

Mitteilungsblatt  
Nr. 90 / 2010



Deutsche Gesellschaft  
für Kristallwachstum und  
Kristallzüchtung e.V.



---

## Inhalt

Der Vorsitzende / Editorial . . . . .	3
DGKK-intern . . . . .	5
DGKK-Personen . . . . .	16
DGKK-Nachrichten . . . . .	19
DGKK-Fokus . . . . .	24
DGKK-Forschung . . . . .	27
DGKK-Nachwuchs . . . . .	28
Über die DGKK . . . . .	32
Tagungskalender . . . . .	33

---

# Heraeus

## More than exciting dreams – Precious Metals



*Seamless tubes for extra  
stable seed-crystal holders*

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



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

**W. C. Heraeus GmbH & Co. KG**

Engineered Materials Division

Business Unit Precious Metals Technology

Heraeusstr. 12 – 14

63450 Hanau, Germany

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

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

E-mail: [precious-metals-technology@heraeus.com](mailto:precious-metals-technology@heraeus.com)

[www.wc-heraeus.com/precious-metals-technology](http://www.wc-heraeus.com/precious-metals-technology)

**W. C. Heraeus**

## Der Vorsitzende

### Liebe Kolleginnen und Kollegen,

leider muss ich meine Notizen als neuer Vorsitzender der DGKK mit einer sehr traurigen Nachricht beginnen. Am 20. April 2010 verstarb nach schwerer Krankheit Herr Dr. Günter Behr vom Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung in Dresden. Wir erinnern uns an ihn sehr gerne, da er neben seiner wissenschaftlichen Tätigkeit auf dem Gebiet der Kristallzüchtung, die er mit voller Leidenschaft ausübte, stets seine Kraft für das Wohl der DGKK einsetzte, hier mit hohem Engagement den Arbeitskreis „Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelation“ leitete und vor allem ein Mensch voller Fleiß, Tatendrang, Optimismus und humorvoller Lebensfreude war. Als sei es gerade erst gestern gewesen, so ist noch die von ihm hervorragend geführte und erstmals als „Deutsche Kristallzüchtungstagung“ bezeichnete DGKK-Jahreskonferenz in Dresden 2009 gegenwärtig. Sein Name wird über unsere Ländergrenzen hinaus für immer elitär mit der Kristallzüchtung verbunden bleiben. Günter wird uns sehr fehlen...

Lasst mich nun einen in die Zukunft führenden Bogen schlagen. In unserem Nachwuchsbereich der Kristallzüchtung „rührt sich etwas“. Frau Tina Trautnitz, Doktorandin an der Universität Freiburg, meldete sich bereits in Dresden zu Wort, eine „Junge Initiative“ innerhalb der DGKK ins Leben zu rufen. Wesentliches Anliegen ist eine verbesserte Kommunikation unter jungen Kristallzüchtern, Verbreitung von Informationen über Dissertationsverteidigungen und Jobangebote (siehe dazu einen gesonderten Beitrag in diesem Heft). Der DGKK-Vorstand wird diese Initiative aktiv unterstützen. So wurde bereits beschlossen, zu den Beratungen stets einen Jugendvertreter als Gast einzuladen. Viel Lob erhielt auch die diesjährige Verleihung des DGKK-Preises für Nachwuchswissenschaftler an Herrn Henning Döscher vom Helmholtz-Zentrum Berlin. Sein Festvortrag auf der diesjährigen Deutschen Kristallzüchtungstagung in Freiburg, die ebenfalls vom dortigen Team unter Leitung von Arne Cröll sehr erfolgreich durchgeführt wurde, verdeutlichte die zunehmende Wichtigkeit der Epitaxie nicht nur für zukünftige Solarzellenvarianten sondern auch für die breitere inhaltliche Ausrichtung unserer DGKK-Arbeit. Das gilt auch für das sprunghaft gestiegene Interesse an nanokristallinen Strukturen. Ich hoffe, es findet sich alsbald ein/e Sprecher/in, der/die einen solchen neuen Arbeitskreis gründet. Die Zeit ist reif.

Herrn Wolfram Miller ist es als neuer Arbeitskreissprecher der „Kinetik“ gelungen, ein Seminar hoher Resonanz im DPG Spring Meeting in Regensburg vom 21.-26. März 2010 innerhalb einer „MatWerk“-Initiative durchzuführen. Der uns gut bekannte Physiker Thomas Michely von der Uni Köln reichte seine DGKK-Mitgliedschaft ein – herzlich Willkommen!

Im nächsten Jahr führen wir unsere Tagung vom 14.-18. März in Frankfurt an der Oder gemeinsam mit der Polnischen Kristallzüchtergesellschaft durch. Schon der avisierte Zeitraum einer ganzen Woche verdeutlicht, dass wir auf Anraten einiger DGKK-Mitglieder eine Lösung für das in Freiburg diskutierte Problem einer eventuellen Überlastung mit Solarmaterialien insofern gefunden haben, dass wir der Deutsch-Polnischen Tagung einen darauf speziell ausgerichteten Workshop voranstellen. Es gibt schon heute großes Interesse, nicht nur in beiden Ländern, sondern auch im übrigen Ausland. So hat beispielsweise unser neues DGKK-Mitglied Koichi Kakimoto aus Japan schon jetzt sein Kommen zugesagt. Grundsätzlich sollten wir unsere Tagungen und Aktivitäten noch stärker international öffnen. Da wäre in der Zukunft auch an Dreiländertagungen mit weiteren osteuropäischen Vereinigungen wie der tschechischen und ukrainischen zu denken. Auch solche Fragen sollten auf einem geplanten Meeting europäischer Kristallzüchtungsrepräsentanten am 20.-21. April in Berlin besprochen werden. Leider machte uns „der Vulkan“ einen Strich durch die Rechnung. Nun planen wir diese wichtige Veranstaltung mit 30 Vertretern aus 26 Ländern (so viele hatten zugesagt!) für Ende November dieses Jahres.

Jetzt aber bereiten wir uns erst einmal auf die ICCG-16 vom 08.-13. August 2010 in Peking vor. Mit ca. 40 Paper-Einsendungen ist die DGKK unter den ersten sechs Nationen von über 30 stark vertreten. Insgesamt haben sich über 1000 Teilnehmer angemeldet – natürlich zumeist aus Japan, Indien und dem Veranstalterland selbst. Die DGKK wird darüber hinaus mit Roberto Fornari den nächsten IOCG-Präsidenten stellen.

Auf Wiedersehen in Peking !

Euer

Peter Rudolph

## Inhalt

Der Vorsitzende .....	3
Editorial .....	4
40 Jahre DGKK .....	4
Zum Titelbild .....	5
DGKK-intern .....	5
Tagungsberichte von der Deutsche Kristallzüchtungstagung 2010	5
Protokoll der Mitgliederversammlung 2010 .....	8
DGKK-Preis 2011 .....	10
DGKK-Nachwuchspreis 2010 .....	11
24. Workshop des DGKK-AK „Epitaxie von III/V-Halbleitern“ ..	11
11. Kinetikseminar der DGKK .....	12
DGKK-Personen .....	16
Nachruf: Dr. Günter Behr .....	16
Professor Dr. Joachim Bohm zum 75. Geburtstag .....	16
DGKK-Nachrichten .....	19
Innovationspreis Mikroelektronik geht an Fraunhofer IISB und SolarWorld AG .....	19
Siliciumcarbid: Preisgekrönte Forschungsarbeiten des Fraunhofer IISB .....	20

Perfekte Halbleitermaterialien für die Industrie – Fraunhofer THM auf Wachstumskurs .....	21
DGKK-Schule „Kristallzüchtung von Solarsilizium“ .....	23
DGKK-Fokus .....	24
Epitaktisches Graphen: Das Wachstum zweidimensionaler Kristalle .....	24
DGKK-Forschung .....	27
15th International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE-XV) .....	27
DGKK-Nachwuchs .....	28
EU "Crystal Growth Master Course" Initiative gestartet .....	28
Abgeschlossene Dissertationen am Physikalischen Institut der Goethe-Universität Frankfurt/Main .....	29
Mit Werkstoff-Know-how zum preisgekrönten Studienabschluss	30
Ideen zur Bildung einer „Jungen Initiative“ innerhalb der DGKK.	31
Neue Mitglieder 2010 .....	31
Über die DGKK .....	32
Arbeitskreise .....	33
Tagungskalender .....	33

## 4 Editorial

Dem Vorwort von Peter Rudolph bleibt nicht viel hinzuzufügen. Die Eintritte in die DGKK und die Beiträge zu diesem Heft zeigen, dass die DGKK eine lebendige Organisation ist. Als Übersichtsartikel enthält das Heft einen Beitrag über das ganz aktuelle Thema „Graphen“, über das es nächstes Jahr eine große Konferenz in Bilbao geben wird ([http://www.imagenenano.com/SCIENCE/Scienceconferences\\_Graphene2011.php](http://www.imagenenano.com/SCIENCE/Scienceconferences_Graphene2011.php)). Herzlichen Dank an Carsten Busse für den schönen Artikel. Viel gibt es über die Aktivitäten der DGKK

selbst zu berichten (Jahrestagung, Arbeitskreise etc.). Im Nachtrag zum letzten Heft geht eine Gratulation nach Erlangen für die Verleihung des Georg-Waeber-Innovationspreises 2009 an das IISB. Und in Freiberg geht es weiter voran mit dem weiteren Ausbau des Fraunhofer THM. Das sind gute Nachrichten. Wie immer erwarten wir Nachrichten, Informationen und Berichte unter [redaktion@dgkk.de](mailto:redaktion@dgkk.de), damit dann auch die Herbstausgabe wieder eine interessante Lektüre wird.

