden vom Vorstand geprüft.
- P. Rudolph ergänzte, dass im Ausblick der zukünftigen Vorstandsarbeit auch die internationale Verknüpfung der DGKK mit aufgenommen und verfolgt werden sollte.

TOP 3 Bericht der Schriftführerin

Die Mitgliederzahl der DGKK ist gegenwärtig zum Stand 01.03.16 relativ stabil bei 370, dies entspricht einer Veränderung von „-5“ im Vergleich zu 2015. Im Jahr 2015 war ein Rückgang nach der letzten Mahnaktion zu verzeichnen gewesen.

Von den 370 Mitgliedern sind 322 Vollmitglieder, 29 Studenten und 19 Firmen.

Die Schriftführerin bat die Mitglieder, Veränderungen bei den persönlichen Daten mitzuteilen, denn es ist nicht möglich, danach zu recherchieren.

TOP 4 Bericht des Schatzmeisters und der Kassenprüfer

Sparkasse Karlsruhe	: 13.216,23 €
Tagesgeldkonto	: 12.321,85 €
	25.538,08 €

Der Kassenstand hat sich im Vergleich zu 2014 um 62,85 € erhöht und ist zurzeit sehr stabil. Die Einnahmen kamen auch 2015 zum Großteil aus den Mitgliedsbeiträgen und aus Einnahmen für Anzeigen im Mitteilungsblatt sowie aus Tagungsüberschüssen. Weiterhin stellt P. Wellmann einen Ausgabeplan für 2016 vor. Um die geplanten Kosten zu decken, ist 2016 die Auflösung eines Teils der Rücklagen geplant.

M. Heuken wies auf die Möglichkeit hin, eventuell bei Forschungsanträgen von DGKK-Mitgliedern finanzielle Mittel für Lobbyarbeit zu beantragen, hieraus könnte eine mögliche Einnahmequelle für die Gesellschaft erschlossen werden.

P. Rudolph fragte an, welche Zahlungsmöglichkeiten für ausländische Mitglieder bestehen, in diesem Zusammenhang wurde angeregt, die Möglichkeit eine Bezahlung über Paypal zu prüfen.

Die Kassenprüfung erfolgte durch U. Wunderwald und F. Ritter.

Der Bericht von F. Ritter bestätigt eine sehr ordentliche Kassenführung. Er dankt dem Schatzmeister für die sehr übersichtliche Kassenführung. Es wurden keine Abweichungen festgestellt, alle Buchungen waren sehr gut nachvollziehbar.

TOP 5 Entlastung des Vorstandes

Aus den Reihen der Mitglieder beantragt F. Ritter die Entlastung des Vorstandes:

Der Antrag wird einstimmig angenommen, wobei sich der Vorstand bei der Abstimmung enthielt.

TOP 6 Diskussionen über Tagungen und Symposien

Es wird, vorgeschlagen, die Kristallzüchtungstagung im nächsten Jahr in Freiburg im Breisgau als gemeinsame Tagung mit den Schweizer Kollegen als **Deutsch-Schweizer Kristallzüchtungstagung DSKT 2017** durchzuführen.

St. Riepe, der gemeinsam mit T. Sorgenfrei und E. Giannini die Tagung organisieren wird, nennt als Termin der DSKT 2017 den **08.-10. März 2017** an der Universität Freiburg und stellt kurz den gegenwärtigen Stand der Vorbereitung vor und bekräftigte seine Bereitschaft zur Organisation. Er würde sich freuen, wenn er wieder viele Teilnehmer auch in Freiburg begrüßen könnte. Es ist auch ein Treffen für die junge DGKK geplant. Dieses soll am Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme am **07. März 2017** stattfinden.

Nachfolgend erfolgte eine einstimmige Annahme des Vorschlages zur Kristallzüchtungstagung 2017 bei drei Enthaltungen.

Nachfolgend erfolgt eine Information zum möglichen Tagungs-ort für das Jahr 2018. Die Vorplanung für 2018 hat begonnen. B. Nacke von der Universität Hannover ist bereit diese zu organisieren und es wird überlegt eventuell diese Tagung in Zusammenarbeit mit Kollegen aus Riga vorzubereiten.

TOP 7 Berichte zu den DGKK – Arbeitskreisen

Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung:

L. Kadinski berichtet, dass der Arbeitskreis zurzeit ruht und sich 2015 nicht getroffen hat.

Epitaxie von III/V – Halbleitern:

M. Heuken berichtet über die Aktivitäten des größten Arbeitskreises. Im Jahr 2015 trafen sich ca. 110-120 Teilnehmer in Göttingen. Dieses Arbeitskreis-Treffen wurde verbunden mit einem BMBF-Projekt-Statustreffen der Firma FCM. Die Teilnehmer sind zum Teil eher angereist, um auch an diesem Statustreffen teilzunehmen.

Diese Organisationsform fand rege Zustimmung und bot Gelegenheit zum Informationsaustausch zu potentiellen neuen Projekten. Das nächste Treffen ist für den 08./09. Dezember 2016 in Duisburg geplant.

Arbeitskreis Massive Verbindungshalbleiter:

P. Wellmann: Der letzte Arbeitskreis fand am IKZ in Berlin im Oktober mit ca. 50 Teilnehmern statt. Das nächste Treffen soll am 12./13. Oktober 2016 in Erlangen stattfinden.

Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelation:

A. Erb berichtet vom letzten Treffen, welches in Augsburg stattgefunden hat. Der Arbeitskreis war mit 57 Teilnehmern gut besucht, es nahmen auch einige Kollegen aus Tschechien teil. Das nächste Treffen ist für den Zeitraum 28./29.09.16 am IFW in Dresden geplant.

Kinetik:

W. Miller berichtet, dass es 2015 kein eigenes Kinetik-Seminar gab, sondern nur eine Beteiligung am Abschluss-Workshop des SPP 1296 der DFG.

Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik (Oxide):

M. Bickermann berichtet, im Auftrag des leider nicht Anwesenden K. Dupré, dass die Aktivitäten des Arbeitskreises im Rahmen des French-German Workshop on Oxide, Dielectric and Laser Crystals wieder zunehmen. Der nächste gemeinsame Workshop ist für den 15./16.09.2016 am IKZ in Berlin geplant.

Industrielle Kristallzüchtung:

G. Meisterernst informiert über das Treffen dieses noch relativ jungen Arbeitskreises am THM in Freiburg. Der Arbeitskreis stand 2015 unter dem Themenschwerpunkt „Gase – Vakuum“ und fand mit 50 Teilnehmern reges Interesse. 2016 ist wieder ein Treffen am THM geplant, an dieser Stelle ging ein Dank an die KollegInnen des THM für die Unterstützung des Arbeitskreises. Das nächste Treffen soll unter dem Thema „Leistung – Effizienz“ stehen. Der geplante Termin ist der 07./08.11.2016 in Freiburg.

Junge DGKK:

L. Stockmeier berichtet, dass sich „Die Junge DGKK“, wie bereits in den letzten Jahren, im Vorfeld der Kristallzüchtungstagung in Dresden am IFW traf. Es konnte ein sehr

interessantes Programm mit 5 vorlesungsartigen Beiträgen und einer Postersitzung mit 20 Postern gestaltet werden. Es nahmen insgesamt ca. 40 junge Wissenschaftler am Treffen teil. Die Exkursion zum NaMLab fand großes Interesse.

W. Miller dankt allen Arbeitskreissprechern.

TOP 8 Verschiedenes

W. Miller informiert, dass die Web-Seiten der DGKK wieder aktualisiert wurden und bittet um Informationen zu eventuellen Änderungswünschen.

Das Erscheinen des Mitteilungsblatts 101 ist kurzfristig inklusive des heutigen Protokolls geplant. Er informiert, dass der Vorstand nach einer längerfristigen Lösung sucht, um das

pünktliche Erscheinen sicherzustellen. Hier werden gegenwärtig zwei Optionen geprüft. Er weist darauf hin, dass das Mitteilungsblatt nur so gut sein kann, wie die Informationen, die bei der Redaktion eingehen, daher appelliert er an die Mitgliederversammlung Beiträge einzureichen.

Es liegen keine weiteren Anfragen von Seiten der Mitglieder vor.

W. Miller schließt um 20:30 Uhr die Mitgliederversammlung und bedankt sich bei allen Anwesenden für ihre Aufmerksamkeit und Diskussionsbeiträge.

Christiane Frank-Rotsch

Wolfram Miller

Schriftführerin der DGKK

Vorsitzender

Tagungsbericht zur GCCCG / DKT 2016 vom 16.-18. März in Dresden

Franz Kamutzki, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin

Die diesjährige Tagung stellte ein Novum dar, da sich erstmals Experten aus Deutschland, Tschechien und der Slowakei trafen. So wurde die erste German Czechoslovak Conference on Crystal Growth (GCCCG) mit 170 Teilnehmern an der TU Dresden abgehalten. Das Treffen stand im Zeichen von Jan Czochralski, der vor genau 100 Jahren sein Kristallzüchtungsverfahren beschrieb, mit dem heutzutage ein Großteil aller Volumenkristalle hergestellt wird.

Passend dazu eröffnete R. Uecker die Konferenz mit einem historischen Abriss über Czochralski und seine Erfindung. Unter der Leitung von J. Friedrich folgten in der ersten Session weitere Präsentationen zu einem breiten Spektrum an Materialien wie Silizium, GaAs und YAG.

Die erste Nachmittagssession, geleitet von P. Wellmann, verschrieb sich dem Silizium. Besonders beeindruckend war hier der Vortrag von Y. Pichon, der die Herstellung von Si mit der Ribbon Growth Methode auf Substraten vorstellte. Es folgten weitere interessante Beiträge zu Fehlstellen, Wachstumssimulationen sowie Multi- und Solarsilizium. Nach einer kurzen Kaffeepause eröffnete M. Heuken die letzte Session des Tages, die sich der Epitaxie widmete. Zum Abschluss überreichte W. Miller den DGKK-Young Scientist Award and O. Supplie, der dann seinen Vortrag zu GaP-on-Si hielt.

Der zweite Konferenztag startete mit fünf Beiträgen zum Thema Oxide. A. Erb führte durch Vorträge zu verschiedensten Materialien wie eisenbasierte Supraleiter, verschiedenste Szintillatormaterialien, Strontiumtitanat und neue oxid- und intermetallische Verbindungen. Herauszuheben ist sicher die Präsentation von K. Kliemt, die sich mit der Hochtemperatur-Lösungszüchtung der Reihe $SEERh_2Si_2$ und $CeRu_{1-x}Fe_xPO$ beschäftigte. Bevor es in die Mittagspause ging, wurden in der Charakterisierungssession, geleitet von J. Weber, unter anderem einige Unternehmen mit ihren Produkten vorstel-

lig. Zudem präsentierte C. Gugushev eine neue Mapping-Methode mit Röntgenbeugung.

Die Nachmittagssession wurde von T. Mikolajck geleitet und beschäftigte sich ausschließlich mit GaN. Anschließend folgte eine dreistündige Postervorstellung, in der in entspannter Atmosphäre über 32 Poster diskutiert und gefachsimpelt werden konnte. Der Abend klang danach beim Konferenzdinner mit leckerem Essen in gemütlichem Beisammensein aus. Dies beinhaltete auch die Verleihung des Preises für das beste Poster.

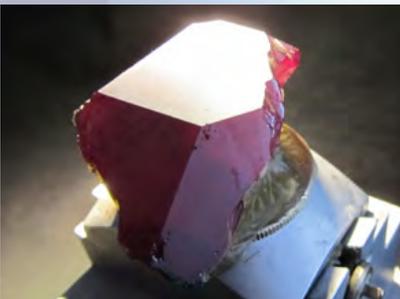
Der letzte Tag begann mit einer Fundamentals-Session unter der Leitung von G. Gerbeth, in der beispielsweise Nukleationskinetik in beengten Systemen oder Facetten und Wärmetransport während der Züchtung von Oxiden aus der Schmelze vorgestellt wurden. Nach kurzer Kaffeepause führte L. Kadinski durch die Microgravity- und SiC-Session. Unter den interessanten Vorträgen zu sehr speziellen Themen ist vor allem der von T. Sorgenfrei hervorzuheben, die das Wachstum von dotiertem Germanium unter μ -g- und 1g-Bedingungen untersuchte.

Thema der letzten Konferenzsession, die durch Z. Kozisek geleitet wurde, waren Dünnschichten. Als runder Abschluss wurden hier Diamantschichten, Zinkoxid auf Substraten und die Sol-gel-Methode als ein Weg zu Funktionsmaterialien vorgestellt. Im Anschluss wurde der Preis für die beste Präsentation vergeben und die Konferenz offiziell beendet.

Als Konferenzneuling war die CGGC-2016 ein besonderes Erlebnis für mich. Die gesamte Veranstaltung war prall gefüllt mit interessanten Inhalten und Personen. Um viele Erfahrungen und Eindrücke reicher, hat sich der Besuch der Konferenz in jeglicher Hinsicht gelohnt. Ich möchte mich hiermit für die finanzielle Unterstützung seitens der DGKK bedanken, die mir die Konferenzteilnahme ermöglichte.