Die Redaktion

## 40 Jahre DGKK

Aus Anlass des 40. Jahrestages der Gründung der DGKK wandte sich der gegenwärtige Vorstand der DGKK mit einem Erinnerungsschreiben an die Gründungsmitglieder:

### **Liebe „Kristallzüchter der ersten Stunden“,**

*am 09. April jährte sich der 40. Jahrestag der Gründung der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK). Unter Leitung von Herrn Prof. Siegfried Haussühl hoben damals 13 Gründungsmitglieder unsere Gesellschaft in Bensheim-Auerbach aus der Taufe. Dazu gehörten die Herren Nitsche, Liebertz, Grabmaier, Heyer, Klein, Leckebusch, Lacman, Stranski, Jacob, Tolksdorf, Recker,... Auch Ihr persönliches Engagement hat ganz wesentlich zur schnellen Stabilisierung und Entwicklung unserer Gesellschaft beigetragen, die jetzt mit rund 350 Mitgliedern international betrachtet eine der stärksten Kristallzüchtungsgemeinschaften ist. Dafür sei Ihnen der herzliche Dank übermittelt.*

*Dabei wollen wir nicht vergessen, dass die damalige Arbeitsgruppe „Kristallisation“ der Vfk der DDR, ebenfalls gegründet in den 70-er Jahren, im Jahre 1990 der DGKK beitrug. Somit feiern wir heute auch einen 20. Jahrestag der Wiedervereinigung der deutschen Kristallzüchter.*

*Die DGKK hat auf ihrer diesjährigen Tagung Anfang März in Freiburg die Gründung vor 40 Jahren ausdrücklich gewürdigt. Herr Prof. Helmut Klapper hielt einen informativen Festbeitrag über die damaligen Anfänge. Der Vorsitzende der Amerikanischen Gesellschaft für Kristallzüchtung, Herr Prof. J.J. Derby, war als Gast zugegen und richtete ebenfalls Grußworte an die Tagungsteilnehmer.*

*Ein Gruppenfoto des derzeitigen DGKK-Vorstandes mit einigen erfahrenen Kristallzüchtern, wie den Herren Prof. H. Klapper, Prof. W. Abmus und Prof. D. Schwabe, aufgenommen auf der Jahrestagung 2010 in Freiberg, ist im Anhang beigelegt.*

*Wir wünschen Ihnen noch viel Gesundheit, Glück und Freude, verbunden mit einem stolzen Gruß an Sie, unsere „Wegbereiter der ersten Stunden“!*

*Herzlichen Dank!*

*Prof. P. Rudolph, Vorsitzender der DGKK (IKZ Berlin)*

*Prof. P. Wellmann, stellv. Vorsitzender (Uni. Erlangen)*

*Prof. M. Mühlberg, Schatzmeister der DGKK (Uni. Köln)*

*Dr. Ch. Frank-Rotsch, Schriftführerin der DGKK (IKZ Berlin)*

*Dr. K. Dupré, Beisitzer (FEE Idar-Oberstein)*

*Dr. B. Freudenberg, Beisitzer (Solarworld Innovations GmbH)*

*Prof. P. Gille, Beisitzer (Uni. München)*



Erweitertes Gruppenfoto des DGKK-Vorstands anlässlich der Deutschen Kristallzüchtungstagung 2010 in Freiburg

Auf dieses Schreiben trafen im Vorstand zwei Antworten ehemaliger Vorstandsmitglieder ein, aus deren Schreiben wir hier mit freundlicher Genehmigung der Absender zitieren möchten.

*So schrieb Prof. Dr.-Ing. K.-W. Benz (Emeritus, FMF - Freiburg Materials Research Center) u.a.: „... Von 1982 – 1989 war ich sowohl Mitglied im Vorstand der DGKK als auch 1. Vorsitzender (1986 – 1989), ... Besonders freut mich heute die hohe internationale Akzeptanz der DGKK und der deutschen Kristallzüchter. Das war nicht immer so! Als 1980 bei der IOCG überlegt wurde, eventuell die nächste Internationale Tagung in Deutschland auszurichten, war (man vereinzelt noch der Meinung - Anm. d. Red.) ... in Deutschland gäbe es keine erwähnenswerte Kristallzüchtung! ... Die internationale Tagung 1983 in Stuttgart war ein, so denke ich, großer Erfolg. Immerhin konnten wir ca. 20 Teilnehmer aus Ostdeutschland begrüßen (Gesamtteilnehmerzahl ca. 700).“*

*In ähnlicher Weise erinnert sich Prof. Dr. H. Wenzl: „... Er (der Erinnerungsbrief - Anm. der Red.) hat die dramatischen Zeiten nach der Wiedervereinigung zurückgerufen, die gleichzeitig die Vereinigung der Kristallzüchter in West und Ost unter dem Mantel der DGKK unter meinem Vorsitz gesehen haben, und die in Berlin, Frankfurt und Dresden besiegelt worden waren. ... Ich verfolge mit großem Interesse das Kristallzüchtgeschehen aus der Ferne, bin als Berater von materialorientierten Firmen in Jülich und Hanau noch „im Geschäft“ ... Falls die DGKK mich mal brauchen sollte, stehe ich gerne zur Verfügung, ...“*

Die Redaktion schließt sich den Glückwünschen an die Gründungsmitglieder an und wünscht der DGKK und ihren Vorständen weiterhin viel Erfolg.

## Zum Titelbild

Wolframate mit Formel  $AS(WO_4)_2$  (abgekürzt ASW, mit monovalenten Ionen  $A = Li, Na, K, Rb$  und trivalenten  $S = Y, La$ , seltene Erde oder Bi) können als Einkristalle mit verschiedenen kristallographischen Symmetrien auftreten. Einige Mitglieder dieser Familie spielen eine wichtige Rolle als Wirtskristalle für verschiedene aktive Laserionen. Von links nach rechts sind je ein undotierter  $KY(WO_4)_2$ , ein  $Er(0.5\%):KY(WO_4)_2$  und ein  $Yb(10\%):KY(WO_4)_2$  abgebildet. KYW (in abgekürzter Form)-Kristalle sind bei Raumtemperatur monoklin, die verwendete Keimorientierung ist die b-Achse (mit  $b = 1.035$  nm): letztere steht senkrecht zu den Achsen  $a' = 0.805$  und  $c' = 0.754$  nm, die als Kanten des gewachsenen Parallelogramms mit einem Winkel von  $94.0^\circ$  gut erkennbar sind. Die kürzere Achse des Parallelogramms entspricht der  $a'$ -Richtung und hat bei den abgebildeten Rohlingen eine Länge von ca. 10 mm.

KYW schmilzt bei ca.  $1075^\circ C$  und durchläuft bei  $1020^\circ C$  eine strukturelle Phasenumwandlung. Um Kristalle mit guter optischer Qualität zu erhalten, muss KYW aus Hochtemperaturlösungen unterhalb  $1020^\circ C$  gezüchtet werden. Als Lösungsmittel wird  $K_2W_2O_7$  verwendet und daher keine Kontaminierung durch Fremdatome in den Kristallen verursacht.

Die abgebildeten Materialien dienen als Ausgangsstoffe für ver-

schiedene Laserbauteile: besonders verbreitet ist Yb:KYW für Ultrakurzpulslaser, da dieser Kristall gleichzeitig hohe Wirkungsquerschnitte und breite Absorptions- und Emissionsbanden zeigt. Wichtig für die Anwendungen sind optische Homogenität und chemische Reinheit der Rohlinge. Die Bearbeitung und Politur von KYW erfordert große Sorgfalt wegen dessen Spaltbarkeit.

Undotiertes KYW dient als Substratmaterial für Flüssigphasenepitaxie von bis zu  $80 \mu m$  dicken Schichten, die ebenfalls aus einer angereicherten  $K_2W_2O_7$ -Lösung abgeschieden werden können.

Ähnlich wie viele andere Laserkristalle geht historisch gesehen auch KYW auf verschiedene russische Quellen zurück: einen Überblick findet man in A.A. Kaminskii et al., Phys. Rev. B 65 (2002) 125108.

Die Arbeit am FEE wurde zum Teil durch das EU-Program DT-CRYS (NMP3-CT-2003-55580) unterstützt. Wir danken den Partnern (Max-Born-Institut Berlin, Universität Tarragona, KTH Stockholm, High-Q Laser GmbH, Institute of Physics of the Polish Academy of Sciences, EPF Lausanne, ICM Madrid, Monocrom s.l.) im DT-CRYS Konsortium für die erfolgreiche Zusammenarbeit.

Kontakt: Daniel Rytz, FEE Idar-Oberstein

## DGKK-intern

### Tagungsberichte von der Deutsche Kristallzüchtungstagung 2010

Über die diesjährige Kristallzüchtungstagung berichten drei Doktoranden aus unterschiedlichen Institutionen und damit auch aus unterschiedlichen Blickwinkeln. Herr Hens und Herr Hartmann geben eine Übersicht über die gesamte Tagung, während Frau Bauer detailliert auf die Vorträge zur Kristallzüchtung für die Photovoltaik eingeht.

#### Bericht von Philip Hens, Universität Erlangen

Die ehemalige Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung firmiert seit einigen Jahren als „Deutsche Kristallzüchtungstagung“, was eine erweiterte Offenheit gegenüber Gastvorträgen signalisiert. Dieser Trend zeigte sich auch bei der diesjährigen Ausgabe, die vom 3. bis 5. März 2010 in Freiburg im Breisgau stattfand. Die Organisation wurde dieses Mal von der Gruppe um Arne Cröll aus der Kristallographie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg gekonnt übernommen.

Vom Programmkomitee (Behr, Cröll, Gille, Heuken, Miller, Mühlberg, Rudolph, Seidl, Wellmann) konnte ein interessantes und vielfältiges Tagungsprogramm zusammengestellt werden. Es gab Beiträge aus den unterschiedlichsten Themengebieten (Grundlagen, Defekte, Technologie) und verschiedenen Materialsystemen. Als eingeladener Vortrag konnte unter anderem auch A.G. Ostrogorsky vom Illinois Institute of Technology mit einem Vortrag über Halide in Sensoranwendungen für Gammastrahlung als internationaler Gast gewonnen werden. Die weiteren eingeladenen Vorträge spannten dann einen weiten Bogen von Hochtemperaturwerkstoffen (H. Schneider, Universität Köln) über Solarwerkstoffe in der Industrie (A. Grochoki, Bosch Solar Energy) und in der Forschung (U. Würfel, Fraunhofer ISE) bishin zu Berichten aus der Industrie (S. Eichler, FCM). Auch ein Bericht aus der Massenkristallisation für Pharmazie und Lebensmittelproduktion (H. Lorenz, MPI Magdeburg) kam

sehr gut an. Ein Highlight für viele war der Vortrag des DGKK-Nachwuchspreisträgers Henning Döscher (Helmholtz-Zentrum Berlin) über die Beobachtung von Antiphasengrenzen bei der III-V Epitaxie auf Silizium.

Als Schwerpunktthema mit einem eingeladenen Vortrag (O. Pätzold, TU Freiberg) und der Podiumsdiskussion am Donnerstagabend wurde das Thema der Kristallzüchtung unter Mikrogravitation behandelt. Schon am Mittwoch fand eine eineinhalb Stunden lange Postersitzung mit 26 Beiträgen aus den verschiedensten Themengebieten statt. Während der Posterrunde und auch während der Kaffeepausen an den folgenden Tagen kam es immer wieder zu interessanten und anregenden Diskussionen an den Posterpräsentationen. Ein Themengebiet, das leider auf der ganzen Tagung wegen mangelnder Anmeldungen zu kurz kam, war das Feld der Epitaxie, was von vielen – wie auch schon in den letzten Jahren – betrübt zur Kenntnis genommen wurde, da die DGKK ja eigentlich einen sehr starken Epitaxie-Arbeitskreis besitzt.

Am Mittwochabend nach der Postersitzung fand noch, wie im Rahmen der Jahrestagung üblich, die DGKK-Mitgliederversammlung statt. Die Versammlung wurde auf Grund des Wechsels des Vorstandes zum letzten Jahreswechsel gemeinschaftlich von den Mitgliedern des alten und neuen Vorstandskollektivs geführt. Neben den üblichen Berichten gab es einige

6 heiß diskutierte Tagesordnungspunkte. Ein großes Problem der DGKK ist zurzeit die Nachwuchswerbung. Nachdem die DGKK nun in der Industrie langsam mehr Aufmerksamkeit bekommt – was sich ja auch schon 2010 im Programm der Tagung niedergeschlagen hat – müsste man nun die „Jungforscher“ adressieren. Zu diesem Zweck wurde eine Jugendfraktion gegründet, die nun durch Kommunikation untereinander Neuigkeiten austauschen will, um in der DGKK mehr Präsenz zeigen zu können und weitere junge Forscher anzusprechen.

Zudem wurden die nächsten Kristallzüchtungstagungen besprochen. Nächstes Jahr findet die Deutsche Kristallzüchtungstagung in Zusammenarbeit mit der polnischen Gesellschaft für Kristallzüchtung unter dem Namen „German Polish Conference on Crystal Growth“ (GPCCG 2011) statt. Unter dem Themenfenster „Crystalline Materials for Advanced Applications“ wird diese Konferenz vom 14. bis 18. März 2011 an zwei Standorten in Frankfurt(Oder) und Stubice(Polen) zu Gast sein. Die Deutsche Kristallzüchtungstagung im Jahr 2012 wird nach derzeitiger Planung in Freiburg (Sachsen) durchgeführt. Zudem

### Bericht von Carsten Hartmann, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin

Zwischen dem 3.-5. März 2010 fanden sich in Freiburg die „Kristalltechnologien des Landes“ zur diesjährigen Jahrestagung ein. Ein breit facetiertes Programm wurde den Tagungsteilnehmern geboten, welches die Themenfelder im Bereich der Grundlagenforschung, der Kristallisation im Industriemaßstab und der anwendungsorientierten Forschung abdeckte. Auch Beiträge der Kristallzüchtung von organischen Materialien rundeten die Vortragsreihe ab.

Den Auftakt bei den eingeladenen Vorträgen machte Herr Ostrogorsky vom Illinois Institute of Technology aus Chicago mit einem Vortrag über die Züchtung von Schwermetall-Halogenid-Einkristallen für Detektoranwendungen. Von besonderem Interesse sind diese Verbindungen, welche in direkter Konkurrenz zu CdZnTe, AlSb und anderen intermetallischen Verbindungen stehen, für den Einsatz in tragbaren Gammastrahlungs-Detektoren.

Herr Schneider vom Institut für Kristallographie der Universität Köln berichtete über Mullit-Mischkristalle im Zweistoffsystem  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ . Dabei wurde über neue Erkenntnisse zur Synthese, Struktur und Eigenschaften referiert. Anhand des Vortrages wurde deutlich, dass auch gut untersucht zu scheinende Systeme immer wieder für Überraschungen sorgen können.

Frau Grochocki von der Bosch Solar Wafer GmbH aus Arnstadt ging auf die industriellen Herausforderungen bei der CZ-Silizium-Einkristallzüchtung in der Photovoltaik ein. Das gesteckte Ziel, die optimalen Si-Einkristalle zu den geringsten Kosten herzustellen, soll durch ein hohes Investitionsvolumen, welches auch ein Forschungs- und Entwicklungszentrum einschließt, erreicht werden.

Herr Würfel sprach über die aktuellen Forschungsaktivitäten am Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme und am Freiburger Materialforschungszentrum aus dem noch recht jungen Forschungsgebiet der organischen Photovoltaik. Besondere Vorteile gegenüber klassischen anorganischen Solarzellen eröffnen sich durch eine enorme Flexibilität und durch ein geringes Gewicht der Zellen. Noch liegen die Wirkungsgrade deutlich unter denen der klassischen anorganischen Verbindungen, doch die große Dynamik, die dieses Forschungsgebiet mit sich bringt, wird noch einiges von sich hören lassen.

wurde im Rahmen der Mitgliederversammlung das 40-jährige Bestehen der DGKK gefeiert. Unter anderem war eines der Gründungsmitglieder für einen kurzen Vortrag über die Anfänge der Vereinigung angereist.

Der Gesellschaftsabend fand am Donnerstag im Anschluss an die Podiumsdiskussion im Saal des Tagungshotels statt. Der sehr gemütliche und mit informativen Gesprächen gespickte Abend zog sich sogar etwas länger hin als von den Organisatoren gedacht und endete erst spät in der Nacht. Im Rahmen dieses geselligen Beisammenseins wurde auch der Preis für das beste Poster vergeben.

Am Freitag gab es im Anschluss an die Konferenz noch die Möglichkeit, das Kristallographische Institut sowie das Freiburger Materialforschungszentrum zu besichtigen. Auch der Sponsor Hüttinger öffnete am Nachmittag noch seine Tore für eine Gruppe von Interessierten. So ging dann auch die diesjährige Deutsche Kristallzüchtungstagung erfolgreich zu Ende – bis im nächsten Jahr zusammen mit unseren polnischen Kollegen die nächste Auflage startet.

Herr Pätzold (TU Bergakademie Freiberg) referierte über Züchtungsexperimente unter Mikrogravitation zur grundlegenden Untersuchung von Schmelzkonvektion und Stofftransport in der Schmelze und deren Nutzen bei der Züchtung von Einkristallen mit Durchmesser bis 3“ unter terrestrischen Bedingungen.

Herr Dipl.-Phys. Dipl.-Wirt.-Inf. Henning Döscher vom Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB) erhielt den diesjährigen DGKK-Nachwuchspreis für seine besonderen Leistungen auf dem Gebiet der mikroskopischen Analyse der III-V-Nukleation sowie des Schichtwachstums auf (100)-Siliziumoberflächen.

Den Posterpreis gewann Saskia Gottlieb-Schönmeyer. Sie stellte die herausragenden Ergebnisse ihres Forschungsthemas „SECu<sub>x</sub> Systeme – eine Überstrukturfamilie“ inhaltlich und didaktisch sehr anschaulich dar.

Bei der Mitgliederversammlung der DGKK wurden neue Konzepte von möglichen weiteren Arbeitskreisen diskutiert und die aktive Teilnahme an deren Organisation erbeten. Aussichtsreiche neue Themenschwerpunkte sind u.a. die Nanokristallisation, die organische Materialien und die Magnetohydrodynamik.

Stark befürwortet wurde der Vorschlag von Fr. T. Trautnitz (Univ. Freiburg), eine „Jugendfraktion“ der DGKK zu schaffen, um sie für Jungwissenschaftler moderner und interessanter zu gestalten. Ihre Anregungen wie die Schaffung einer Internetplattform, eigenständiger Treffen der „jungen DGKKler“ vor den Jahrestagungen sowie die Teilnahme an den Aktivitäten des Vorstands im Rahmen eines jungen Beisitzers (ohne Stimmrecht) wurden begrüßt und werden aktuell umgesetzt. Zudem wird die Nachwuchsförderung an Schulen und Universitäten auch weiterhin ein wichtiger Punkt bleiben, um einem Mangel an nachrückenden Kristalltechnologien vorzubeugen. Eine Fortsetzung erfährt auch die 2009 in Freiberg gestartete DGKK-Kristallschule. Die 2. DGKK-Schule findet am 14.-16. Juni 2010 in Apolda statt. Thema ist die Siliziumherstellung für die Photovoltaik: „Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“.

Die DGKK mit derzeit 359 aktiven Mitgliedern ist in Europa eine der größten Vereinigungen auf dem Gebiet der Kristallzüchtung.

tung und des Kristallwachstums und vertritt seit der Gründung der Bundesvereinigung für Materialwissenschaft und Werkzeugtechnik (BV MatWerk) die Interessen der Gesellschaft auch in diesem Interessenverbund, welcher sich als Ziel gesetzt hat, die Initiativen in den Schlüsseltechnologien Werkstofftechnik und Materialwissenschaft zu bündeln.

Weiterhin ist die Schaffung eines EU-Netzwerkes für Kristallzüchtung geplant, welches den Austausch zwischen den Ländern erleichtern und festigen soll. 26 Zusagen aus 22 Ländern

### Bericht von Birgitta Bauer, LMU München



Vortrag vom DGKK-Nachwuchspreisträger, Herrn Döscher  
Foto: B. Bauer

Das Thema der Vormittagssession am Donnerstag war Silicium.

Eröffnet wurde die Vortragsreihe von Herrn H. Döscher vom Helmholtz-Zentrum in Berlin, der den DGKK-Nachwuchspreis erhalten hatte und seine Arbeit über epitaktisches Aufwachsen von III-IV-Halbleitern auf Silicium im Rahmen seines Preisvortrages mit dem Titel „Observation of III-V on Silicon Anti-Phase Disorder“ präsentierte. Als Modellsystem fungierte GaP auf Si (100). Die Anti-Phasen-Domänen, die sich aufgrund der auf dem Substrat vorhandenen Stufenstruktur ergeben, wurden mit verschiedenen Methoden wie TEM, AFM, LEED und RAS untersucht, da diese Grenzfläche Defekte induziert und so viele der angestrebten Anwendungsmöglichkeiten verhindert.