SurfaceNet

Crystals



Crystal Puller

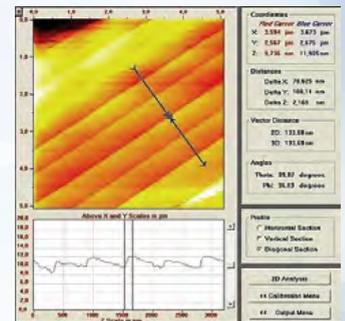


Wafers



Substrates Custom Parts

Analytical Services



Sputter Targets PLD Targets Custom Crystal Growth

SurfaceNet GmbH

Oskar-Schindler-Ring 7 · 48432 Rheine – Germany
Telefon +49 (0)5971 4010179 · Fax +49 (0)5971 8995632
sales@surfacenet.de · www.surfacenet.de

Report of GCCCG-1

Mohammad Yasseri, MSc Crystalline Materials, University of Freiburg

The 1st German-Czechoslovak conference on crystal growth (GCCCG-1) was held on March 16-18, 2016 at Dresden University of Technology, Germany. GCCCG-1 focused on topics where research is carried out currently in Germany and Czech Republic. This conference was not only a binational conference but also a number of groups and institutions from other countries (Belgium, Netherlands, Russia, U.S.A, etc.) had cooperated in the scientific works presented in this conference. More than 170 researchers and industrialists participated in this event which had made the conference very attractive. In this event the 100th anniversary of Prof. Jan Czochralski's invention was celebrated. The conference had a diverse program in which several interesting presentations on a variety of topics were offered.

The first session was held under the title of "100 years of Cz method". At the beginning of this session, a brief history of CZ method was presented by Dr. R. Uecker from Leibniz Institute for Crystal Growth, Berlin. After that, recent trends in silicon wafer demand and impact on CZ crystal manufacturing were introduced by Dr. A. Mühe, from the company Siltronic AG, Germany. These two invited talks were both fascinating and gave an overall view of the CZ method, introducing both historical aspects and current technologies of the method. Then Dr. S. Eichler gave a speech about the growth of GaAs mono-crystalline substrates through different methods of LEC and VGF. In this speech pros and cons, limitations, differences, and scalability of both crystal growth technologies were discussed. The first session was finished with a speech about new methods to grow large free YAG crystals given by M. Klejch.

The second session was allocated to silicon. The invited talk of this session was about the rapid growth of silicon and silicon alloys by the RGS (Ribbon Growth on Substrate) technique. P.Y. Pichon et al. had used this technique for energy applications resulting in unique microstructures and material properties as well as controlled crystal orientation and improved solar cell efficiencies. Another interesting segment of this session was given by L. Stockmeier from Fraunhofer THM about possible reasons for dislocation formation in heavily doped CZ grown silicon. He concluded that if facet length fluctuations are prevented, growing dislocation-free heavily doped silicon is possible. The second session ended with a speech titled "Properties of crystalline silicon layers grown on glass for photovoltaic applications". In this valuable work C. Ehlers et al. (Leibniz Institute for Crystal Growth, Berlin) had obtained very promising electrical and structural properties of the silicon layers which were grown through continuous deposition on a glass substrate by fixing a temperature gradient between a hot silicon source material and a cold glass substrate floating on a metallic solution.

The title of the third session was "Advanced Epitaxy". Two projects were introduced in this session; the first project was

about the growth of nanostructures by MOVPE (E. Hulcius et al.) and the second speech was on the topic of "III/V integration on silicon substrates by selective area growth" (B. Kunert et al.). The third session was followed by awarding the DGKK-Young scientist prize to O. Supplie et al. He was invited to present his project with the title of "GaP-on-Si heterointerfaces and quasisubstrate growth studied in situ during MOVPE". Many congratulations go out to him.

The second day of the conference was the busiest day. The scientists from different universities and institutions and representatives from different firms presented their current research and work. The session 4 covered characterization, experimental and growth theory of oxides and intermetallics. In the first invited talk, a work about single crystal growth and characterization of Fe-based superconductors was presented by L. Harnagea et al. The crystal growth challenges, growth strategies, and resulted materials properties of pnictides were addressed. In the second invited talk, J. Pejchal from Institute of Physics CAS, Prague, presented a work about the growth of scintillation crystals by micro-pulling-down method. In the coffee break, scientific discussions, as well as conversations with old colleagues and friends, were very interesting. After the coffee break, the fifth session titled "Sensors and advanced characterization methods" started. At the beginning of this session, Dr. N. Neumann (InfraTec GmbH, Germany) gave a very nice overview about the pyroelectric crystals such as lithium titanate and triglycine sulphate. The fundamentals of pyroelectric crystals and the basic design of pyroelectric sensors were described.

Session 6 was allocated to GaN. In one of the invited talks of this session, an interesting overview about MOVPE reactor design and process optimization was given by B. Mitrovic (Veeco Process Equipment Inc., U.S.A.). This work was based on advanced computational fluid dynamics modeling and simulation.

In the evening, the poster session of the conference was held where 32 works were presented. The poster session aimed at addressing the various topics of fundamentals, silicon, germanium, IV-IV compound semiconductors, III-V and II-VI compound semiconductors, lasers, superconductors, scintillators, and energy materials. During the poster session, there was a chance for participants to discuss with poster presenters and learn about the details of their works. The prize of the DGKK-Best Poster went to S. Weit et al. from the University of Freiburg, with a poster titled "Growth of bulk crystals in the germanium-silicon system". She had investigated the growth of bulk crystals in the germanium-silicon system in her master thesis. In her poster presentation, she had concluded that with increasing silicon concentration, mosaicity of growing crystal rises leading to the development of twins and onset of polycrystalline growth.

After two interesting and insightful days with many talks and

posters, all participants participated in a successful dinner event experiencing a very friendly environment. In this event, the program committee was acknowledged.

On 18 March, the conference continued with three sessions with the topics of fundamentals, μg & SiC , and Functional thin films (sessions 7- 9). In the beginning of session 7, Dr. Z. Kožíšek (Institute of Physics CAS) gave a speech with the title of "Crystal nucleation kinetics in confined systems", followed by a talk by O. Weinstein (Chemical Engineering, Technion, Haifa, Israel) about facets, capillarity and heat transfer during oxide growth from the melt. After all of the talks of the sessions, there was a discussion in which several questions were asked by participants and were answered by the presenters. It had made the atmosphere of the conference very engaging and positive.

In one of the talks of the session 8, Dr. T. Sorgenfrei (University of Freiburg) gave a speech about the growth of doped Ge crystals under μg and 1g conditions. The aim of this investigation was determining the influence of different melt convection states on the incorporation of Ga in Ge single crystals. The

segregation behavior and the structural quality of the μg and 1g experiments had been compared.

In the last session of the conference, three talks were given on the topic of functional thin films. All the lecturers of this session were from research institutions of Czech Republic. This session included different interesting subjects such as growth of diamond films (A. Kromka), ion implantation of erbium into diamond thin films (J. Cajzl et al.), sol-gel method as a way to functional material (K. Rubešová et al.), and solution growth of the arrays of ZnO nanorods (J. Grym et al.).

Furthermore, there was an industrial exhibition in the conference proceedings, where some companies presented their products. It provided an open forum discussion allowing a worthwhile exchange between industrialists and scientists.

This conference provided me an excellent opportunity to increase my knowledge in the various fields of theory and technology of crystal growth. I owe my particular thanks to the chairmen, program committee, secretary, local organizers and all the financial supporters of this conference.

European School on Crystal Growth 2015 (ESCG2015)

Bericht von Alma Dorantes, Walther-Meißner-Institut (WMI), Bayerische Akademie der Wissenschaften, Technische Universität München über die European School on Crystal Growth 2015 (ESCG2015), Bologna, Italien, 5.-8. September 2015

The European School on Crystal growth was a very informative and fruitful experience and I am very happy to have had the chance to participate.

The program covered many important aspects of crystal growth, from basic concepts and theory to even industrial applications and some special topics. The professors who presented the lectures were very clear and open to discussion, which made it easy to review some basics on many topics. The school had 91 participants from many parts of the world, most of the participants were PhD students and some were post docs, which also provided the opportunity to meet crystal growers in many stages of their careers. We were very well received by the organizers, who made a great effort to coordinate, not only the lectures and discussion parts of the school, but also some activities to enjoy the company of the fellow students and colleagues.

On the first day the main topics of the lectures were phase diagrams and nucleation theory. I was very satisfied with the lecture from Dr. Detlef Klimm because, amongst many things, he talked about the difficulties of interpretation of phase diagrams and how one can benefit from them. On the second day, crystal morphology by Dr. Elias Vlieg was very educational, since not many students were familiar with these theories. The third day was the one with the most topics which can be applied to my doctorate project. Prof. Roberto Fornari discussed bulk crystal growth, with really good focus on the

physical phenomena associated with it and the effects this has on the final properties of the crystals. He paid attention to some common problems, how we can detect them and avoid them. The fourth day of lectures focused mostly on thin films preparation, which although it is not related to my work, it is useful to know other type of techniques.

Aside from the lectures, I thought it was interesting to realize how broad the field of crystal growth is and that there are many projects and areas of research which seem very relevant in the industry and in fundamental research. I also met some international students who would be interested to know more about the DGKK and its meetings, especially the meeting of the Junge DGKK.

Overall I think the school managed its goals to present the fundamental concepts and mechanisms governing crystal growth processes to young scientists. Some lectures showed important aspects of the actual experiments which we, as students, tend to overlook during our work. I think I can profit from I have learned in these pasts days, to either improve my work or to explain the results I receive from the crystals I grow.

I thank the DGKK for the help provided to students to attend the school on crystal growth so we can continue our education and improve our skills in this complicated field of research.

Alma Dorantes

DGKK-Vorstand 2016-2017



Vorsitzender

Wolfram Miller aus Berlin

Studium der Physik an der Freien Universität Berlin mit Abschluss in theoretischer Physik. Anschließend Promotion mit einer am Fritz-Haber-Institut angefertigten Arbeit zu kinetischen Prozessen von Wasserstoff auf Rhodium. Von 1990 bis 1993 Forschungsaufenthalt an der ETH Zürich in der technischen Chemie und Beschäftigung mit der numerischen Simulation von Strömungen in chemischen Reaktoren. 1993/1994 Forschungsaufenthalt am CRS4 in Cagliari. Seit 1996 am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung in der Numerischen Modellierung. Durchführung von Konstruktions- und Prozess-begleitenden numerischen Simulationen. Untersuchung von Wachstumskinetik mit Hilfe unterschiedlicher numerischer Verfahren. In der DGKK seit 2009 Sprecher des Arbeitskreises „Wachstumskinetik und Nanostrukturen“. Beteiligung am Gründungstreffen des European Network of Crystal Growth (ENCG) und seit 2013 Sekretär des ENCG.

wolfram.miller@ikz-berlin.de



Stellvertretender Vorsitzender

Andreas N. Danilewsky aus Freiburg i. Br.

- Studium der Mineralogie und Kristallchemie an der Universität Stuttgart
- seit 1991 am Kristallographischen Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg: Promotion zu Wachstumskinetik und Dotierstoffeinbau bei III-V-Verbindungshalbleitern; seit 1991 wissenschaftlicher Angestellter; 2014 Habilitation und *venia legendi* für das Fach Kristallographie und Materialwissenschaften, seither dort Privatdozent
- 2006 bis 2010 Beisitzer im DGKK-Vorstand
- Lehr- und Forschungsschwerpunkte:
 - Kristallzüchtung von Halbleitern, auch aus metallischen Lösungen (THM)
 - Einfluss externer Felder auf Kristallwachstum und -eigenschaften
 - Wachstumskinetik
 - Charakterisierung von Defekten mittels Röntgentopographie, Diffraktometrie, Polarisations-, Infrarot- und Rasterelektronenmikroskopie
 - In-situ Untersuchungen von Defektentstehung und Phasenumwandlungen unter extremen Druck-/Temperaturbedingungen

a.danilewsky@krist.uni-freiburg.de



Schatzmeister

Peter Wellmann aus Erlangen

Peter Wellmann (Jahrgang 1966) ist seit Oktober 2007 Inhaber der W2-Professur für Werkstoffe der Elektrotechnik am Department Werkstoffwissenschaften der Universität Erlangen-Nürnberg. Forschungsschwerpunkte sind Kristallwachstum und Charakterisierung von Halbleitermaterialien. Die Arbeiten im Kristallzüchtungslabor umfassen Volumenkristallwachstum und Epitaxie von neuen Halbleitern für die Leistungselektronik, Herstellung und Untersuchung von Dünnschichtsolarzellen-Materialien sowie das Verdrucken nano-partikulärer elektronischer Schichten. Im Bereich der Lehre wird an der Etablierung eines Europäischen Kristallzüchtungsstudiums gearbeitet. In der internationalen Fachcommunity liegt der Schwerpunkt auf der Mitarbeit in der European Materials Research Society (E-MRS) sowie in Programm- und Organisationskomitee zahlreicher Fachtagungen.

peter.wellmann@uni-erlangen.de



Schriftführerin

Christiane Frank-Rotsch aus Berlin

Studium der Kristallographie an der Humboldt-Universität zu Berlin. Promotion auf dem Gebiet der VGF-GaAs-Züchtung an der TU Bergakademie Freiberg (1996); seit 1998 Beschäftigung mit der Züchtung und Charakterisierung von Halbleiterkristallen sowie der Modellierung von Züchtungsprozessen am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung in Berlin; seit 2006 Schriftführerin der DGKK.

Sie vertritt die DGKK im Council IOCG und im ENCG.

christiane.frank-rotsch@ikz-berlin.de

Beisitzer**Alfred Miller aus Burghausen**

Studium der Physik an der Technischen Universität München, Promotion 1983 – 1986 am Lehrstuhl für Biophysik über die Untersuchung zweidimensionaler Lipidschichten auf der Wasseroberfläche. 1986 – 1992 in der zentralen Forschung der Wacker Chemie AG in München unter anderem mit der Untersuchung polymerer Flüssigkristalle beschäftigt.