Über die „Systematische Untersuchung der Versetzungsentwicklung in multikristallinem Silicium für die Photovoltaik“ sprach Herr C. Reiman vom Fraunhofer Institut (IISB) in Erlangen in seinem Vortrag. Da sich hohe Versetzungsdichten negativ auf die Ladungsträgerlebensdauer und die Diffusionslänge und damit auf den Wirkungsgrad der Solarzelle auswirken, werden die Ursachen der Versetzungsdichte und Möglichkeiten diese, zu reduzieren, untersucht.

Der Vortrag von Herrn Y. Wencel vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg mit dem Titel „Influence of feedstock composition and crystallisation atmosphere on the contamination distribution of mc-silicon block material“ beschäftigte sich mit dem Einfluss des eingesetzten Materials auf die Verteilung von Verunreinigungen in polykristallinem Silicium.

Frau M. Azizi vom Fraunhofer Institut (IISB) in Erlangen untersucht mit Hilfe von Ultraschall die Position der fest-flüssig-Phasengrenze während der Normalerstarrung von Silicium („Ultrasound measurement of the position of the growing interface during directional solidification of silicon“). Diese Messtechnik

sind bis zum Zeitpunkt der Mitgliederversammlung eingetroffen. 7 Der Vorschlag von Prof. Fornari, Direktor des IKZ Berlin, Vertreter von deutschen Fördergebern (BMBF, BMU, AIF, VDI, DFG, ...) zu den Podiumsdiskussionen der DGKK-Veranstaltungen einzuladen, wurde diskutiert. Ein alternativer Ansatz, um bei diesen Einrichtungen die Wahrnehmung und Wichtigkeit der Kristallzüchtung zu erhöhen, ist die Verfassung eines Strategiepapiers mit den Förderthemen der nächsten Dekade auf dem Gebiet der Kristallzüchtung.

ist aufgrund der aggressiven Si-Schmelze und den hohen Temperaturen aus technologischer Sicht eine Herausforderung.

Den zweiten Teil der Vortragsreihe am Donnerstagvormittag eröffnete Frau A. Grochocki von der Firma BOSCH in ihrem eingeladenen Vortrag mit einer Vorstellung des Geschäftsbereiches SOLAR ENERGY. Die strategische Ausrichtung von BOSCH ist die Herstellung von Hocheffizienzmodulen. Am Standort Arnstadt soll beginnend mit der Züchtung von monokristallinem Silicium bis zum fertigen Modul die gesamte Wertschöpfungskette im Unternehmen produziert werden. Bis Ende 2012 soll die Produktionskapazität auf 630 MWp gesteigert werden, was ein großes Investitionsvolumen an den Standorten Arnstadt und Erfurt voraussetzt. Im Fokus des Vortrages standen Überlegungen zur Steigerung der Ausbeute an einkristallinem Material sowie der notwendigen Reduzierung der Herstellkosten. Hier besteht akuter Handlungsbedarf, da ca. 60 % der Herstellkosten einer Solarzelle auf den Si-Wafer entfallen. Hier werden unter anderem Untersuchungen zur Optimierung von „Hotzone“, Prozesszeiten und des „defect engineering“ unternommen. Herr P. Rudolph vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung in Berlin sprach im Anschluss über die „Nutzung der Wachstumskinetik in Wandermagnetfeldern für die Czochralski-Züchtung von PV-Silicium mit quadratischem Querschnitt“. Für die Herstellung von Solarzellen werden aus runden Kristallquerschnitten quadratische Wafer geschnitten, was einen Schnittverlust von etwa 25 % bedeutet. Zur Reduzierung der Schnittverluste bei dieser Methode wird das Ziehen von Si-Einkristallen mit annähernd quadratischem Querschnitt vorgeschlagen. Dies kann unter Verwendung von Formgebern erreicht werden, die jedoch für eine Kontamination der Schmelze sorgen. Als elegantere Methode zur Darstellung eines quadratischen Kristallquerschnitts wird die „Ausnutzung der kinetisch determinierten Ausbildung der seitenbegrenzenden Wachstumsfacetten“ angewendet. Voraussetzung für das Gelingen dieser Methode ist das Einstellen eines stabilen und sehr geringen radialen Temperaturgradienten über den Tiegelradius. So wird ein in [001]-Richtung gezogener Einkristall von vier {110}-Seitenflächen begrenzt. Zur Darstellung eines geeigneten (geringen) radialen Temperaturgradienten auf der Schmelzenoberfläche wird ein Magnet-Heizer-Setup vorgestellt, welches über ein magnetisches Wanderfeld eine stabile toroidale Schmelzenströmung erzeugt. Als Stand der gegenwärtigen Forschungen können bei der Züchtung aus 6“-Tiegeln Kantenbreiten von (50 – 90) mm erreicht werden. Herr M. Kühnle vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiberg berichtete in seinem Vortrag „Kristallisation von Si und SiC in dünnen SiC-Schichten für photovoltaische Anwendungen“ über Untersuchungen zur Kristallisation von dünnen SiC-Schichten mit unterschiedlichen Si- zu C-Verhältnissen. Vorgestellt wurden die beiden für die Verwendung von SiC-Schichten in Solarzellen

8 interessanten Konzepte – Si-Nanokristalle in dielektrischer Matrix sowie als optische Reflektoren mit Diffusionsbarrieren-Effekt. Mittels plasmaunterstützter Gasphasenabscheidung (PECVD) wurden bis zu 3 nm dicke stöchiometrische SiC-Schichten und bis zu 5 nm dicke Si-reiche SiC-Schichten abgeschieden und bei Temperaturen bis 1000 °C getempert. Untersuchungen mit XRD und TEM zeigten, dass beim Tempern Si- und 3C-SiC-Nanokristalle entstehen.

Die Vormittagssession beendete Herr H. Grillenberger von der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg mit

seinem Vortrag über die „Korrelation von Röntgen in-situ-Untersuchungen der Sauerstoffpräzipitation in Silicium mit etablierten Messmethoden“. Aus Sauerstoff, der sich während der Kristallzüchtung nach dem Czochralski-Verfahren im Kristallgitter einlagert, bilden sich bei ca. 1000 °C Sauerstoffpräzipitate bzw. sog. Bulk-micro-defects (BMD's). In der hier vorgestellten Arbeit konnten Kristalle mit Hilfe von in-situ-Experimenten mit polychromatischer Röntgenstrahlung untersucht und die gebeugte Intensität mit Dichte und Größe der Ausscheidungen korreliert werden.

## Protokoll der Mitgliederversammlung 2010

Ch. Frank-Rotsch, Schriftführerin der DGKK

### Anwesende:

DGKK Mitglieder: T. Aichele, W. v. Ammon, W. Aßmus, B. Bauer, K.W. Benz, Th. Bergunde, R. Bertram, A. Cröll, M. Czupalla, A. Danilewsky, H. Döscher, K. Dupré, St. Eichler, R. Fornari, Ch. Frank-Rotsch, B. Freudenberg, J. Friedrich, P. Gille, P. Görnert, S. Gottlieb-Schönmeier, Ch. Gross, Ch. Guguschev, A. Haghighirad, C. Hartmann, J. Härtwig, P. Hens, N. Herres, A. Hess, M. Heuken, L. Kadinski, B. Kallinger, F.-M. Kießling, H. Klapper, D. Linke, K.-D. Luther, G. Meisterernst, A. Miller, M. Möllering, M. Mühlberg, M. Müller, L. Parthier, G. Raming, Ch. Reimann, P. Rudolph, J. Schmitz, S. Schütt, D. Schwabe, A. Seidl, P. Sickinger, D. Siche, R. Sorgenfrei, J. Tonn, V. Trautmann, T. Trautnitz, B. Weinert, P. Wellmann, J. Wittge, T. Wolf, J. Wollweber, U. Wunderwald

Gäste: M. Bickermann, J. Derby, E. Keller, A. Grochocki, M. Hahne, J. Zähmiger

Ort: Universität Freiburg,

Zeit: Mittwoch, 03.03.2010, Beginn 18:50

### TOP 1 Begrüßung und Feststellung der Beschlussfähigkeit

Es sind 60 Mitglieder anwesend, d.h. laut Satzung ist die Versammlung beschlussfähig. Der Vorsitzende der DGKK, Peter Rudolph, begrüßt die anwesenden Mitglieder und Gäste zur Mitgliederversammlung 2010. Er gratuliert zunächst Jubilaren des letzten Jahres.

### TOP 2 Bericht des Vorsitzenden

Der Bericht des Vorsitzenden wird durch den ehemaligen Vorsitzenden (bis 31.12.2009) Wolf Aßmus gegeben. Er beginnt seinen Bericht mit Glückwünschen an R. Fornari, der zum neuen Präsidenten der IOCG gewählt wurde, und an P. Rudolph zu seiner Wahl ins Executive Committee der IOCG. Weiterhin beglückwünscht er die DGKK-Mitglieder J. Friedrich und B. Freudenberg zum Innovationspreis Mikroelektronik.

W. Aßmus informiert über Diskussionen innerhalb der HRK und DPG zu Ausbildungsfragen. Als Fazit ist zu bemerken, dass das Studium „verschlannt“ werden soll, es aber zu keiner zu starken Spezialisierung in den Studiengängen kommen soll. Somit ist auch die mehrfach andiskutierte Ausbildung eines Kristalltechnologen schwierig.

Im Jahre 2009 wurden zwei Mitteilungsblätter der DGKK von Herrn W. Miller und Herrn U. Rehse herausgegeben. Herr Aßmus dankt für die geleistete Arbeit.

Alle bestehenden Arbeitskreise der DGKK sind sehr aktiv. Das Aufgreifen neuer Themenfelder in Form von Arbeitskreisen erfordert weiterhin die Aktivität von Mitgliedern.

Am 13.11.2009 fand ein Treffen des „alten“ und „neuen“ DGKK-Vorstandes in Frankfurt/M. statt. Schwerpunkte des Treffens waren die Amtsübergabe und die Beratung zur zukünftigen Entwicklung der DGKK unter Leitung des neuen Vorsitzenden P. Rudolph: Hierzu wird ausführlich unter TOP 6 berichtet. Der Vorstand beschloss, nach Kenntniserhalt der Einstellung des EFG-Prozesses bei Wacker-Schott-Solar in Alzenau und der CaF<sub>2</sub>-Forschung bei Schott Lithotec in Jena, den betroffenen Kollegen (DGKK-Mitglieder) persönlich einen Brief zu senden. Dieses ist geschehen und positiv aufgenommen worden.

Die DGKK ist im Rahmen des MATWERK-Verbundes aktiv geworden. So wird der Kinetik-Arbeitskreis im Rahmen einer MATWERK-Sektion auf der DPG-Tagung in Regensburg durchgeführt.

### TOP 3 Bericht der Schriftführerin

Unsere Mitgliederstatistik weist im Vergleich zum Vorjahr einen leichten Anstieg auf. Per 01.03.2010 hat die DGKK 359 Mitglieder, davon 329 (+4) Vollmitglieder, 23 (+4) Studierende und 7 (+1) Firmen. Der erfreuliche Zuwachs gegenüber 2009 beträgt +9. Dabei kam es insgesamt zu 19 Eintritten sowie 10 Austritten.

Die Schriftführerin appelliert an die Mitglieder, Veränderungen ihrer Daten zeitnah mitzuteilen. Eine freiwillige Mitteilung zu Geburtstagen würde es dem Vorstand möglich machen, Jubilaren angemessen zu gratulieren. Der Vorstand bittet auch um Informationen von Jubiläen u.ä. von Mitgliedern.

### TOP 4 Bericht des Schatzmeisters und der Rechnungsprüfer

Kassenstände zum 31.12.2009 betragen:

Sparkasse Karlsruhe ...	6.331,41 €
Festgeldeinlagen .....	12.309,86 €
	18.641,27 €

Der Kassenstand hat sich nach Bezahlung der beschlossenen Ausgaben jetzt deutlich verringert. Herr Mühlberg stellt Statistiken der Einnahmen und Ausgaben der letzten Jahre vor, aus denen auch große Schwankungen in Abhängigkeit von z.B. Mahnaktionen der Mitgliedsbeiträge ablesbar sind. Die Einnahmen durch Beiträge (~5000 €/Jahr) und aus Werbungseinnahmen im Mitteilungsblatt (~1000 €/Jahr) decken in der Regel die Kosten für das Mitteilungsblatt und die Zahlung eines DGKK-Preises. Dabei sind die Werbeeinnahmen rückläufig, es ist aber kein

Zusammenhang zur Erscheinungsfrequenz des Blattes zu erkennen.

Die DGKK erhielt aus dem erwirtschafteten Überschuss des Photovoltaik-Workshops in Freiberg eine Sonderzahlung von 3000 €.

Die Kassenprüfung wurde von Frau B. Bauer und Herrn D. Siche am 03.03.2010 vorgenommen. Es wird eine korrekte Kassenführung bestätigt.

### TOP 5 Entlastung des Vorstandes

Von Seiten der Mitglieder wird die Entlastung des Vorstandes beantragt.

Abstimmung: einstimmig angenommen

### TOP 6 Vorstellung des DGKK-Konzeptes 2010-2011

P. Rudolph beginnt die Vorstellung des DGKK-Konzeptes für 2010-2011 mit den bereits auf der Mitgliederversammlung und im Mitteilungsblatt (MB) 88 vorgestellten Zielen:

- modern und flexibel auf neue Richtungen reagieren
- neue Zweige gewinnen (Nanokristallisation, Biokristalle, PV-Si,sl-Epitaxie)
- numerisch-gestützte Technologiebeiträge für Industrie forcieren
- besondere Förderung der Arbeitskreise und Gründung neuer
- Nachwuchsförderung an Fo-Einrichtungen und Schulen ("Jugendfraktion"?)
- Vereinslebens: MB u. Homepage aktuell u. inhaltsreich gestalten
- soziale Kompetenz verbessern (Würdigungen, Ehrungen,...)
- Förderung der europäischen Kooperation – EU-Netzwerk "Crystal Growth"

und berichtet dann über den Stand der einzelnen Zielstellungen.

Eine grundlegende Voraussetzung für die Erreichung der vorgestellten Ziele ist ein gut funktionierender Vorstand. Auf der Vorstandssitzung am 13.11.2009 wurden daher Aufgabenschwerpunkte für die Vorstandsmitglieder verabredet (siehe MB 89):

- |                   |  |
|-------------------|--|
| P. Rudolph:       | Vorsitz, Arbeitsakzente, MV, MB, Matwerk, EU, IOCG, IUCr, DKT11          |
| P. Wellmann:      | Stellvertretung, Fördereinrichtungen, MB, Vereinsleben, Schülerförderung |
| Ch. Frank-Rotsch: | Schriftführung, Tagungskalender, Homepage, Mitgliederwerbung             |
| M. Mühlberg:      | Schatzmeister, Beiträge, Annoncen, Preise, NW-Förderung, DGK             |
| K. Dupré:         | Industriekooperation, Gewinnung KMU, Industrierwerbung                   |
| B. Freudenberg:   | Industriekooperation, Industrieweiterbildung, DGKK-Schulungen            |
| P. Gille:         | Arbeitskreistätigkeit (Neugründungen), akademische Weiterbildung, DGK    |

Der Vorsitzende berichtet darüber, dass durch Frau M. Wienecke ein Konzept für einen Arbeitskreis „Nanokristalle“ erstellt wurde, aber leider bisher keine weiteren Aktivitäten erfolgten. Er erinnert die Mitglieder daran, dass jedes Mitglied einen Arbeitskreis gründen kann.

Die DGKK ist im Rahmen von MatWerk aktiv geworden und ist in diesem Jahr mit einem Symposium auf der DPG-Frühjahrstagung vertreten.

Bei der Diskussion, ob im Rahmen der Jahrestagung eine Podiumsdiskussion zu Fördermöglichkeiten von Projekten auf dem Gebiet der Kristallzüchtung organisiert werden sollte, ist nach Diskussion festgestellt worden, dass gegenwärtig kein Bedarf besteht, aber eine bessere Information zu bereits organisierten Veranstaltungen erfolgen muss.

Der Thematik Aus- und Weiterbildung ist große Aufmerksamkeit zu widmen. So wurde die Durchführung von Schülerlaboren lobend erwähnt und die nächste Summer School am IKZ angekündigt, hierzu ist eine kostenfreie Anmeldung möglich – Informationen sind auf der IKZ-Internetseite erhältlich.

In der Mitgliederversammlung ist die Schaffung einer „Jugendfraktion“ der DGKK angeregt worden. Dies hat der Vorstand aufgegriffen und Frau T. Trautnitz von der Univ. Freiburg zu seiner Vorstandssitzung am 03. März eingeladen. Hier sind Möglichkeiten der Schaffung einer Plattform für junge DGKK-Mitglieder diskutiert worden. Darüber wird Frau Trautnitz im MB berichten. So ist z.B. ein Treffen der Doktoranden in Kombination mit der jährlichen Kristallzüchtungstagung angeregt worden.

Es ist ein Treffen der Europäischen Vertreter der nationalen Kristallzüchtungsorganisationen in Berlin geplant. Hierzu liegen bereits zahlreiche Zusagen aus 26 Ländern vor.

Der Vorsitzende informiert über den Stand der Vorbereitungen zur ISSCG-14 und ICCG-16.

Weiterhin berichtet er über die internationale Präsenz der DGKK-Mitglieder, er gratuliert R. Fornari zur Wahl als Vorsitzender der IOCG.

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit den Nachbargesellschaften wird die Tagung 2011 gemeinsam mit den polnischen Kollegen durchgeführt (siehe TOP 7).

Ein wichtiger Punkt für die Arbeit der DGKK ist auch, das MB und die DGKK-Homepage aktuell und interessant zu gestalten. Das MB wird seit 2009 von U. Rehse und W. Miller gestaltet. A. Danilewski hat sich bereit erklärt, gemeinsam mit Frau S. Bergmann sich der Überarbeitung und stetigen Aktualisierung der Webseite anzunehmen.

### TOP 7 Diskussionen über Tagungen und Symposien

Es wurde ausführlich der Vorschlag der nächsten Jahrestagung in Frankfurt/O. 2011 (14. - 18. März 2011) diskutiert und ohne Gegenstimmen angenommen. Von den Mitgliedern kam die Forderung, diese Tagung nicht zu spezialisiert auszurichten und die Themen weiter zu fassen. Im Fokus der Tagung soll das gemeinsame Deutsch-Polnische-Kristallzüchtungstreffen stehen. Die Leiter der Arbeitskreise sollen Vorschläge für einzuladende Vortragende einreichen. Herr D. Siche erklärt sich bereit, die Vorbereitungen zu unterstützen. Herr St. Ganschow wurde als Tagungssekretär bestätigt.

Für die Tagung 2012 wird Freiberg/Sa. vorgemerkt.

R. Fornari kündigt die IWCGT-5 in Berlin-Köpenick vom 26.-30. Juni 2011 an.

### TOP 8 Berichte zu den DGKK-Arbeitskreisen

Die Arbeit aller AK ist sehr aktiv. Es wird in den MB's über die stattgefundenen Treffen ausführlich berichtet. Deshalb wurden im Rahmen der Mitgliederversammlung nicht noch einmal darauf eingegangen. Es ist nur über einige Änderungen informiert

10 worden. So teilte A. Seidl mit, dass das AK-Gründungsmitglied St. Eichler aus der Leitung des Arbeitskreises „Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung“ ausgeschieden ist. Diese Funktion wurde von L. Kadinski übernommen, er organisiert auch das nächste Treffen im November 2010 in Burghausen.

Vom AK-Sprecher „Epitaxie“, Herrn M. Heuken, erging die wiederholte Bitte an den Vorstand, die Epitaxie noch mehr in die DGKK-Aufgaben einzubeziehen. Herr P. Gille verwies auf zahlreiche bereits unternommene Aktionen in dieser Richtung. Auch wurde der diesjährige Nachwuchspreis an einen jungen Epitaxiefachmann vergeben.