1992 Wechsel zur Siltronic AG nach Burghausen in den Bereich Silizium-Kristallzüchtung und Charakterisierung. Verantwortlich für die gesamte Entwicklung von Czochralski- und Float Zone Kristallen für Semi Anwendungen.



alfred.miller@siltronic.com

Beisitzerin**Tina Sorgenfrei aus Freiburg i. Br.**

2007 Abschluss des Studiums Kristallographie und Materialwissenschaften an der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg i.Br.; 2011 Promotion am Freiburger Materialforschungszentrum (FMF) zum Thema: Dotierung von MBE-ZnO-Schichten mittels Arsenoxid-Molekülfragmenten; seit 2011 wissenschaftliche Assistentin an der Kristallographie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br. mit den Forschungsschwerpunkten: Weltraum- / μ g-Züchtung von Si und GeSi, Züchtung von binären Sulfidkristallen, Strukturelle und elektrische Charakterisierung, Thermoanalyse; seit 2009 Initiatorin & Aufbau der jDGKK zur Vernetzung und Förderung von NachwuchswissenschaftlerInnen



tina.sorgenfrei@mf.uni-freiburg.de

Beisitzer**Berndt Weinert aus Freiberg**

1976 bis 1980 Studium der NE-Metallurgie der TU BAF in Freiberg
 1986 Promotion über GaP-Lösungszüchtung nach dem SSD-verfahren
 1984 bis 1990 Entwicklungsingenieur für III-V-Materialien bei VEB Spurenmetalle Freiberg
 seit 1990 Entwicklungsleiter für III-V-Materialien bei Freiburger Elektronikwerkstoffe GmbH / Freiburger Compound Materials GmbH

Arbeitsgebiete:

Thermochemie zu III-V-Prozessen
 III-V-Synthese (GaAs, GaP, InP, InSb, GaSb)
 III-V-Einkristallzüchtung (LEC, HGF, VGF, GaAs, GaP, InP)
 III-N-Einkristallzüchtung (GaN, HVPE)
 Projekt-Management
 Patent-Management



berndt.weinert@fcm-germany.com

8th International Workshop on Modeling in Crystal Growth (IWMCG-8)

Wolfram Miller, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)



First group of participants at visit of Spa Francorchamp. In the middle of first row (with tie) the chairman of IWMCG-8, Francois Dupret.

This year the workshop was in Europe again and Francois Dupret organized it in the city of Spa in Belgium. It was the second time the workshop was held in Belgium – 1996 it took place in the smallest city of the world: Durbuy. During those days numerical modelling in crystal growth was an emerging field.

In the meantime several software tools provide a robust platform to compute the main features during a crystal growth process and they are established in many companies to provide useful additional information for process development and daily work. Thus, by time the interest in such specialized workshops is going down what we noticed already in Germany. Numerical results are presented in the workshops on crystal growth rather than on modelling. Especially, the number of participants from industry is reduced compared to such events some years ago.

Nevertheless, there are several topics, where further development is required and which are still far away from a routine. Convection of melt or solution is one of topics continuing over the years. Two sessions were devoted for melt convection. Two contributions were dealing with static magnetic fields applied to Czochralski growth of silicon: one contribution was by R. Rolinsky from FEMAG and the other by V. Kalaev from the STR Group. The latter was a study with a simplified geometry for a 300 mm crystal in order to check the effect of computational grids and approximation orders on the accuracy of the results. In FEMAG the azimuthal direction is resolved by Fourier modes to keep the computational time in a reasonable range. The main challenge with strong static magnetic fields is the very thin Hartman layer, which has to be resolved.

If there is no symmetry breaking field such as a transverse magnetic field one can use axisymmetric approaches, based on Reynolds averaged Navier Stokes equations to present

the effect of turbulent fluctuations. Further development by the STR Group tries to include the 3D anisotropy in turbulence as observed in full 3D computations.

Some new results including experimental ones were presented by D. Vizman on the electromagnetic stirring. For the experiments a model liquid of InGaSb was used in order to perform experiments at low temperatures. The main pro for electromagnetic stirring is to reach the inner volume of the melt. Some authors see here the disadvantage of a travelling magnetic field where the induced Lorentz force decreases rapidly with distance from the outer part of the melt, which might be a problem in the large volumes of melt used in direct solidification of silicon. However, for smaller volumes and hence in cases with small buoyancy convection a travelling magnetic field might be quite efficient. Another possibility to induce stirring is the use of a vibrator. N. Dropka compared the effects of a travelling magnetic field and vibrations on a Bridgman system for the growth of germanium by fully 3D numerical studies.

Jeff Derby gave once again a nice talk on the nonlinearities in crystal growth with a special focus on bifurcations. He presented examples from different fields. Once again the complex case of horizontal ribbon growth was explained in detail. There is a similar process called floating silicon method developed at Applied Materials. In this process the formation of a (111) facet at the leading edge has been observed. The undercooling in the vicinity of the facet causes dendritic growth and by thus limits the achievable steady growth rate.

CdZnTe has a long tradition in crystal growth but was not in focus of numerical simulations for several years. However, there are many open questions for the growth process and some aspects can be tackled by global numerical simulations. One method of crystal growth is the travelling heater method and here the talk of Jeff Peterson (from Derby's group) shows the coupled behavior of thermal and mass transport, interface positions, and convection.

Carmen Stelian (from Thierry Duffar's group) reported on a comparison of three different software tools to model the THM growth of CdZnTe. In addition, they apply a rotating magnetic field and found a significant influence on the melt convection only at very high field strength ($B=50$ mT).

They also investigated the flow in a Bridgman configuration.

A classical subject is the Float Zone growth of silicon. The main impact in terms of numerical simulations comes from the University of Latvia. Janis Virbulis is continuing the work of

Andris Muiznieks. One talk was about the anisotropic stress in the growing crystal which requires a 3D analysis. The anisotropy is much larger in the case of growth in $\langle 111 \rangle$ than $\langle 100 \rangle$ direction. With higher growth rate the maximum is moving towards the interface. Also in Czochralski growth the anisotropy is larger for growth in $\langle 111 \rangle$ direction but facets are more important for growth instabilities. In a second talk Armand Krauze addressed the problem of non-uniform melting at the bottom interface of the poly rod: some parts are molten with a certain depth, others not. In this case one has to go beyond the typically applied boundary element method (BEM) for computing the heat induction.

Several contributions were dealing with numerical modelling of defects. Two main subjects can be distinguished: point defects in silicon and germanium and stress and dislocations also with focus on silicon. As for the first subject Jan Vanhelmont gave an extended overview from the perspective of modelling. The focus was on the influence of stress on the dynamics of point defects.

Because also dopants induce stress one can see a significant influence of the dopant concentration (as e.g. boron) on the critical value of v/G (v : pulling velocity, G : temperature gradient) both in experiments and numerical calculations. Due to his muscle disease he had to give his talk in a wheel chair. And unfortunately, it was his last attendance to a conference – at the beginning of this year he passed away.

In a further talk the influence of different doping atoms on point defects in Germanium was investigated by means of density function theory (DFT) calculations. This work was performed by a group at Okayama Prefectural University. Also the talk of Micheal Sluydts was on DFT calculations. They tried to answer the question, which elements might be optimal for vacancy gettering in silicon and germanium. Tallid Sinno gave an overview on the joint efforts of molecular dynamics and Monte Carlo methods to understand the influence of carbon on clustering of self-interstitials in Si and its segregation at grain boundaries.

The other subject, i.e. stress and dislocations, was addressed by Bing Gao in a talk on dislocations in Czochralski grown Si for a comparison of 3D simulation and experiment. It was further addressed by Kaspers Dadzis, who presented calculations of the residual stress in G5 ingots of Si. The Alexander-Haasen model was adapted to strain-stress measurements at the Karlsruhe Institute of Technology. The same topic was subject of the talk of L. Zhao. Here transient calculations were

performed using CGsim for an axisymmetric configuration.

Facets often come into play at a certain point in quite different types of crystal growth. Some were already mentioned above. Sometimes they occur only on micro scale but could induce unwanted processes like twinning. Oxides are a typically system where facets occur on a macro scale and for some kind of oxides cannot be avoided in Czochralski growth. Simon Brandon gave a talk on the latest results of fully transient calculations for a Czochralski crystal growth system, where growth angle depends on the type of the side facet.

Modelling epitaxial growth or growth from solution was only a minor subject at the conference. One contribution came from Bulgaria given by V. Tonchev on applying cellular automata on the problem of step bunching. Two talks were on morphology of organic crystals. Indeed this was not a major subject in the previous workshops. However, several research work in this direction is performed in the Netherlands as well as in Great Britain.

Pushing computation to its extreme was the subject of a talk from a Japanese group given by Shinji Sakane. A three-dimensional phase-field and lattice Boltzmann code was programmed by CUDA to be run on GPU's. Up to 100,000 GPU's were used with nearly a linear scale-up. The programme is used to compute the growth of dendrites (one or many) in a forced flow. In the extreme case they used $4096 \times 4096 \times 4096$ mesh points with a resolution of $0.75 \mu\text{m}$.

Besides the specific topics for crystal growth there was also a talk, which partly deals with mesh generation in 3D, which is still a field of research. J.-F. Ramele demonstrated some of the challenges for making a structured grid. The latest achievements of research are implemented in the mesh generator gmsh, which is licensed under GNU General Public License (GPL) and can be downloaded from <http://gmsh.info/>.

In total 14 invited talks and 37 contributed talks were presented at the workshop and 16 posters were shown.

For all who did not leave Spa directly after the end of the workshop there was the possibility to visit the famous racing circuit of Spa-Francorchamps: The first group as visitors (see photo), the second group had even the chance to the course - of course only as a co-pilot.

The next workshop scheduled for autumn 2018 will be jointly organized by Jeff Derby and Koichi Kakimoto. They will look for a good location on Hawaii. This will take a longer journey from Europe but it will hopefully attract many participants from Asia.

DGKK-Nachrichten

Nachruf auf Professor Theo Hahn (1928 - 2016)



Professor Theo Hahn (1928 - 2016)

Am 12. Februar 2016 starb Prof. Dr. Theo Hahn nach einem langen und erfüllten Leben als Wissenschaftler und Hochschullehrer im Alter von 88 Jahren.

Theo Hahn wurde am 3. Januar 1928 in Duisburg geboren. Nach dem Krieg, dessen Ende er als 17-Jähriger erlebte, begann er 1946 an der Universität Marburg das Studium der Mineralogie und Kristallographie, das er in Frankfurt/Main fortsetzte und 1952 im Alter von 24 Jahren mit dem Grade eines Dr. rer. nat. abschloss.

Nach seiner Promotion ging Theo Hahn als Postdoc zu Martin J. Buerger an das Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge/Massachusetts, USA. Der vier Jahre dauernde Aufenthalt an diesem renommierten Forschungsinstitut hat Theo Hahn und seine wissenschaftliche Karriere nachhaltig beeinflusst. Hier wurde er mit Buergers „stuffed derivatives“ von Tetraedergerüst-Verbindungen als Modelle für Silikate (Feldspatoide) vertraut, und hier entwickelte sich auch seine beständige Liebe für die Symmetrie in der Kristallographie und in der Kunst sowie deren gruppentheoretische Behandlung.

Nach seiner Rückkehr nach Deutschland Ende 1956 wurde Theo Hahn bei Herbert O'Daniel Oberassistent am Mineralogischen Institut der Universität Frankfurt/Main, wo ihm 1960 für seine Habilitationsschrift „*Methoden und Ergebnisse der exakten Kristallstrukturforschung, behandelt an speziellen Beispielen*“ die „*Venia legendi*“ für Kristallographie und Mineralogie verliehen wurde. Drei Jahre später, 1963 und im Alter von 35 Jahren, wurde Theo Hahn als Professor auf den neu

eingesetzten Lehrstuhl für Kristallographie der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen berufen. Er war 30 Jahre lang, bis zu seiner Emeritierung 1993, Direktor dieses „*Instituts für Kristallographie*“. Während dieser Zeitspanne war er, neben seiner engagierten Aktivität als akademischer Lehrer und Forscher, auch Dekan der *Fakultät für Bergbau, Hüttenkunde und Geowissenschaften* der RWTH (1970-1972) und Vorsitzender der *Deutschen Mineralogischen Gesellschaft* (1982-1984). Darüber hinaus war er in folgenden Gremien der *International Union of Crystallography (IUCr)* aktiv: im *IUCr Executive Committee* von 1981 – 1990, als Präsident der IUCr von 1984 -1987; IUCr Commission on International Tables von 1963 – 2007 und als Herausgeber und Autor von Band A („*Space-Group Symmetry*“) der *International Tables for Crystallography* (1972 -2011).

Das wissenschaftliche Werk von Theo Hahn ist sehr vielseitig. Seine bevorzugten experimentellen Methoden waren die Röntgen- und Neutronenbeugung an Kristallpulvern und Einkristallen. Sein materialbezogenes Hauptforschungsgebiet war die Kristallchemie von oxidischen Phasen, insbesondere von Silikaten, Germanaten, Sulfaten etc. Einen Schwerpunkt bildeten hier die „gestopften“ Tetraedergerüst-Verbindungen als Modellsubstanzen für Silikate. Ein späteres Forschungsfeld, das sich ab 1975 aus seinen Studien der Polymorphie-reichen Tetraedergerüst-Verbindungen entwickelte, umfasst den Themenkreis „Polymorphie, Phasenumwandlungen, Domänenbildung (Zwillinge)“. Aufgrund seiner Kompetenz auf diesem Gebiet wurde er (mit Helmut Klapper als Ko-Autor) eingeladen, einen Übersichtsartikel „*Twinning of Crystals*“ für den Band D (*Physical Properties of Crystals*) der *International Tables for Crystallography* (erschieden 2003) zu verfassen. Dieser Artikel wurde in der 2. Ausgabe (2014) aktualisiert und umfassend ergänzt.