Der AK „Herstellung und Charakterisierung massiver Verbindungshalbleiter“ hat sein Profil erweitert und auch Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Elementhalbleiter mit einbezogen und nennt sich daher ab sofort „Herstellung und Charakterisie-

rung massiver Halbleiter“

#### TOP 9 Information zum „European Master Course“

P. Wellmann informierte über den Stand der Gründung eines „European Master Course“ für Kristallzüchtung als Spezialisierungsrichtung für Studenten an europäischen Hochschulen. Zunächst soll ein solcher Kurs u.a. an den Universitäten in Madrid, Grenoble, Freiburg und Erlangen angeboten werden. Im Prinzip ist ein solches Studium im Rahmen des EU-Netzwerkes ab sofort möglich. Nähere Information zum Ablauf sind von P. Wellmann zu erfahren.

#### TOP 10 Verschiedenes

P. Rudolph bedankt sich gegen 20.50 Uhr bei allen Teilnehmern für ihre rege Mitwirkung und die zahlreichen konkreten Hinweise und schließt die Versammlung.

### DGKK-Preis 2011

Der Ausschuss zur Vergabe des Preises der DGKK bittet alle Mitglieder der DGKK, Vorschläge zur Nominierung geeigneter Kandidaten zu unterbreiten. Der Preis wird an Personen vergeben, die sich durch besondere wissenschaftliche und technische Leistungen auf dem Gebiet des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung in der reinen und angewandten Forschung aus-

gezeichnet haben. Es sollen bevorzugt jüngere Wissenschaftler und Technologen ausgezeichnet werden. Der Preisträger muss nicht Mitglied der DGKK sein. Senden Sie Ihre Vorschläge, gekennzeichnet mit "DGKK-Preis 2011", bitte an: redaktion@dgkk.de.

## I-B-S Fertigungs- und Vertriebs GmbH

für Forschung und Produktion

D-82284 GRAFRATH, Postfach 30

Tel. 08144 / 7656 Fax 08144 / 7857

email: ibs-scholz@t-online.de

### Sägen

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

### Läppen

IB 400 Läppmaschinen  
Tellergrößen von 300 - 400mm  
Läppmittelzuführsystem  
Abziehringe

### Polieren

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

Bitte besuchen Sie unsere Internetseite

**[www.ibs-grafrath.de](http://www.ibs-grafrath.de)**

**DGKK-Nachwuchspreis 2010****Laudatio****zur Verleihung des Nachwuchspreises der DGKK 2010**

an

**Herrn Dipl.-Phys. Dipl.-Wirt.-Inf. Henning D ö s c h e r**

vom Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie.



Sehr geehrte Damen und Herren,

die Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung verleiht heute den DGKK-Nachwuchspreis an Herrn Dipl.-Phys. Dipl.-Wirt.-Inf. Henning D ö s c h e r vom Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB) für seine besonderen Leistungen auf dem Gebiet der mikroskopischen Analyse der III-V-Nukleation sowie des Schichtwachstums auf (100)-Siliziumoberflächen. Er liefert damit einen wichtigen Beitrag zum möglichen Wachstum polarer Schichten auf nicht-polarem Substrat, was die Herstellung hocheffizienter Mehrfachsicht-Solarzellen auf technologisch und ökonomisch vorteilhafter Auflage sehr wahrscheinlich macht.

Herr Döscher wurde am 17. November 1980 geboren und ist Mitglied der DGKK. Er ist Haupt- und Koautor von 7 Zeitschriftenbeiträgen, einer Patentanmeldung und ca. 20 Vorträgen auf nationalen und internationalen Tagungen, u.a. der „14-th International Conference of Metallorganic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE)“ 2008 in Metz (Frankreich) und der „PCSI-37 2010“ in Santa Fe (USA). Zwei angenommene Beiträge werden auf der 15-th (ICMOVPE) 2010 in Lake Tahoe (USA) gehalten. Er hat Teile seiner bisher erzielten Ergebnisse auf den letzten drei DGKK-Arbeitskreistreffen Epitaxie von III-V-Halbleitern „... auf herausragende Weise vorgestellt“, wie sein wissenschaftlicher Betreuer Herr Dr. habil. Thomas Hannappel vom HZB feststellt.

Herr Döscher entwickelte eine quantitative Methode zur „in situ“-Vermessung von Anti-Phasen-Domänen und korrelierte diese mit weiteren Messmethoden. Dabei verband er die wichtige angewandte Fragestellung mit ausgeklügelter „high-end“-Analytik in gewinnbringender Art wie z.B. die optische „in situ“ Spektroskopie und „low energy electron microscopy“ (LEEM). Im Ergebnis hat er mit viel Geschick und Erfolg die funktionale Weiterentwicklung einer kommerziellen Aixtron-MOCVD-Anlage betrieben. So konnte er die Symmetrie der Oberflächenrekonstruktion, chemische Zusammensetzung und elektronische Struktur der Halbleiteroberflächen ermitteln und mit aktuellen atomaren Modellen vergleichen. In Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Prof. W. Stolz der Universität Marburg ist es Herrn Döscher erstmals gelungen, Oberflächen heteroepitaktischer GaP-Filme auf (100)-Silizium frei von Anti-Phasen-Domänen „in situ“ zu verifizieren.

Seine Dissertation steht unmittelbar vor der Fertigstellung. Sie wird neben Prof. W. Stolz von den Herren Prof. W.T. Masselink (HU Berlin) und Dr. Th. Hannappel (HZB) begutachtet, von dem auch der Antrag auf Verleihung des DGKK-Nachwuchspreises an Herrn Döscher verfasst wurde. Herr Prof. M. Heuken von der Aixtron AG unterstützt diesen Antrag nachhaltig. Ebenfalls spricht sich der DGKK-Vorstand einstimmig für die Auszeichnung von Herrn Döscher aus.

Wir wünschen Herrn Henning Döscher weiterhin viel Erfolg in seiner wissenschaftlichen Arbeit und seiner Wirksamkeit für die Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung.

Prof. Dr. habil. P. Rudolph Freiburg, den 04. März 2010

– Vorsitzender der DGKK –

**24. Workshop des DGKK-AK „Epitaxie von III/V-Halbleitern“**

Markus Weyers, Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik, Berlin

Das jährliche Treffen der deutschen „Epitaktiker“ von III/V-Schichten fand diesmal vom 10.-11.12.2009 in Berlin statt. Es ist gute Tradition, dass insbesondere Doktoranden und Diplomanden auf diesem Forum ihre Ergebnisse in kurzen Vorträgen vorstellen. In der Jerusalem-Kirche überwogen daher auch junge Gesichter. Die Teilnehmerzahl (151) überstieg deutlich die ursprünglichen Erwartungen der Organisatoren vom Ferdinand-Braun-Institut und der TU Berlin um Michael Kneissl, Markus Pristovsek und Markus Weyers. Hierbei stellte die starke Epitaxiegemeinde in Berlin (FBH, Fh-HHI, HZB, TUB) einen signifikanten Anteil, da viele Studenten dieses „Heimspiel“ besuchen konnten, ohne dass die Reisekostenbudgets gesprengt wurden. Auch die begleitende Industrieausstellung war mit 19 Ausstellern sehr gut bestückt. Die Enge rings um die Vortragsräume tat der guten Stimmung keinen Abbruch. Die Pausen waren

dadurch sehr kommunikationsfreundlich und man kam zwangsläufig in engen Kontakt mit den anderen Teilnehmern und den Ausstellern.

Umrahmt wurden die Beiträge von drei eingeladenen Vorträgen. Henning Riechert vom Paul-Drude-Institut vertrat mit seinem Vortrag über GaN-Nanodrähte die MBE-Gemeinde. Dem Thema „Nanodrähte“ war auch eine eigene Sitzung gewidmet.

Wolfgang Stolz von der Uni Marburg gab einen Überblick über die Herausforderungen beim Wachstum von den verdünnten Nitriden (GaIn)(AsN) auf GaAs und GaAsNP auf GaP/Si und einen Ausblick zur Nutzung insbesondere der letzten Kombination für Anwendungen in Solarzellen. Das Thema „III/V-Solarzellen“ tauchte auch in Beiträgen des HZB, der Uni Marburg und der Fh-ISE wieder auf. Dies unterstreicht die führende Rolle, die Deutschland bei dieser Themenstellung nicht nur in der For-

12 schung, sondern mit der Firma AZUR SPACE, die ein weltweit führender Anbieter von GaInP/GaAs/Ge Dreifachzellen für Satellitenanwendungen ist, auch bei der industriellen Umsetzung hat.

Den größten Raum nahmen Vorträge zu den Gruppe-III-Nitriden ein. Diese Materialien finden auf der einen Seite bereits breite Anwendung in z.B. weißen und blauen Leuchtdioden, Laserdioden für die Blu-Ray Disk und Leistungstransistoren für Handy-Netze.



Gemütliches Beisammensein zwischen historischer Technik in der „Alten Pumpe“  
Foto: M. Weyers

Auf der anderen Seite halten sie aber noch viele Herausforderungen bereit, die intensive Beschäftigung nicht nur mit der Schichtherstellung sondern auch mit Materialeigenschaften erfordern. Eine dieser Themenstellungen ist die Ausnutzung und Beherrschung der Polarisierungseffekte in diesem polaren Material ohne Inversionssymmetrie. Das Themenfeld „Unpolares und semipolares GaN“ wurde durch den eingeladenen Vortrag von Stacia Keller von der UCSB, die auf diesem Feld führend ist, beleuchtet.

Die intensiven Diskussionen konnten auch am Abend beim gemeinsamen Dinner-Event in der „Alten Pumpe“ fortgesetzt werden. Zwischen den riesigen alten Wasserpumpen fühlte sich die technisch interessierte Teilnehmerschaft ausgesprochen wohl.

Das nächste Treffen markiert das silberne Jubiläum, und der Workshop „Epitaxie von III/V-Halbleitern“ wird dahin zurückkehren, wo er vor 25 Jahren ins Leben gerufen wurde, in die alte Kaiserstadt Aachen. Die Organisation dafür liegt bei der RWTH Aachen und Aixtron.



Prof. Michael Kneissl kündigt den nächsten Workshop in Aachen an.  
Foto: M. Weyers

## 11. Kinetikseminar der DGKK

Über das vom 23. bis 25. März 2010 in Regensburg stattgefunden Kinetikseminar berichten Christian Mennerich und Frank Wendler schwerpunktmäßig über die Kinetik bei der Volumenkristallisation und Marian Ivanow über die Beiträge zur Epitaxie und Nanokristallisation.