Theo Hahn hat sich im nationalen wie im internationalen Rahmen als akademischer Lehrer, Forscher und Manager außerordentlich verdient gemacht. Seine Vorlesungen und Vorträge waren wegen der lebhaften und fesselnden, oft auch amüsanten Vortragsweise bei Studenten wie Kollegen gleichermaßen beliebt. Für seine Aktivitäten in Forschung und Lehre und in wissenschaftlichen Gremien sind ihm Ehrungen durch die Verleihung der *Abraham-Gottlob-Werner-Medaille* (1977) in Silber durch die Deutsche Mineralogische Gesellschaft (DMG) und der *Carl-Hermann-Medaille* (2001, gemeinsam mit Hans Wondratschek) der Deutschen Gesellschaft für Kristallographie (DGK) zuteil geworden. Er ist seit 1997 Ehrenmitglied der DGK.

Nach seiner Emeritierung 1993 hat sich Theo Hahn keineswegs zur Ruhe gesetzt, im Gegenteil: Er hat ununterbrochen

am wissenschaftlichen und sozialen Leben seines früheren Instituts Anteil genommen und dieses durch Mitwirkung an Seminaren, Kolloquien, Diskussionen und Lehrveranstaltungen, sowie Teilnahme an Examsfeiern und Betriebsausflügen unterstützt. Er hat bis 2007 regelmäßig in den Sommermestern die Vorlesung „Höhere Kristallographie: Symmetrie von Kristallen und Molekülen“ gehalten.

Mit Theo Hahn verlieren die deutsche und die weltweite internationale Gemeinschaft der Kristallographen eines ihrer profiliertesten Mitglieder. Wir werden Theo Hahn als großartigen Wissenschaftler, inspirierenden Lehrer und wunderbaren Menschen sehr vermissen.

Helmut Klapper

Neue Mitglieder 2015/2016

Wir begrüßen seit dem 24.03.2015 als neue Mitglieder (Stand 01. Juli 2016):

Neumitglieder / Privatpersonen:

Frau Dr. Karolina Giziewicz	IKZ Berlin
Herr Dipl. Krist. Burkhard Hoffmann	Kleinmachnow
Herr M.Sc. Patrick Hofmann	Namlab Dresden
Herr Dr. Anton Jesche	Universität Augsburg
Herr Dr. Lutz Kirste	Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik (IAF)
Herr Dr. Alexander Molchanov	Siltronic AG Burghausen
Herr Dr. Eberhard Bruno Richter	FBH Berlin

Neumitglieder / Firmen:

Aprotec-GmbH, Himmelstadt
Carbolite Gero GmbH & Co. KG, Neuhausen
CTG GmbH & Co. KG, Bad Breisig
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin

[®]

CARBOLITE

IGERO

30-3000°C

part of **VERDER**
scientific

Hochtemperaturöfen bis 3.000 °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

www.carbolite-gero.de

Unbemannter Raketenflug von TEXUS 51 – Fraunhofer IISB züchtet Siliziumkristall im Weltall

Am 23. April 2015 um 09:35 Uhr Mitteleuropäischer Zeit startete vom Raumfahrtzentrum Esrange bei Kiruna in Nordschweden die unbemannte Forschungsrakete TEXUS 51 in den Weltraum. Der zwanzigminütige Flug der 12,5 Meter hohen und 2,6 Tonnen schweren Rakete des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) ging auf eine Höhe von 259 Kilometern. Während des Fluges herrschten sechs Minuten Schwerelosigkeit. Forscher des Fraunhofer IISB und der Universität Freiburg nutzten diese sechs Minuten, um auf der Rakete einen Siliziumkristall zu züchten. Das Experiment mit der Kurzbezeichnung ParSiWal („Bestimmung der kritischen Einfanggeschwindigkeit von Partikeln bei der gerichteten Erstarrung von Solarsilizium im Weltall“) hilft dabei, die Herstellung von Siliziumkristallen für die Photovoltaik auf der Erde besser zu verstehen. Nach dem Flug von TEXUS 51 brachte ein Fallschirm die Nutzlasten wieder wohlbehalten zurück zum Boden.



Start von TEXUS 51 am 23. April 2015 um 9.35 Uhr MEZ vom Raumfahrtzentrum Esrange bei Kiruna in Nordschweden. Die Forschungsrakete des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) trug u. a. ein Kristallzüchtungsexperiment des Fraunhofer IISB (Erlangen) in den Weltraum. Nach der erfolgreichen Mission brachte ein Fallschirm die Nutzlasten wieder zurück zum Boden.

Bild: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)



Terrestrische Vergleichsprobe des ParSiWal-Experimentes: Siliziumstab mit dem Partikeldepot (nicht sichtbar), der in einer Quarzglasampulle gehalten wird. Der Stab mit Ampulle wird in die Spiegelofenanlage ELLI eingebaut. Bild: Universität Freiburg

Bei der Produktion von Siliziumkristallen für die Photovoltaik spielen Partikel in Form von Siliziumkarbid (SiC) eine große Rolle. Die SiC-Partikel sind problematisch für die mechanische Bearbeitung der Kristalle und können den Wirkungsgrad von Solarzellen verschlechtern. Der Einbau der SiC-Partikel in den Siliziumkristall muss deshalb vermieden werden. Die SiC-Partikel entstehen während der Kristallisation beim Überschreiten der Löslichkeitsgrenze in einer mit Kohlenstoff verunreinigten Siliziumschmelze. Die Partikel bewegen sich dann in der Siliziumschmelze mit der Strömung durch das Schmelzvolumen und können schließlich in den Festkörper eingebaut werden.

Für den Einbau der Partikel wird angenommen, dass die Wachstumsgeschwindigkeit bei der Kristallisation eine wichtige Rolle spielt. So definieren verschiedene theoretische Modelle eine kritische Wachstumsgeschwindigkeit, ab der die Partikel vom wachsenden Festkörper – dem Kristall – eingefangen werden. Dr. Christian Reimann, Gruppenleiter in der Abteilung Materialien am Fraunhofer IISB in Erlangen und verantwortlich für ParSiWal, erläutert: „Die theoretischen Modelle können bislang nicht den experimentell beobachteten Einbau von SiC-Partikeln bei der Siliziumerstarrung erklären. Hier kommt nun die Schwerelosigkeit ins Spiel. Die Schwerkraft beeinflusst maßgeblich die Strömung in der Schmelze, die ihrerseits wiederum die Verteilung der

Partikel im Schmelzvolumen bestimmt. Die Schwerkraft lässt außerdem die SiC-Partikel absinken, da Siliziumkarbid eine höhere Dichte besitzt als Silizium. Im Weltall werden die schwerkraftgetriebenen Effekte ausgeschaltet. Das verringert die Komplexität der Vorgänge erheblich und erleichtert damit auch deren physikalische Beschreibung. Somit kann unter Schwerelosigkeit geprüft werden, ob die existierenden Theorien für den Partikeleinfang auch bei Silizium gültig sind oder ob sie um bislang noch nicht berücksichtigte physikalische Effekte erweitert werden müssen.“

ParSiWal steht für „Bestimmung der kritischen Einfanggeschwindigkeit von Partikeln bei der gerichteten Erstarrung von Solarsilizium im Weltall“. Für das ParSiWal-Experiment konnte die bereits im Weltraum erprobte Spiegelofenanlage ELLI des DLR genutzt werden. Vor der Mission wurde ein 8 mm dünner Siliziumstab in die Ofenanlage eingesetzt, der ein Depot an SiC-Partikeln enthielt. Innerhalb der ersten 60 Sekunden kurz nach Erreichen der Schwerelosigkeit wurde in dem Stab in der Umgebung des Partikel-Depots eine flüssige Schmelzzone erzeugt und von der Erde aus deren Länge eingestellt. Nachdem die Partikel in der Schmelzzone innerhalb der zweiten 60 Sekunden durch Magnetfeldröhren verteilt wurden, wurde der Siliziumstab in der Ofenanlage verfahren. Dadurch bewegte sich die Schmelzzone durch den Stab und somit auch die sich ausbildenden Fest-Flüssig-

Phasengrenzen. Während der verbleibenden Flugzeit wurde die Verfahrensgeschwindigkeit noch zweimal geändert, um auf diese Weise die kritische Einfanggeschwindigkeit für die SiC-Partikel bestimmen zu können.

Vor dem Ende der Flugphase wurde dann die Ofenheizung ausgeschaltet, so dass die Schmelzzone komplett erstarren konnte, bevor die Nutzlast wieder am Fallschirm auf der Erde gelandet ist. Die Auswertung des Experimentes erfolgt nach der Rückkehr der Probe zum Fraunhofer IISB in den nächsten Monaten. Im Labor lässt sich zum Beispiel die Partikelverteilung im Siliziumstab bestimmen, und die existierenden Theorien können auf ihre Gültigkeit überprüft werden.

ParSiWal setzt die lange Tradition der Erlanger Weltraumexperimente auf dem Gebiet der Kristallzüchtung fort. So züchteten Erlanger Forscher bereits auf früheren Raketenflügen (1984, 1988, 1989, 1992) und sogar auf dem Space Shuttle (1983, 1985, 1993) technische Kristalle. Zudem hat die am Fraunhofer IISB entwickelte Software CrysMAS[®] vor etwa

10 Jahren ein aufwendiges Qualifizierungsverfahren bei der Europäischen Raumfahrtagentur ESA bestanden. Seitdem wird das Programm CrysMAS[®], das Temperaturverteilungen in Ofenanlagen berechnet, von Experimentatoren aus ganz Europa eingesetzt, um erfolgreich materialwissenschaftliche Experimente auf der Internationalen Raumstation ISS zu unterstützen.

Das Projekt ParSiWal wurde vom DLR-Raumfahrtmanagement mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

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

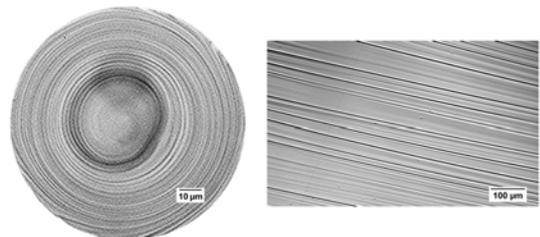
Energiesparelektronik mit Zukunft – Fraunhofer THM optimiert höchstdotierte Siliziumkristalle

Mithilfe von kostengünstiger und intelligenter Leistungselektronik auf Basis optimierter Halbleitermaterialien kann der Energieverbrauch von Netzteilen und Ladegeräten in Smartphones, Laptops, Solarmodulen und vielen anderen Anwendungen erheblich gesenkt werden. In dem europäischen ECSEL-Projekt „PowerBase“ wird intensiv das Potential von Galliumnitrid- und Siliciumhalbleitern ausgelotet. Das Fraunhofer Technologiezentrum für Halbleitermaterialien THM in Freiberg trägt im Rahmen von PowerBase dazu bei, die industrielle Herstellung von hochdotierten Siliciumkristallen mit 300 mm Durchmesser in Hinblick auf die Kristallausbeute zu verbessern.

Angetrieben durch die politischen Themen Energieeffizienz und CO₂-Reduktion haben sich Leistungshalbleiter für die Energieversorgung, die Automobil- und die Industrieelektronik zu einem Wachstumsfeld mit hoher gesellschaftlicher Bedeutung entwickelt. Technische Ziele in der Leistungselektronik sind dabei die Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit und die Verringerung der Stromverluste pro Chipfläche. Diese Maßnahmen ermöglichen es, die Energiedichte zu steigern und Kosten zu senken.

Leistungselektronische Bauelemente werden u.a. auf Basis von hochdotiertem Silicium hergestellt. Um bei vertikalen leistungselektronischen Bauelementstrukturen die Widerstandsverluste in Durchlassrichtung zu minimieren, werden Siliciumkristalle mit einem sehr geringen elektrischen Widerstand bis hin zu 0,001 Ωcm benötigt.

Wie in der klassischen Mikroelektronik auch, sinken mit steigendem Durchmesser der kristallinen Halbleitersubstrate die Herstellungskosten für die Bauelemente. In der Leistungselektronik fragt die Industrie zunehmend hochdotierte Kristalle mit 300 mm Durchmesser nach. „Diese Siliciumkristalle werden nach dem Czochralski-Verfahren durch Ziehen aus der Siliciumschmelze hergestellt. Den niedrigen elektrischen Widerstand erreicht man bereits beim Kristallziehprozess durch die gezielte Zugabe von Phosphor als Dotierstoff.



Charakterisierung von Dotierstoffinhomogenitäten mittels Photolumineszenz (links) und mittels chemischen Ätzens (rechts) an hochdotierten Siliciumwafern.
Bild: Fraunhofer THM

Die benötigten hohen Mengen an Dotierstoff können jedoch – insbesondere beim Herstellungsprozess von Kristallen mit 300 mm Durchmesser – Instabilitäten verursachen, die die Kristallausbeute mindern“, erläutert Dr. Jochen Friedrich, Sprecher des Fraunhofer THM.

An diesem Punkt setzen nun im Rahmen des ECSEL-Projekts PowerBase die Arbeiten des Fraunhofer THM an. Die Fraunhofer-Forscher bringen ihre Erfahrung im Bereich der Kristallzüchtung, Simulation und Charakterisierung ein, um herauszufinden, was genau die Instabilitäten bei hohen Dotierstoffkonzentrationen im Kristall verursacht. Die Kenntnis dieser Mechanismen ermöglicht dann die Entwicklung verfahrenstechnischer Lösungen, um die Kristallausbeute zu erhöhen. Außerdem müssen die Wechselwirkungen der

Dotieratome mit anderen atomaren Defekten bei hohen Dotierstoffkonzentrationen im Silicium genauer analysiert werden, um mögliche Auswirkungen auf die späteren Bauelementeigenschaften ableiten zu können. Durch diese Arbeiten kann die Silicium-Leistungselektronik an die Grenzen des technisch Machbaren gebracht werden, insbesondere hinsichtlich Kosten und Effizienz.

Im ECSEL-Projekt PowerBase wird auch an Galliumnitrid-Leistungsbau-elementen geforscht. Galliumnitrid ermöglicht höhere Durchbruchfeldstärken und schnellere Schaltgeschwindigkeiten als Silizium. Jedoch ist Leistungselektronik auf Basis von Galliumnitrid gegenüber Silicium eine noch junge Technologie. Dementsprechend kommt dem Vergleich beider Technologien eine strategische Bedeutung zu, und die neuen Leistungsbau-elemente auf Galliumnitrid-Basis müssen sich an den optimierten Siliciumhalbleitern messen lassen.

PowerBase und ECSEL

Im europäischen Forschungsprojekt PowerBase sind insgesamt 39 Partner beteiligt, darunter die Fraunhofer-Gesellschaft mit dem Fraunhofer THM in Freiberg, dem Fraunhofer IWM in Halle und dem Fraunhofer EMFT in München. Das Finanzvolumen beträgt 87 Millionen Euro, die Federführung hat Infineon Technologies, einer der größten Halbleiterhersteller Europas. Das Vorhaben gehört zu den ersten ECSEL-Projekten, mit denen die europäische Industrie, die EU und die beteiligten Mitgliedsländer den Weltmarktanteil der europäischen Mikroelektronik bis 2024 erheblich steigern möchten. Die Finanzierung von PowerBase erfolgt vor allem über Investitionen aus der Industrie, durch das ECSEL-Programm der EU zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Elektronikindustrie sowie durch eine nationale Co-Förderung in Österreich, Belgien, Deutschland, Italien, Norwegen, Spanien, der Slowakei, Großbritannien

und den Niederlanden. ECSEL steht dabei für "Electronic Components and Systems for European Leadership" und ist als Private-Public-Partnership-Programm ein wichtiger Baustein der Initiative "Europa 2020" der EU-Kommission. Die Bundesregierung sieht in der europäischen Zusammenarbeit innerhalb der ECSEL-Projekte ein wichtiges Instrument, um die starken Kompetenzen in der Mikroelektronik in Deutschland im Rahmen ihrer Hightech-Strategie weiter auszubauen und fördert das Vorhaben aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Zusätzlich engagiert sich auch der Freistaat Sachsen.



Gruppenfoto der Teilnehmer des Kick-Off Treffens von PowerBase bei der Infineon Technologies AG in Villach

Bild: Infineon Technologies AG

Ansprechpartner

Dr. Jochen Friedrich
Fraunhofer THM,
Am St. Niclas Schacht 13, 09599 Freiberg / Sachsen
Tel. +49-3731-2033-102
Fax +49-3731-2033-199
info@thm.fraunhofer.de

Book Review

„A Jewel in the Crown – A History of Crystal Growth Research at RRE/RSRE, Malvern, UK“ by D.T.J. Hurlle and K.B. Barraclough

Georg Müller

The two authors are well known and internationally acknowledged members of the crystal growth community. "Don" Hurlle is a recipient of the Frank prize of the IOCG, the highest international prize in fundamentals of crystal growth, with several ground breaking contributions to crystal growth. Keith Barraclough made pioneering contributions to the development of industrial Czochralski (Cz) pulling, notably by the invention of the cusp magnetic field for Cz of Si now used world-wide. Both authors spent most of their professional careers at the Royal Signals and Radar Establishment (RSRE) and are, therefore, best qualified to report its history.

The book is addressed to a wider readership of the scientific community. DGKK readers - and especially the younger ones - may ask – why would it be worth-while to read a book

about the history of a UK crystal growth department? - The answer is that there are several good reasons, as shown in the following.

First of all, the book describes a period of time when the rapid development of crystal growth technology was driven by the increasing demands posed by the production of information technology devices. Many important ideas and contributions from this field came from RSRE which are described in detail in the book (see also below). Another good reason to read the book is the exemplified demonstration of how a national governmentally - supported R&D effort can attract so many talented people to work together in a crystal growth department making it to one of the leading institutions in the field world-wide for quite a period of time. However, the book also

describes how fast such a player in the champions league of crystal growth can descend and disappear, if policy changes and adequate support is withdrawn.

The book is clearly structured in several chapters which contain mostly interesting details about the study of important phenomena of crystal growth from the melt. These chapters have the character of a lively written textbook: for example the correlations of melt flow instability and striation formation; the damping action of magnetic fields on unsteady flows in conducting melts; the formation of faceted interfaces in certain crystallographic growth directions; the instability of a growth interface provoked by high doping levels and the correlation of twin formation in III-V crystals and cone angle of the crystal are all covered.

Based on this fundamental knowledge, important technological developments are described which were achieved in the RSRE laboratories. For example the "invention" of the important high pressure Liquid Encapsulated Czochralski (LEC) technique for the growth of GaAs and later InP and GaP crystals (by Brian Mullin, who was later awarded the IOCG Laudise Prize for this work). This crystal puller development was then licensed to Metals Research (later Cambridge Instruments) Company. The famous "Malvern" crystal puller carried world-wide the name of the town where RSRE was located.

Another important technological contribution of RSRE researchers is the invention and development of the cusp-shaped magnetic field for the control of convective transport in the

industrial growth of silicon crystals by the Czochralski technique.

RSRE was also very successful in the development of growth technology of thin films, called epitaxy. For example, already in the late 1960s InP layers were grown by chemical vapor epitaxy there. In the 1970s a research scale MOCVD reactor was developed. At the same time studies of MBE started at RSRE.

Although the book is devoted to the crystal growth history at RSRE it treats also the historical development of crystal growth on "the international scene" (chapter 4). This includes the introduction of regularly held international conferences (ICCGs, ISSCGs) and the foundations of the International Organisation for Crystal Growth (IOCG) in which members of RSRE played important roles.

A particular weakness is that the authors have, in a single volume, addressed the documentation of the evolution of the crystal growth research and of the staff who carried it out and also drawn attention to the lessons to be learned from the manner in which that work was motivated and managed. Consequently, the wider audience, who would be most interested in the latter, will have to skip the - to them boring - pages about details on organizational changes, relocations, buildings etc. if they are to extract the wider message.

Notwithstanding this, the book is highly recommended.

Georg Müller

"A Jewel in the Crown", erschienen 2014 by Aspect Design, Malvern, ISBN 978-1-908832-66-5 (Preis ca. 16 EURO)

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

Läppen



IB 400 Läppmaschinen
Tellergrößen von 300 - 400 mm
Läppmittelzufuhrsystem
Grauguß-Läppteller:
glatt, genutet, gerillt

IB 400 Poliermaschine
IB 400 CMP-Maschine
Tellergrößen von 300 - 400 mm
Telleroberflächen:
Polyurethan, Tuch, Glas
Slurry- und Chemiepumpen
Jig mit Vakuumaufnahme und Meßuhr

Polieren



Sägen

Innenlochsägen, Periphere Sägen für Längsschnitte, Fadensägen nach dem Läppprinzip, Gattersägen nach dem Läppprinzip

Bitte besuchen Sie unsere Internetseite

www.ibs-grafrath.de

DGKK-Forschung

Zum aktuellen Stand der Züchtung von AlN- und GaN-Kristallen

Matthias Bickermann, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)

Bericht über den „9th International Workshop on Bulk Nitride Semiconductors (IWBNS-IX)“, 2.-6. November 2015 in Hansol Oak Valley, Wonju, Korea, und das „6th International Symposium on the Growth of III-Nitrides (ISGN-6)“, 8.-13. November 2015 in Act City Hamamatsu, Japan

Die beiden internationalen Tagungen geben einen wesentlichen Überblick zum aktuellen Stand der Kristallzüchtung von Gruppe III-Nitriden. Dieser wird im Folgenden vorgestellt, mit einem Fokus auf die Volumenkristallzüchtung von AlN und GaN sowie auf die Epitaxie von AlGaN-Schichten mit hohem Al-Gehalt.

Als Substrate können AlN und GaN eine wichtige Rolle für Anwendungen in der Leistungs- und Mikrowellenelektronik sowie in der Herstellung effizienter blauer und ultravioletter LEDs und Laser spielen. Dazu müssen die Züchtungstechnologien jedoch im Hinblick auf eine industrielle Produktion mit wirtschaftlich relevanten Kristalldurchmessern und reproduzierbaren Substrateigenschaften weiter verbessert werden. Heutige Bauelemente werden auf Saphir-, SiC- und Siliziumsubstraten hergestellt und haben bereits bedeutende Anwendungsgebiete erobert – man denke nur an die Beleuchtungstechnik mit weißen LEDs, aber auch an erste kommerzielle GaN-basierte Mikrowellen- und Leistungsbaulemente. Auch bei UVC-LEDs, z.B. für die Wasserdesinfektion, wird erwartet, dass der Markt zuerst durch Bauelemente auf strukturierten Saphirsubstraten erschlossen wird. Die nächsten Jahre werden zeigen, inwieweit sich „native“ Nitrid-Substrate am Markt einführen lassen und durchsetzen können.

Über die Tagungen

Beide Tagungen sind fokussiert auf die Material- und Herstellungsaspekte der Gruppe-III-Halbleiter AlN, GaN und InN und deren Verbindungen. Der IWBNS-Workshop mit ca. 60 Teilnehmern findet zweijährig statt und sieht sich als internationales Expertentreffen („by invitation only“) auf dem Feld der Volumenkristallzüchtung von GaN und AlN. Die 49 Vorträge wurden intensiv in einer sehr offenen Atmosphäre diskutiert. Professoren und Postdoktoranden/Wissenschaftler aus Forschungsinstituten sowie verantwortliche Kristallzüchter aus der Industrie und KMU sind zu in etwa gleichen Teilen vertreten. Zum aktuellen Workshop in Korea kamen etwa gleich viele Teilnehmer aus den USA, aus Korea/Japan und aus Europa, hier v.a. aus Deutschland und Polen.

Das ISGN-Symposium wird ebenfalls im Abstand von zwei Jahren durchgeführt und widmet sich seit 2003 „der Entwicklung aller relevanten Wachstumsmethoden von Gruppe III-Nitriden“ (ISGN-6-Homepage). 2015 wurde das Symposium anlässlich der Nobelpreisverleihung an Hiroshi Amano, Isamu Akasaki und Shuji Nakamura für die Entwicklung der

Nitrid-Optoelektronik und der blauen/weißen Leuchtdiode vorgezogen, in der Heimatstadt von Hiroshi Amano durchgeführt und mit einem Nobelpreisträger-Empfang kombiniert. Das Symposium wurde von 430 Teilnehmern besucht, wobei alleine 280 Teilnehmer aus Japan kamen. Insgesamt gab es 289 Präsentationen, überwiegend als Kurzvorträge mit Postern.

Industrielle Aktivitäten

Die industrielle Züchtung von Nitrid-Volumenkristallen wird generell von den USA und Japan dominiert. Korea und China hinken in der Entwicklung deutlich hinterher. Aber auch Europa hat in diesem Gebiet nur punktuelle industrielle Aktivitäten zu verzeichnen, z.B. die Züchtung von GaN mittels Hydrid-Gasphasenepitaxie (HVPE) bei Saint-Gobain Lumilog (Frankreich), bei Unipress/TopGaN (Polen) und bei der Freiburger Compound Materials GmbH. Daneben gibt es einige Universitäten und Forschungsinstitute, die HVPE-GaN erforschen, v.a. in Deutschland, die aber auf den Tagungen nicht vertreten waren. Mit der Firma Ammono S.A. (Warschau) befindet sich zumindest eine Firma auf Weltniveau in Europa, die GaN im Ammonothermalverfahren herstellt. An der Herstellung von AlN-Kristallen arbeitet neben der CrystAl-N GmbH, einer Ausgründung der Universität Erlangen-Nürnberg, vor allem das Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) im Rahmen des BMBF-geförderten Konsortiums „Advanced UV for Live“ (<http://www.advanced-uv.de>).

AlN-Substrate

Die PVT-Züchtung von AlN wird von den beiden US-Firmen Crystal IS Inc. und Hexatech Inc. dominiert, wobei beide sich auf die kommerzielle Herstellung von UVC-Leuchtdioden fokussieren. So verwundert es nicht, dass die beiden Protagonisten, Leo Schowalter und Zlatko Sitar, in Plenarvorträgen auf den beiden Tagungen jeweils Status, Ergebnisse und Herausforderungen nicht nur der AlN-Kristallzüchtung, aber auch der AlGaN-Epitaxie und Bauelemententechnologie aus ihrer Sicht vorstellten. Beide Firmen stellen inzwischen Substrate mit bis zu 40 mm Durchmesser her. Die AlGaN-Epitaxieschichten auf diesen Substraten haben Versetzungsdichten deutlich unter 10^5 cm^{-2} . Eine wesentliche Herausforderung stellt die Oberflächenpräparation der Substrate dar. Leo Schowalter (Crystal IS Inc.) berichtet dazu von einem spezifischen Strukturdefekt in den Kristallen, der zu Bauelementausfall und damit zu einer Verringerung der Ausbeute

führt. Die Eignung für UVC-Bauelemente erfordert auch eine entsprechend geringe Absorption im gewünschten Wellenlängenbereich (z.B. 265 nm für die Wasserdesinfektion), die trotz Ankündigungen („regelmäßig werden Absorptionskoeffizienten unter 20 cm^{-1} erreicht“, Crystal IS Inc.) noch nicht kommerziell verfügbar ist. Höhepunkt war die Vorstellung von ersten elektrisch gepumpten, bei 242 nm emittierenden UVC-Laserdioden durch Zlatko Sitar (NC State University und Hexatech Inc.).