**Bericht von Christian Mennerich und Frank Wendler, Institute of Materials and Processes, Hochschule Karlsruhe**

Seit dem Jahr 2000 finden im Jahrestakt Treffen des DGKK-Arbeitskreises „Kinetik“ statt. Das diesjährige 11. Kinetikseminar wurde erstmalig im Rahmen der Frühjahrstagung der Sektion Kondensierte Materie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) abgehalten, die vom 21. bis zum 26. März 2010 in Regensburg stattfand. Organisiert von W. Miller (IKZ Berlin), J. Krug und T. Michely (beide Universität Köln) wurde das Kinetikseminar dort als eigene „Topical Session“ eingerichtet. Die Einbettung in den Rahmen der größten deutschen Physikertagung hat die Vorträge einem breiten wissenschaftlichen Publikum unterschiedlicher Fachrichtungen zugänglich gemacht, und somit für regen Austausch unter den Wissenschaftlern gesorgt. Ein kleines Manko war vielleicht der enge Zeitrahmen der Vorträge von 15 Minuten und die Fülle der parallel zum Kinetikseminar stattfindenden Veranstaltungen. Diese Parallelität von interessanten Sitzungen ist allerdings etwas, das für die gesamte DPG-Frühjahrstagung gilt.

Gleich am 23. März, dem zweiten Tag der DPG-Tagung, begann das Kinetikseminar mit einer in die Sektion MM („Metal and Material Physics Division“) eingegliederten Poster-Session. Bei obligatorischem Bier und Brezeln, die für eine angenehme Atmosphäre sorgten, diskutierten die Wissenschaftler über aktuelle Problemstellungen und Forschungsfortschritte. Gleich 14 Posterbeiträge waren hier direkt dem Kinetikseminar der DGKK zuzuordnen. Thematisch erstreckten sich die Beiträge über viele Skalen und Methoden: Unter den Arbeiten zu Erstarrung und Kristallwachstum gab es Simulations-Studien mit Kontinuums-Modellen wie dem Phasenfeldmodell (E. Abramova, University Izhevsk; C. Mennerich, Hochschule Karlsruhe; G. Cantu, IKZ Berlin), atomaren Verfahren wie Molekulardynamik (D. Stock, Innovent Jena) und Kinetic Monte Carlo-Methoden (P. Petrov, IKZ Berlin). Experimentelle Arbeiten behandelten Si-Dünnschichtwachstum aus metallischer Lösung (T. Teubner, IKZ Berlin), Ostwaldreifung (T. Werz, Universität Ulm) und den The-

menkreis der Kornreifung in nanokristallinen Materialien (J. M. Dake, L. Kroner, beide Universität Ulm). Der Bereich Oberflächen und Filme war durch theoretische Arbeiten mit dem Thema „Step bunching“ (M. Ivanov, Universität Köln) und Helicen auf Calcit(104) (T. Richter, TU Ilmenau) vertreten. Unter den experimentellen Arbeiten mit organischen Adsorbaten auf Oberflächen gab es Para-Hexaphenyl auf SiO<sub>2</sub> (M. Kratzer, Universität Leoben), Bucky Balls auf CaF<sub>2</sub> (M. Körner, TU Ilmenau und Universität Osnabrück) und Graphen auf Ir(111) (D. Meyer, Universität Duisburg-Essen).

Am Mittwoch (24. März) begann die erste Session zum Thema Oberflächenwachstum um 16:00 Uhr mit einem eingeladenen Vortrag: T.L. Einstein (University of Maryland) berichtete über den Einfluss von Verunreinigungen während der epitaktischen Abscheidung auf Vicinalflächen von Cu(001). In Kinetic Monte Carlo-Simulationen zeigte sich, dass diese die Ursache der mäandrierenden Stufenkanten waren und auch als Nukleationszentren für pyramidenförmige Cu-Inseln dienen. Experimentelle Analysen des selben Systems wurde von H. Woormester (University of Twente) vorgestellt. Aus Reflexionsmessungen mit Oberflächenröntgenbeugung und LEED (low energy electron diffraction) wurde eine starke Elongation der Wachstumsinseln senkrecht zur Aufdampf-Richtung gefunden. Bei der plasmaunterstützten chemischen Dampfphasenabscheidung im ternären System Ti-Si-C wurde von M. Neubert (Universität Duisburg-Essen) die Prozessparameter Substrattemperatur und Plasma-Heizleistung untersucht, um möglichst stöchiometrische Filme aufzuwachsen zu können.

M.G. Ramsey (Universität Graz) eröffnete die Session 'Organic Adorbates and Grain growth' mit seinem Vortrag über Ordnungsprozesse und Nukleation von Oberflächenphasen des organischen Moleküls C<sub>36</sub>H<sub>26</sub> (Sexiphenyl) auf Cu(110). Während hier Messungen mit PEEM (photo emission electron microscopy) zum Einsatz kamen, verwendete S. Lorbek (Universität Leoben) in seiner Arbeit Rasterkraftmikroskopie in Verbindung mit digitaler Bildanalyse, um das Sub-Monolagenwachstum eines verwandten Adsorbats (Para-Sexiphenyl), allerdings auf Substraten wie Mica und Siliziumdioxid, zu untersuchen. D. Zöllner (Universität Magdeburg) stellte Details eines Monte Carlo-Potts-Modell zur Simulation des Kornwachstums vor, das Effekte wie die begrenzte Mobilität von Mehrphasengrenzen (z.B. Tripel-Linien) berücksichtigt. Simulationen mit ca. 30.000 Körnern in 3D zeigten dabei den Einfluss der Mobilität auf den Wachstumsexponenten der Kornreifung. Beeindruckende experimentelle Bilder des Kornreifungsprozesses in 3D in einer Aluminium-Magnesium-Legierung, einem Modellsystem für normales Kornwachstum, zeigte C.E. Krill (Universität Ulm): Neue Verfahren mit Synchrotronstrahlung erlauben es, unter Ausnutzung der Phasendifferenz verschiedener Körner tomographische Aufnahmen mit einer Ortsauflösung von ca.  $\pm 5 \mu\text{m}$  zu generieren, was vor allem für Systeme mit geringem Intensitätskontrast der Korngrenze interessant ist.

Am Mittwochabend fand nach der Vortragssitzung ab 19:30 Uhr ein von W. Miller organisiertes Get Together in der traditionellen Brauereigaststätte „Kneitinger“ statt, wo die Diskussionen in weniger formalem Rahmen weitergeführt wurden. Es waren alle Interessierten eingeladen, so dass sich auch einige Personen einfanden, die nicht am Kinetikseminar hatten teilnehmen können. Bei echt bayerischem Essen und Bockbier entstand ein informatives Forum, in dessen Rahmen u.a. die verschiedenen Modelle zur Beschreibung von Kristallwachstumsprozessen

im Detail diskutiert werden konnten. Leider war die Zahl der Teilnehmer an diesem gemütlichen Treffen nicht so groß wie erhofft, was vielleicht an dem parallel stattfindenden öffentlichen Abendvortrag der DPG-Tagung bzw. an dem frühen Beginn der Morgen-Sessions gelegen haben mag.

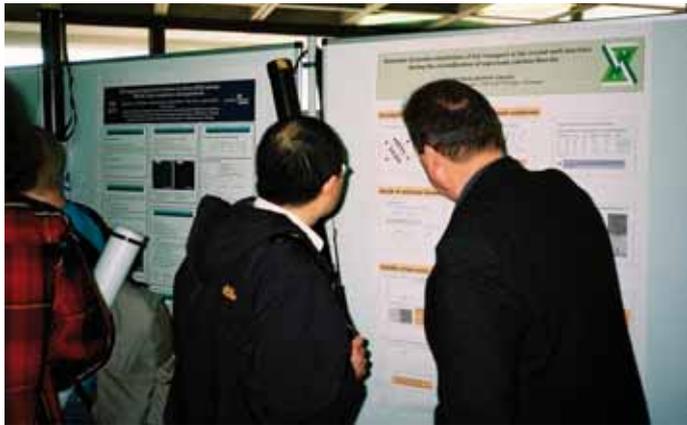
Donnerstag (25. März), der letzte Tag des Seminars, bot mit vier Einzelsitzungen über den gesamten Tag die größte Informationsfülle. Begonnen wurde mit dem zweiten Teil zum Oberflächenwachstum (Surface Growth II). Drei der vier Beiträge dieser Sitzung widmeten sich dem aktuellen Thema Graphen, zweidimensionalen kristallinen Kohlenstoffschichten. R. van Gastel (Universität Twente) berichtete über ein CVD-Verfahren, bei dem durch gezielte Nukleationskeime millimetergroße Graphenschichten mit einheitlicher Orientierung relativ zum Substrat auf Ir(111) aufgewachsen werden. T. Gerber (Universität Köln) stellte ein Wachstumsmodell und Ergebnisse von Kinetic Monte Carlo-Simulationen über Wachstum und Stabilität von Iridium/Graphen-Clustern vor. Organische Halbleiterfilme aus Para-6P auf Graphenschichten und deren in-situ Analyse mit LEEM und LEED-Methoden waren das Thema von G. Hlawacek (Universität Leoben). Die adsorbierten Moleküle weisen dabei eine erstaunliche Mobilität auf Graphen auf. Den letzten Vortrag dieser ersten Donnerstagssitzung hielt A. Hinderhofer (Universität Tübingen) über Diffusionsprozesse an organischen Heterostruktur-Interfaces, die besondere Bedeutung für die technische Prozessierung von organischen Solarzellen oder OLEDs haben.