Die kommerzielle Verfügbarkeit von AlN-Substraten ist dagegen noch keineswegs gegeben: Durch ihre Fokussierung auf Bauelemente geben beide Firmen keine oder nur geringe Substratchargen mit Wafergrößen bis 1 Zoll für Forschungszwecke ab. Züchtungsaktivitäten in Japan (z.B. JFE Mineral Corp., Toyota Central R&D) und Korea (z.B. Dong-eui University und Ceracomb Co. Ltd.) stehen noch am Anfang; zum Einsatz kommen veraltete Technologien und Materialkombinationen, die die Kristalle stark kontaminieren. Auch deshalb ist der an die Hexatech-Technologie angelehnte Ansatz des IKZ im Konsortium „Advanced UV for Live“ vielversprechend. Auf den Tagungen hat das IKZ AlN-Wafer mit hoher struktureller Qualität und $\alpha_{265 \text{ nm}} = 14 \text{ cm}^{-1}$ vorgestellt und die erfolgreiche Dotierung mit Silizium während der Züchtung gezeigt. Wesentliches Ziel des IKZ im Konsortium ist es, den Kristall- und damit auch den Substratdurchmesser von aktuell 8–13 mm auf internationales Niveau zu bringen.

Epitaxieschichten mit hohem Al-Anteil

Auf der ISGN wurde in über 30 Beiträgen vom Wachstum von AlGaIn-Schichten mit hohem Al-Gehalt für die UV-Optoelektronik und die Leistungselektronik (HEMT-Bauelemente) berichtet. Stellvertretend stellte Prof. Michael Kneissl (TU Berlin) in seinem Hauptvortrag die Aktivitäten, Ergebnisse und hinausgehenden Perspektiven zur UV-Optoelektronik dar und unterstrich hierbei die Notwendigkeit der Anwendung von defektarmen AlN-Substraten, um effiziente und leistungsstarke Bauelemente herzustellen.

Hauptthemen bei der Herstellung von AlN- und AlGaIn-Epitaxieschichten mittels MOCVD sind die Defektreduktion und -charakterisierung von auf Silizium oder Saphir gewachsenen Schichten: Stufenfluss und Oberflächenrauigkeit, Wachstum auf „patterned sapphire substrates“, Mosaikstrukturen und Korngrenzen, und Inversionsdomänen. Versetzungsdichten im Bereich von 10^9 cm^{-2} auf diesen Fremdsubstraten stellen schon eine Verbesserung zum bisherigen Status Quo dar. Auch die Verringerung der Verunreinigung mit Kohlenstoff (kritisch für die Herstellung n-leitender AlGaIn-Schichten mit hohem Al-Anteil) in der MOCVD wurde thematisiert. Zudem wurden von zwei japanischen Gruppen erste viel versprechende Ergebnisse zur Herstellung von flachen und homogenen nichtpolaren AlN-Schichten auf r-orientiertem Saphir mittels MOCVD und HVPE vorgestellt.

Dank der immer besseren Prozesskontrolle scheint das

Wachstum auch von komplizierten Schichtpaketen mit scharfen Grenzflächen wie z.B. AlN/GaN-Bragg-Reflektoren mittels MOCVD möglich zu sein (Zlatko Sitar, NC State Univ., und André Strittmatter, Universität Magdeburg). Gleichzeitig gibt es auch beeindruckende Fortschritte beim Wachstum von AlN- und AlGaIn-Schichten mittels Hochtemperatur-MBE. Depdeep Jena (Cornell University, USA) stellte das MBE-Wachstum von AlN auf AlN-Substraten vor (nach Kenntnis des Autors zum ersten Mal überhaupt), im Kontext der Anwendung für HEMT-Strukturen. Um Probleme bei der MBE-tauglichen Oberflächenpräparation von AlN- oder GaN-Substraten zu umgehen, wird das MBE-Wachstum auf einer homoepitaktischen MOCVD-Schicht propagiert. Von Sergei Novikov (University of Nottingham, UK) wird die MBE zudem als mögliche Alternative zur Herstellung von dicken, idealerweise freistehenden AlGaIn- und AlN-Substraten ins Spiel gebracht. Allerdings sind die Wachstumsraten (bis $3 \mu\text{m/h}$) für AlN oder AlGaIn trotz des Einsatzes einer neuen, sehr intensiven N_2 -Plasmaquelle immer noch sehr niedrig.

Die Herstellung von dicken AlN-Schichten mittels HVPE bei Substrattemperaturen bis 1500°C ist eine Domäne der japanischen Forscher um Yoshinao Kumagai (TUAT, Japan). Einige Forscher stellen AlN-Schichten bei niedrigeren Temperaturen (ca. 1200°C) her, was jedoch zu geringen Schichtdicken und hohen Defektdichten führt. Mehrere Firmen und Forschergruppen (u.a. das FBH) planen, mit Hochtemperatur-HVPE-Anlagen diese Ergebnisse aus Japan nachzuvollziehen. Hideto Miyake (Mie University, Japan) zeigt, dass die strukturelle Qualität von AlN-HVPE-Schichten noch besser wird, wenn man die darunter liegende AlN-Pufferschicht vor dem Wachstum bei hohen Temperaturen ausheizt.

GaN-Substrate

Für die Herstellung von GaN-Volumenkristallen werden immer noch drei Verfahren erforscht. Die Züchtung aus der Natrium-schmelze führt zum Wachstum einzelner großer Pyramiden mit geringer Ausbeute an Substraten. Das von Yusuke Mori (Osaka University, Japan) vorgestellte Konzept koaleszierender Wachstumskerne („multi-point seed“) führt zu freistehenden hexagonalen Substraten mit 4 Zoll Durchmesser, die strukturelle Qualität bleibt jedoch unklar.

Das Ammonothermalverfahren wird weltweit untersucht. Führend sind Mitsubishi Chemicals und die Tohoku University, Sendai (Japan), Ammono S.A. (Polen) sowie die University of California Santa Barbara UCSB, Soraa Inc. und andere in den USA. Auf dem IWBNS-Workshop wurde deutlich, dass nach einer enthusiastischen Phase eine gewisse Stagnation eingesetzt hat und nun verstärkt die Grundlagen der Züchtung wie z.B. Eigenschaften der Lösung (Löslichkeit, Viskosität), chemische Reaktionen, Wirkweise der Mineralisatoren usw. verstanden werden müssen. Die Anzahl und Tiefe der Beiträge, u.a. von der DFG-Forschergruppe „Chemie und Technologie der Ammonothermal-Synthese von Nitriden“

(<http://www.ammono-for.de>), zeigen, dass hieran ernsthaft gearbeitet wird und man auf einen neuen „Technologiesprung“ hoffen darf.

Mittels HVPE gezüchtete GaN-Kristalle leiden unter den starken thermischen Spannungen und der resultierenden Gitterdurchbiegung bei Wachstum auf Saphirsubstraten. Auch die Versetzungsdichte ist mit 10^6 cm^{-2} nicht wesentlich geringer als bei MOCVD-Wachstum mit ELO-Prozessen oder auf strukturierten Substraten. Diesmal waren die führenden Firmen Hitachi Cable und Furukawa Corp. nicht mit Präsentationen auf den Tagungen vertreten. Auf der IWBS wurde die HVPE-Züchtung praktisch ausschließlich durch Forscher des Instituts Unipress (Polen) vorgestellt. Die polnischen Kollegen waren es auch, die zeigen konnten, dass sich eine wesentlich niedrigere Gitterdurchbiegung und Versetzungsdichte erzielen lässt, wenn die HVPE auf GaN-Substraten erfolgt, die im Ammonothermalverfahren hergestellt wurden (ISGN-Plenarvortrag von Izabella Grzegory). Solche freistehenden Schichten, vom ammonothermalen GaN zwecks Wiederverwendung des Substrates abgespalten, wären wohl die beste und langfristig vielleicht auch die wirtschaftlichste Wahl für GaN-basierte Bauelemente. Leider kann diese viel versprechende Technologie aktuell nur von Unipress und von der Tohoku Universität (Japan) weiter entwickelt werden, da es

nach wie vor auch keine wirkliche kommerzielle Verfügbarkeit von ammonothermal gezüchteten GaN-Substraten gibt.

Fazit

Die beiden internationalen Tagungen geben einen sehr guten Überblick über die Fortschritte und die Schwerpunkte bei der Entwicklung der Wachstumstechnologien für Gruppe III-Nitride. Nach der Kommerzialisierung der InGaN-LEDs für Beleuchtungszwecke und der zunehmenden Anwendung von GaN-on-Si für großflächige Leistungsbaulemente geht der wissenschaftliche Fokus zunehmend hin zu AlGaIn-Schichten mit hohem AlN-Gehalt. Dagegen scheint die Forschung zu InGaIn mit hohem Indiumgehalt (für grüne und gelbe Laserdioden) sowie zu nicht- und semipolaren Wachstum aufgrund mangelnder Fortschritte etwas abzunehmen.

Die Herstellung von AlN- und AlGaIn-Substraten, Schichtstrukturen und Bauelementen wird Thema eines eigenen Symposiums auf der nächsten Herbsttagung der E-MRS (Warschau, 19.-22. September 2016) sein. Die nächste Tagung über nitridische Halbleiter ist der IWN-Workshop am 2.-7. Oktober 2016 in Orlando, USA. Die nächste IWBS-Tagung findet im Herbst 2017 in Helsinki, die nächste ISGN-Tagung 2018 in Warschau statt.

DGKK-Nachwuchs

Unterstützung des Projekts „Lernzeiten“ der Otto-Pankok-Schule in Mühlheim durch die DGKK

Ralf Schütz, Otto-Pankok-Schule, Mühlheim

Die DGKK hat das Projekt „Lernzeiten“ der Otto-Pankok-Schule in Mühlheim mit 500€ finanziell unterstützt, damit dort Chemikalien und ein Lichtmikroskop mit USB Anschluss angeschafft werden konnten, so dass die jungen Forscherinnen und Forscher Kristalle züchten und untersuchen konnten. Nachfolgend finden Sie die betreffenden Artikel aus dem Jahrbuch der Otto-Pankok-Schule.

Die Schüler haben sowohl der Schulgemeinde, d.h. den Eltern, Mitschülern und Lehrern der Jahrgangsstufe 6 sowie allen Interessierten, ihre Projekte vorgestellt. Dabei erzielte das Kristallprojekt besondere Aufmerksamkeit.

Darüber hinaus hat eine Schülergruppe den Mut gehabt, ihr Kristallprojekt im Rahmen der indiv-Praxistagung im Juni 2015 in der Universität Duisburg-Essen Studenten und Dozenten der Bildungswissenschaften zu präsentieren. Hintergrund dieser Präsentation ist die Zusammenarbeit der Otto-Pankok-Schule mit der Uni Duisburg Essen im Rahmen der Lernzeiten. Ausgewählte Studenten kommen für ein halbes Jahr in die Schule und unterstützen die Schüler bei der Erarbeitung und Präsentation ihrer Projekte und lernen zugleich dabei, wie

eine individuelle Förderung von Schülerinteressen und Lernstrategien aussehen kann. Auch diese Präsentation war sehr erfolgreich: alle Schüler haben das Gefühl mitbekommen bzw. mitgenommen, wirklich etwas Besonderes geschafft zu haben.

Die Lernzeiten sind in unserem Schulprogramm mittlerweile implementiert, d.h. das Projekt "Kristalle" wird - mit unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkten - auch in den nächsten Schuljahren weitergeführt werden.

Vor diesem Hintergrund im Namen der Schulleitung und aller Schüler und Lehrer, die an diesem Projekt beteiligt sind: Herzlichen Dank für Ihre Unterstützung!

Ralf Schütz

Artikel zu Lernzeiten aus dem Jahrbuch der Otto-Pankok-Schule

LERNZEITEN GEHEN IN DIE ZWEITE RUNDE

Sich im Unterricht mit einem eigenen Themengebiet zu beschäftigen, in seinem Thema zum Experten zu werden, jede Menge Wissen einzubringen und noch mehr zu erwerben, und dies auch noch ohne Notendruck und mit viel Spaß! Wo es das gibt? In den Lernzeiten unserer Schule! Nach dem erfolgreichen Start des Unterrichtsprojektes Lernzeiten im Schuljahr 2013/14 fand am 6. Februar 2015 der Auftakt für die Lernzeiten in den sechsten Klassen statt.

In den Lernzeiten erforschen die Schüler über ein halbes Schuljahr hinweg ihr ureigenes Interessengebiet und präsentieren ihre Forschungsarbeit als Experten am Ende des Halbjahres vor einem großen Publikum. Und dass sie das können, bewiesen die Schüler bereits im letzten Schuljahr in herausragender Weise! Im Schuljahr 2014/15 haben die Schüler als Forschungsthemen Astronomie, Computer, Flugzeug- und Raketenantriebe, Orcas und Dschungeltiere, Medizin, Wasser, das Great Barrier Reef, Kristalle, kreatives Schreiben, geschichtliche Themen zur Stadtgeschichte Mülheims, zur Antike und zur jüngsten Neuzeit sowie sportliche Themen wie Fußball und Longboard gewählt.

LERNZEITEN IN DER JAHRGANGSSTUFE 6

Maya Soethe und Meike Matten, 6a



Frau Dr. Weidenthaler vom MPI Mülheim führt in die Kristallzüchtung an der Otto-Pankok-Schule ein Foto: Otto-Pankok-Schule

Kristallzucht Wettbewerb

Sebastian Bruns, 6a

Ich berichte euch, wie die Teilnahme meiner Klasse 6a am Kristallzucht-Wettbewerb, zu dem wir uns im Schuljahr 2013/14 angemeldet hatten, im Schuljahr 2014/15 zu Ende geführt wurde. Alle hatten sehr viel Spaß und wir erfuhren vieles über Kristalle.

Es gab bei der Zucht Teams von zwei bis vier Schülern. Die Kristalle mussten wir ein halbes Jahr lang wachsen lassen. Es war ein schwerer Weg, bis die Kristalle so gewachsen waren, wie sie jetzt sind. Es war auch viel Feingefühl nötig. Besonderen Spaß machte das Ansetzen der Lösung. Mit unserer Lehrerein Frau Stein schickten wir die Kristalle vor den Herbstferien zur Begutachtung nach München, nachdem die

Für die Eingangsreferate konnte die Otto-Pankok-Schule externe und interne Fachwissenschaftler gewinnen, die in vielfältiger und spannender Form die Schüler mit ersten Informationen über das jeweilige Thema versehen und gefesselt haben. An dieser Stelle danken wir sehr herzlich den Referenten Stephan Breil (OP), Ulrich Clemens (Ev. Krankenhaus), Dr. Kerstin Ternes und Jan Woudboer (Zoo Duisburg), Christa Schragmann (Haus Ruhrnatur), Tina Paulus (OP), Jost Schenck, Ulrich Langenecker (Fachschule für Luftfahrzeugführer/Flughafen Mülheim), Dr. Claudia Weidenthaler (Max-Planck-Institut Mülheim), Vanessa Westphal (OP), Dr. Klaus Reichel und Hans-Werner Nierhaus (Historiker), Thomas Eschmann, Anna Kleyman, Julia Ehrh (alle OP), Johannes Michels und Annika Hanhard (Dipl.-Sportwissenschaftler, Sportservice Mülheim), Dr. Heribert Lochthove (OP) sowie der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V./Fraunhofer Institut, die in großzügiger Weise das Kristallprojekt mit einer Sachspende von 500 Euro unterstützt hat.

Ralf Schütz, Gabriele Buchenthal

Jedes Schuljahr haben Schüler der Unterstufe pro Woche zwei Stunden Lernzeiten, in denen sie Zeit haben, in Gruppen an einem Projekt über ein beliebiges, selbst gewähltes Thema zu arbeiten. Jedes Thema wird von den Schülern selbst gestaltet und anschließend präsentiert. So wird jedes Projekt einzigartig!

Die Unterstufenschüler werden von ihren Klassenlehrern und Studenten unterstützt. Zusätzlich zum regulären Unterricht ist auch eine Lernzeiten-AG wählbar, in der die Schüler die Arbeit an den Projekten weiterführen können. Diese AG findet nach den regulären Lernzeiten in einer zusätzlichen siebten Stunde statt.

Es macht viel Spaß, an den Projekten zu Arbeiten und ist eine Abwechslung zu den normalen Unterrichtsfächern.

verschiedenen Teams sich jeweils einen Kristall ausgesucht hatten. Ende 2014 bekamen wir dann von der Jury Bescheid. Leider hatten wir mit unseren Kristallen nicht gewonnen.

Dank dieses Wettbewerbes lernten wir die Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung kennen. Sie unterstützte unsere Lernzeiten im Schuljahr 2014/15 mit 500 Euro, sodass wir ein Mikroskop mit Kamera und USB-Anschluss kaufen konnten. Mit Hilfe dieses Mikroskops konnten die Schüler, die in den Lernzeiten das Thema „Kristalle“ gewählt hatten, ihre Zuchtkristalle untersuchen und die Fotos in ihre Präsentationen einbauen.

Geheimnisvolle Welt der Kristalle

Alma Cosovic, Lucie Letmathe, Katharina Schröer, Lilith Kurasz, 6e



Schülerinnen der 6. Klasse der Otto-Pankok-Schule experimentieren mit dem neuen Mikroskop, das dank der finanziellen Unterstützung durch die DGKK angeschafft werden konnte.

Foto: Otto-Pankok-Schule

Unsere Gruppe wählte in den Lernzeiten zu Beginn des zweiten Halbjahres das Projektthema „Kristalle“. Da dieses Thema sehr speziell ist, bekamen wir Besuch von Frau Dr. Weidenthaler vom Max-Planck-Institut. Sie gab uns viele Informationen über Kristalle und einiges davon haben wir auch mitgeschrieben.

In den darauf folgenden Stunden erstellten wir eine Mind-

map mit neuen und alten Informationen. Danach wählten wir innerhalb unserer Gruppe kleine Unterthemen aus und recherchierten zu diesen Themen im Internet und in Büchern. Die herausgefundenen Informationen verfassten wir in eigene Texte. Als wir damit fertig waren, verteilten wir diese in unserer Gruppe. Nun konnten wir anfangen, unsere Präsentation vorzubereiten. Wir besorgten uns noch Bilder und andere Materialien und druckten diese aus.

Als wir alles vollständig hatten, übten wir die Präsentation so lange, bis wir sie konnten.

Nach den Osterferien kam Frau Dr. Weidenthaler ein weiteres Mal in unsere Schule, um unsere Fragen, die während der Beschäftigung mit Kristallen aufgetreten waren, zu beantworten.

Zwischendurch setzten wir in den Stunden, in denen wir nicht im Selbstlernzentrum arbeiteten, im Chemieraum Salzlösungen für die Kristallzucht an. Unsere Kristalle züchteten wir aus Kochsalz- und Alaunlösungen. Eine andere Gruppe stellte auch blaue Kristalle aus Kupfersulfat her. Nachdem wir unsere Kristalle aus der Lösung geholt hatten, konnten wir sie unter dem Mikroskop betrachten und einige schöne Fotos machen.

Abgeschlossene Promotion an der Technischen Universität Berlin in Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)

Impact of strain and composition on structural and piezo-/ferroelectric properties of epitaxial NaNbO_3 and $\text{K}_x\text{Na}_{1-x}\text{NbO}_3$ thin films and superlattices grown by PLD

Jan Sellmann, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin

Der Einfluss von Wachstumsbedingungen der Laserstrahlverdampfung (PLD) auf den Wachstumsmodus, den Spannungszustand und die Zusammensetzung von NaNbO_3 - und $\text{K}_x\text{Na}_{1-x}\text{NbO}_3$ -Dünnschichten und Übergittern wurde systematisch untersucht. Einkristalline (011) NdGaO_3 -, (001) SrTiO_3 -, (011) DyScO_3 -, (011) TbScO_3 - und (011) NdScO_3 -Substrate mit kontrollierter Gitterfehlanpassung wurden verwendet, um biaxial kompressive oder tensile Gitterverspannungen in den Filmen zu erzeugen.

Im Fall von NaNbO_3 lag der Fokus auf der Erforschung von Abscheidebedingungen, die ein nahezu stöchiometrisches, 2D-Film-Wachstum ermöglichen. Es wurde untersucht, wie sich Sauerstoff- und Natriumvakanzan auf (i) die ferroelektrische Domänenbildung in tensil und (ii) lokale Hysteresen in kompressiv verspannten Filmen auswirken.

Eine signifikante Reduzierung von Natrium- und Sauerstoffvakanzan konnte sowohl durch Anheben des Sauerstoff-Hintergrunddruckes von 0,05 auf 2 mbar, als auch durch die Verwendung eines Targets mit einem Na/Nb-Verhältnis

von 1,17 erreicht werden.

In nahezu stöchiometrischen, tensil verspannten Filmen wurden keine ausgedehnten Defekte beobachtet. In kompressiv verspannten Filmen führten ansonsten identische Wachstumsbedingungen jedoch zu säulenartigen Defekten. Es wurde ermittelt, dass dieser Defektyp in der Lage ist, kompressive Verspannung in den Filmen abzubauen.

Nahezu stöchiometrische, tensil verspannte Filme weisen gut geordnete laterale ferroelektrische a_1/a_2 Domänen auf. Die Art der Domänenkonfiguration in Filmen unter reduzierter tensiler Verspannung (a_1c/a_2c) weicht deutlich von üblicherweise beobachteten a_1c/a_2c Domänen ab.

Gut ausgeprägte lokale ferroelektrische Hysteresen konnten in nahezu stöchiometrischen Filmen unter geringer kompressiver Verspannung nachgewiesen werden. Damit wurde bestätigt, dass bei Raumtemperatur durch Gitterverspannung eine stabile ferroelektrische Phase in NaNbO_3 erzeugt werden kann, welches im relaxierten Zustand antiferroelektrisch ist.

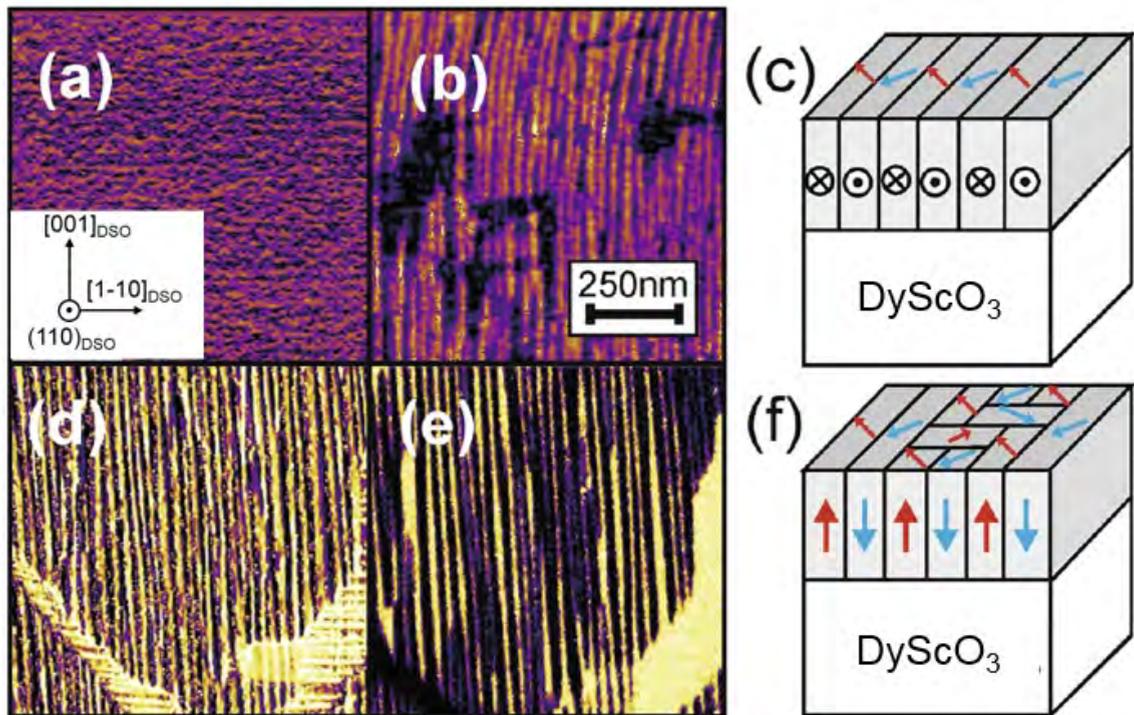


Abbildung 1: Laterale (LPFM) und vertikale (VPFM) PFM-Phasenbilder von NaNbO_3 -Filmen auf (110) DyScO_3 -Substraten mit einer Schichtdicke von (a) 1,5 nm (LPFM), (b) 6,0 nm (LPFM) und (d), (e) 27, 3 nm (LPFM, VPFM). Veranschaulichung der ferroelektrischen Domänenstruktur (c), (f).

In $\text{K}_x\text{Na}_{1-x}\text{NbO}_3$ -Filmen wurde der Einfluss von K/Na-Verhältnis und Gitterverspannungen auf lokale piezoelektrische Koeffizienten untersucht. Dabei wurde 2D-Wachstum von voll kompressiv verspannten Filmen gegenüber Optimierung der Film-Stöchiometrie priorisiert. Die Dicke, bis zu der glatte $\text{K}_x\text{Na}_{1-x}\text{NbO}_3$ -Schichten abgeschieden werden konnten, war deutlich geringer als im Fall von ähnlich verspannten NaNbO_3 -Filmen. Als alternativer Ansatz wurden Übergitter mit alternierenden Schichten unter kompressiver und tensiler Verspannung auf DyScO_3 -Substraten abgeschieden. So konnte sowohl 2D-Wachstum als auch kompressive Verspannung für signifikant dickere Schicht-Stapel im Vergleich zu Einzelschichten erreicht werden.

Theoretische Vorhersagen lassen auf exzellente ferro/piezoelektrische Eigenschaften von Übergittern aus zwei ferroelektrischen Materialien schließen. In dieser Arbeit

wird gezeigt, dass 2D-gewachsene und voll kompressiv verspannte $\text{NaNbO}_3/\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{NbO}_3$ -Übergitter auf DyScO_3 -Substraten viel versprechende lokale piezoelektrische Eigenschaften haben.

Kurzlebenslauf Jan Sellmann

Geburtsdatum:	02.06.1981
Geburtsort:	Lippstadt
Abitur:	Marienschule Lipperbruch (Gymnasium)
Studium:	2001-2007: Studium der Physik an der Leipzig
Diplomarbeit:	PLD-Wachstum und Eigenschaften von $\text{ZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Bragg-Spiegeln
Promotion:	2011-2015: Technische Universität Berlin (Promotionsstudent); Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (wiss. Mitarbeiter)

One year sojourn at the Leibniz Institute for Crystal Growth (IKZ) during PhD study

Xiaofang Qi, Xi'an Jiaotong University, China

Ms. Xiaofang Qi is a PhD student in Xi'an Jiaotong University, major in Power Engineering and Engineering Thermophysics. Prof. Lijun Liu is her supervisor of the doctoral program. In Sep 2011, Ms. Qi enrolled in Prof. Liu's research group. After that, she was interested in the field of crystal growth. Her work mainly focuses on modeling and simulation of directional

solidification process for crystalline silicon ingots. As a key contributor, she has been participating in several important projects, such as "Optimal design of the directional solidification process for producing high-performance multi-crystalline silicon ingots for solar cells", "Control of thermal stress and impurity field during the seeded directional process for quasi-

single crystalline” and ”Mechanism and control of coupled oxygen and carbon transport in the directional solidification process for multi-crystalline silicon ingots”. During these research projects, effects of the hot zone and process designs on melt-crystal interface shape, thermal stress and impurities distribution were investigated. Finally, the favorable designs were obtained to improve the quality of silicon ingots for solar cells.

Self-developed programming and commercial software (Ansys Fluent, CFD) were employed to establish the transient global model for heat and mass transfer in directional solidification furnaces, which involves thermal conduction, thermal radiation, melt convection, and gas flow, as well as phase change. For accurate prediction of oxygen and carbon distributions in the crystalline silicon ingots, the SiO and CO concentrations in the argon gas in an industrial directional solidification furnace were investigated, as shown in Fig. 1. It can be seen that the maximum concentration of SiO concentration is 1.5×10^{-8} mol/cm³, which appears at the corner region surrounded by the crucible and the silicon melt. At the heat and cover surfaces, SiO reacts with carbon to produce CO, leading to a relatively low SiO concentration at the these surfaces.

In 2015, she got a chance to stay one year at the Leibniz

Name	Xiaofang Qi
Date of Birth	21.08.1988
Place of birth	Luoyang, Henan Province, China
09.2007 – 07.2011	B.S., Thermal Energy and Power Engineering, Northwest A&F University, China
09.2011 – Present	Ph.D., Research Group for Crystal Growth and Solar Cell Materials, Xi’an Jiaotong University, China
10.2015 – 09.2016	Joint Ph. D., Research Group for Numerical Modeling, Leibniz Institute for Crystal Growth (IKZ), Germany

Institute for Crystal Growth (IKZ) as a joint PhD student with the financial support from China Scholarship Center (No. 201506280087). It included a six-week German training program prior to the stay. The learning is continued in a German class once a week held at International Guest Houses (IBZ). Now, she is working under the supervision of Dr. Wolfram Miller on the topic ”Numerical modeling of grain evolution in directional solidification of silicon”. It is well known that the evolution of grains is one of the key issues during the directional solidification of multi-crystalline silicon, because the final grain structure and related defects of silicon ingots strongly influence the conversion efficiency of solar cells. The numerical modeling of grain evolution during solidification of multi-crystalline silicon is still a challenge. Therefore, under the guidance of Dr. Miller, she has attempted to develop a model, which uses input data based on the results of calculation on the microscopic scale, which includes the details of growth kinetics and interfacial energy effects. The phase-transition is computed by using a sharp interface model and a cellular automaton method is employed to set the grain orientation

once a node changed from melt to solid. The computation is realized within software environment WaLBerla, which ensures a high performance in massively parallel computing. WaLBerla is a development of the group of Prof. Ulrich Ruede in the mathematical department of the University of Erlangen-Nürnberg.

Currently, it is investigated how the interface shape has an influence on the grain evolution and nucleation of twinning in

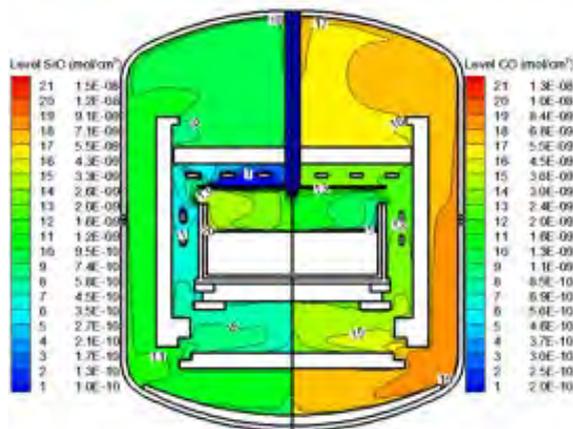


Fig. 1. SiO (left) and CO (right) distributions in an directional solidification furnace 4 hours after the start of the solidification process (t = 4 h).

directional solidification of silicon. As a preliminary example, the results for test case of 25x10 mm² domain are shown in Fig. 2. It is shown that the interface shape significantly influences the grain evolution during the solidification process. The shapes of grain boundary are smooth for the flat interface shape, while that gradually change according to the interface normal for the convex and concave interface shape. In particular, the bottom grain boundary for the convex interface shape may reveal the variation of grain boundary groove. In the next step this two dimensional model will be extended to a fully three dimensional model.

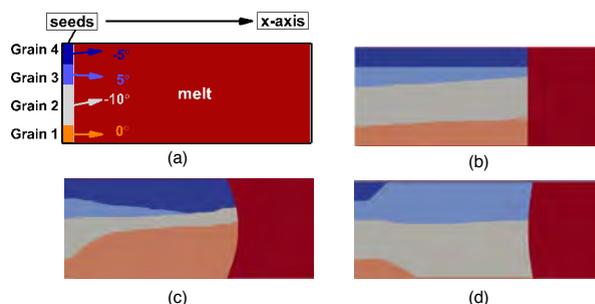


Fig. 2. Evolution of grains for different crystal-melt interface shapes. (a) Schematic for initial grains: the angles between the x-axis and the <100> orientation are 0°, -10°, 5° and -5° for Grain 1, 2, 3 and 4, respectively, (b) flat interface shape at 28 minutes, (c) convex interface shape at 35 minutes and (d) concave interface shape at 22 minutes.

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.

Vorsitzender

Dr. Wolfram Miller
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
Max-Born-Str.2, 12489 Berlin
Tel.: 030 / 6392 3074
Fax: 030 / 6392 3003
E-Mail: wolfram.miller@ikz-berlin.de

Stellvertretender Vorsitzender

PD Dr. Andreas N. Danilewsky
Kristallographie
Institut für Geo- und Umweltwissenschaften
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Hermann-Herder-Str. 5, 79104 Freiburg
Tel.: 0761 / 201 - 6450
E-Mail: a.danilewsky@krist.uni-freiburg.de

Schatzmeister

Prof. Dr. Peter Wellmann
Institut für Werkstoffwissenschaften 6
Friedrich-Alexander-Universität (FAU)
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: christiane.frank-rotsch@ikz-berlin.de

Redaktion und Anzeigen:

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

Redaktionsschluss:

01. Juli 2016
ISSN 2193-374X (Druck)
ISSN 2193-3758 (Internet)
Gesetzt mit pdfL^AT_EX.

Nachrichten der DGKK, Stellenangebote, Stellengesuche:

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

Anzeigenpreise:

Die Anzeigenpreise gelten pro Anzeige in Abhängigkeit von Größe und beauftragter Anzahl ab 3/2013 für Neukunden und sind Brutto-Preise. Bitte wenden Sie sich bei Interesse an die Redaktion des Mitteilungsblattes.

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.

Beisitzer

Dr. Alfred Miller
Siltronic AG
Johannes-Hess-Straße 24, 84489 Burghausen
Tel.: 08677 / 83 4665
E-Mail: alfred.miller@siltronic.com

Dr. Tina Sorgenfrei
Kristallographie
Institut für Geo- und Umweltwissenschaften
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Hermann-Herder-Str. 5, 79104 Freiburg i. Br.
Tel.: 0761 / 203 - 6436
Fax: 0761 / 203 - 6434
E-Mail: tina.sorgenfrei@mf.uni-freiburg.de

Dr. Berndt Weinert
Freiberger Compound Materials GmbH
Am Junger Löwe Schacht 5, 09599 Freiberg /Sa.
Tel.: 03731 / 280 200
Fax: 03731 / 280 106
E-mail: berndt.weinert@fcm-germany.com

Bankverbindung:

Sparkasse Karlsruhe
Kto.-Nr.: 104 306 19
BLZ: 660 501 01
IBAN DE84 6605 0101 0010 4306 19
SWIFT-BIC: KARSDE66

Internetredaktion:

Die Internetredaktion setzt sich gegenwärtig aus der Schriftführerin, der Webmasterin und dem Redaktionsteam des Mitteilungsblattes zusammen.

E-Mail: internet.redaktion@dgkk.de

Sabine Bergmann
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
Tel.: 030 / 6392 3093
Fax: 030 / 6392 3003
E-Mail: webmaster@dgkk.de
WWW: <http://www.dgkk.de>

Mitgliedschaft:

Der Mitgliedsbeitrag kostet zur Zeit im Jahr 30 € und für Studenten ermäßigt 20 €. 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.

Anzahl Anzeigen	DGKK-Mitglieder		Nicht-Mitglieder	
	1/1 Seite	1/2 Seite	1/1 Seite	1/2 Seite
1	288,00 €	135,00 €	320,00 €	150,00 €
4	234,00 €	108,00 €	260,00 €	120,00 €

Arbeitskreise der DGKK

Herstellung und Charakterisierung von Massiven Halbleiterkristallen

Sprecher: 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

Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelationen

Sprecher: Dr. Andreas Erb
 Walter-Meissner-Institut, Walther-Meissner-Straße 8, 85748 Garching
 Tel.: (089) 2891 4228 E-Mail: a.erb@wmi.badw.de

Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik

Sprecher: Dr. Klaus Dupré
 FEE, Struthstr. 2, 55743 Idar-Oberstein
 Tel.: (06781) 21191 E-Mail: dupre@fee-io.de

Epitaxie von III-V-Halbleitern

Sprecher: Prof. Dr. Michael Heuken
 Aixtron AG Aachen, Kaiserstr. 98, 52134 Herzogenrath
 Tel.: (0241) 8909 154 Fax: (0241) 8909 149 E-Mail: m.heuken@aixtron.com

Wachstumskinetik und Nanostrukturen

Sprecher: Dr. Wolfram Miller
 Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Max-Born-Str. 2, 12489 Berlin
 Tel.: (030) 6392 3074 Fax: (030) 6392 3003 E-Mail: wolfram.miller@ikz-berlin.de

Industrielle Kristallzüchtung

Sprecher: Dr. Götz Meisterernst
 Siltronic AG, Johannes-Hess-Straße 24, D-84489 Burghausen
 Tel.: (08677) 83 7556 E-Mail: goetz.meisterernst@siltronic.com

Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung

Sprecher: Dr. Lev Kadinski
 Siltronic AG, Johannes-Hess-Straße 24, 84489 Burghausen
 Tel.: (08677) 83 1991 Fax: (08677) 83 7303 E-Mail: lev.kadinski@siltronic.com

Tagungskalender

2016

07. – 09. September 2016

German-Japanese Gallium Oxide Technology Meeting 2016
Berlin, Germany

Leitung: Matthias Bickermann
<http://events.ikz-berlin.de/2016/gao/>

15. – 16. September 2016

AK "Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik"
Berlin, Germany

29. – 30. September 2016

AK "Intermetallika"
Dresden, Germany

12. – 13. Oktober 2016

AK "Massive HL-Kristalle"
Erlangen, Germany

07. – 08. November 2016

AK "Industrielle Kristallzüchtung"
Freiberg, Germany

08. – 09. Dezember 2016

AK "Epitaxie von III-V-Halbleitern"
Duisburg, Germany

2017

08. – 10. März 2017

4th German-Swiss Conference on Crystal Growth (GSCCG-4/DKT 2017)

Freiburg, Germany

Leitung: Stephan Riepe, Tina Sorgenfrei, Enrico Giannini

Antrag auf persönliche Mitgliedschaft in der DGKK

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

Name: _____ Vorname: _____

Titel: _____ Beruf: _____

Ich bin Student, Schüler, Auszubildner

z.Z. gültige Jahresbeiträge: 20 € (regulär), 10 € (Student, Schüler, Auszubildner)

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:

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

Vermerke:

Mitgliedsnummer

Eintrittsdatum: . .

FURNACE TECHNOLOGY LEADERSHIP



Induction heating

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

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).

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!

THE TOOLS FOR YOUR WAY INTO NEW MATERIAL SPACES!

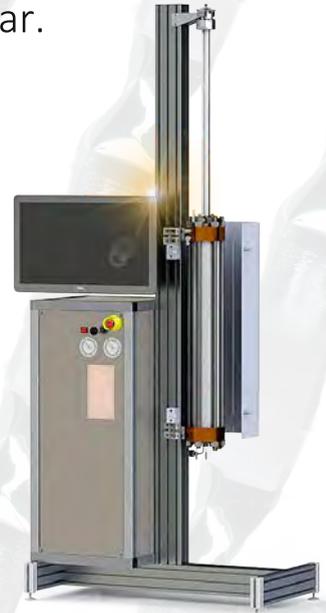


HIGH PRESSURE CZOCHRALSKI PROCESS FURNACE

Compact tabletop Czochralski device to pull single crystals with 3" max. diameter under ambient gas pressure of up to 150 bar.

HIGH PRESSURE BRIDGMAN FURNACE SYSTEM

Bridgman-type crystal growth furnace, applicable with pressures up to 150 bar in the growth chamber with (m)any gases.



TURNABLE FLUX CRYSTAL GROWTH FURNACE

In-situ separation of flux and crystal material by simple rotation or centrifugation of the process chamber.

PTM-PHASE TRANSITION MICROSCOPE

High temperature microscope with a light-heated crucible: study phase transitions, search new fluxes, make fast concentration/phase diagram studies.



SCIDRE
SCIENTIFIC INSTRUMENTS DRESDEN GMBH