Einen thematischen Kontrast bot die zweite Sitzung, die die Erstarrung in Legierungen behandelte: Begonnen wurde mit dem eingeladenen Vortrag von R. H. Mathiesen (University Trondheim, Norwegen), der sicherlich eines der Highlights des 11. Kinetikseminars war: Gezeigt wurden in-situ mit Synchrotronstrahlung (Kontrast) aufgezeichnete Filme eutektisch/dendritischer Erstarrungsprozesse in Al-Cu und Al-Si, inklusive Fragmentierung von Dendriten und Konvektion in der Schmelze. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass man auf Analogsubstanzen als Modelle für das Kristallwachstums bald verzichten kann. Es folgten weitere interessante Vorträge: D. Holland-Moritz (DLR Köln) berichtete über abnormales dendritisches Wachstum in unterkühlten Aluminium-Nickel-Schmelzen, die auf den Einfluss der Konvektion zurückzuführen sind, S. Binder (ebenfalls DLR Köln) über Erstarrung in unterkühlten, elektromagnetisch levitierten Nickel-Bor-Schmelzen unter unterschiedlichen Einflüssen konvektiver Strömung. A. Danilewsky (Universität Freiburg) berichtete über In-situ-Beobachtungen von Versetzungen und Mikrorissen in Si-Wafern, die mit Hilfe der Synchrotronstrahlungsquelle ANKA des Forschungszentrums Karlsruhe gemacht wurden.

Die dritte Sitzung des Donnerstags widmete sich dem Themenkreis Silizium und der Keimbildung. Untersuchungen zur Zwillingsbildung auf atomarer Skala mit Molekulardynamik (MD) und Monte-Carlo Simulationen zeigte J. Pohl (TU Darmstadt). Wachstumswillinge entstehen dabei nicht auf den Si(111)-Flächen, sondern nur in Nähe der Korngrenzen an Tripelpunkten. P. Rudolph (IKZ Berlin) gab einen Überblick, wie unter Ausnutzung der Wachstumskinetik des Siliziums quadratische Kristallquerschnitte für die Czochralski-Züchtung von PV-Silizium erzielt werden können. Zwischen atomarer und mesoskopischer Längenskala bewegte sich A. Voigt (TU Dresden) in seinem Vortrag, in dem er minimale Energiepfade bei der Nukleation mit Hilfe der Phasenfeld-Kristall Methode analysierte. A. Choudhury

14 (Hochschule Karlsruhe) hingegen verwendete ein klassisches Phasenfeldmodell, um den Einfluss der Nukleation auf die Erstarrungsmorphologie zu untersuchen. Z. Balogh (Universität Münster) sprach ebenfalls über kritische Keimgröße in der Erstarrung binärer Legierungen, untersucht mit Monte-Carlo Methoden, und führte die interessante Unterscheidung zwischen thermodynamischen und kinetischen Keimradien ein.

In der letzten Sitzung des 11. Kinetikseminars drehte sich alles um Multiskalen-Modellierung. Über computergestützte Analysen von kinetischen Anlagerungsprozessen und Transportphänomenen am Beispiel der Flüssigphasen-Epitaxie von Quecksilber-Kadmium-Telluriden berichtete S. Brandon (Technion, Israel). In zwei weiteren Beiträgen gab es neue Ergebnisse aus dem Bereich Phasenfeldmodellierung: F. Wendler (Hochschule Karls-



Die Postersitzung war gut besucht und die Poster – im Gegensatz zur sonstigen Erfahrung bei DPG-Tagungen – gut positioniert, so dass eingehende Diskussionen möglich waren. Foto: W. Miller

ruhe) trug vor über polykristalline Selektionsprozesse in dünnen MFI Zeolith-Filmen, während M. Guerdane (ebenfalls Hochschule Karlsruhe) die methodische Kopplung von Phasenfeld- und MD skizzierte, am Beispiel der Diffusion in der unterkühlten Nickel-Zirkon-Schmelze. Über das Wachstum der Nickel-Zirkon-Phasengrenze als Ergebnis von MD-Simulationen berichtete P. Kuhn (DLR Köln). M. Syha (KIT Karlsruhe) präsentierte in ihrem Vortrag ein 3D-Vertex Modell, mit dem Bedingungen für abnormales Kornwachstum in Strontiumtitanat untersucht wurden. Den letzten Vortrag in dieser abschließenden Sitzung hielt V. Mohles (RWTH Aachen). Er berichtete über die atomare Struktur während der Migration von Dreh-Korngrenzen in Aluminium, untersucht mit MD. Bei hohen Temperaturen zeigen diese einen erstaunlichen Übergang zu einer fluid-artigen Mikrostruktur.



Eine „Nachsitzung“ fand im Kneitinger statt, einer typischen Lokalität mit selbst-gebrautem Bier und kräftigen Speisen. Foto: W. Miller

### Bericht von Marian Ivanow, Universität Köln

Im ersten Beitrag berichtete Theodore L. Einstein (U. Maryland, College Park, USA) über die Stufenänderung und pyramidalen Hügelbildung beim Wachstum von Cu/Cu(001) mit der gleichzeitigen Deposition von Verunreinigungsatomen. Mit Hilfe der VASP-Methoden wurden die Diffusionsbarrieren und die lateralen Nächste-Nachbarn-Bindungsenergien ermittelt, und damit lassen sich die Verunreinigungen in vier Gruppen unterteilen. Durch den Vergleich der resultierenden Instabilitätsformen wurde gezeigt, dass die Gruppe der mittleren Übergangsmetalle die beste Übereinstimmung mit dem experimentellen Ergebnis von Néel et al (2003) darstellt. Außerdem stellte sich für das Submonolayer-Regime heraus, dass die generalisierte Wigner-Verteilung bei der Capture-Zone-Methode für alle vier Gruppen ein guter Fit ist.

Ein weiterer Bericht über das Wachstum von Cu/Cu(001) lieferte Herbert Wormeester (U. Twente, Niederlande). Bei der Untersuchung änderte er den Einfallswinkel der Deposition, den Depositionsfluss und die Temperatur. Die Messungen mit Elektronenbeugung und STM zeigen das Formieren von rechteckigen Hügeln, die am Anfang senkrecht zur Einfallsebene der Deposition ausgerichtet worden sind und zum späteren Zeitpunkt um 90 Grad gedreht werden. Die Hügelanisotropie und die Rotation der Hügel könnten mit Hilfe von kMC-Simulationen bestätigt werden. Im Falle von Grazing-Incidence zeigen die

Simulationen eine sehr raue Front, deren Rauigkeit kurz vor der Drehung der Hügel maximal wird.

Markus Neubert (U. Duisburg-Essen) beendete diese Session mit dem Wachstum der dreistoffigen Systeme Ti-Si-C mit PECVD und metall-organischen Precursors. Bei der GEC-Reference Cell wurden einige Modifikationen vorgenommen. Insbesondere wurde ein Feed-System für flüssige und feste Precursors eingebaut. Bei Änderung der Temperatur und der Plasmaleistung mit konstantem Precursorsfluss wurden strukturelle und stochiometrische Messungen anhand verschiedener Methoden (XRD, SIMS und EDX) durchgeführt. Diese Systeme sind bei 600 °C amorph und zeigen keine Kristallstruktur. Die Morphologie kann sich dramatisch bei der Variation der Plasmaleistung verändern.

Die Reihe von Beiträgen über Wachstum von organischen Molekülen wurde von M. G. Ramsey (U. Graz, Österreich) eröffnet. Er präsentierte die Deposition von Sexiphenyl-Moleküle (6P) auf Cu(110), wobei er als Schwerpunkt die Temperaturabhängigkeit der Dynamik vor dem Einsetzen der Nukleation gelegt hat. Die real-time-Messungen wurden im UHV mit Hilfe von PEEM im Thresholdmodus durchgeführt. Man konnte so die molekulare Schichtfüllung beobachten und sowohl die gleichzeitige Umstrukturierung der Oberflächendichte dynamisch verfolgen, als auch das spontan induzierte meta-stabile Dewetting nach einer

kritischen Oberflächendichte untersuchen. Zusätzlich wurden numerische Simulationen für die zeitlichen Intensitätsvariationen aus den PEEM-Bildern für verschiedene Temperaturen gemacht und mit dem Experiment verglichen.

Stefan Lorbek (U. Loeben, Österreich) setzte fort mit dem Wachstum von para-6P-Molekülen, wobei man sie nun auf Mica(001) und SiO<sub>2</sub> deponiert. Durch Variation der Bedeckung, Substrattemperatur und Desorptionsrate und mit Hilfe einer ex-situ AFM wird die Oberfläche untersucht und die entsprechenden Histogramme gefertigt. Die kritische Inselgrößen  $i^*$  werden durch drei Fit-Methoden ermittelt: Raten-, Skalen- und Capture-Zone-Theorie.

Die Dynamik des Layer-by-Layer-Wachstums von Ir auf Graphen/Ir(111) geschieht durch Nukleation, Ausbreitung und Dämpfung der Ir-Cluster. Tim Gerber (U. Köln) zeigte mit Hilfe von kMC-Simulationen, dass die Ir-Überstruktur durch die Bewegung von Mono- und Dimeren zwischen den Moiré-Zellen zustande kommt. Abhängend von ihrer Größe werden dann die Cluster bei Temperaturerhöhung verschieden stark gedämpft. Die wichtigen Dämpfungsprozesse werden erkannt und im Rahmen eines Dämpfungsmodells mit Arrhenius-ähnlichen Hopping-

Frequenzen implementiert. So werden die Aktivierungsenergien bestimmt.

Gregor Hlawacek (U. Loeben, Österreich) berichtete über para-6P-Molekülen, die ebenso auf Graphen/Ir(111) deponiert werden. Die Dynamik und die kristallographische Struktur werden in-situ mit LEEM und mikro-LEED verfolgt. Bei niedrigeren Temperaturen gibt es das Layer-by-Layer-Wachstum, wobei die Wrinkles als Keime wirken. Auf der neuen Schicht mit niedriger Dichte zeigen die Inseln eine außerordentlich hohe Beweglichkeit. Bei Zimmertemperatur setzt sich das Stranski-Krastanov-Wachstum durch, und bei weiterer Erhöhung der Temperatur ordnen sich die Moleküle aufrecht.

Alexander Hinderhofer (U. Tübingen) hat in situ real-time XRR and AFM benutzt, um das Wachstum und die Sublimation der organischen Heterostrukturen PFP auf DIP/Si und PEN auf PFP/Si zu untersuchen. Während der Sublimation des oberliegenden Materials beobachtet man in beiden Heterostrukturen eine Verminderung der Rauigkeit. Als Begründung wird die niedrigere Stufen-Energiebarriere, verglichen mit einer homoepitaktischen Struktur, angenommen. Beim Wachstum von PEN auf PFP entsteht eine gut strukturierte Grenzschicht.



# GERO

30-3000°C

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

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

**mehr auf [www.gero-gmbh.com](http://www.gero-gmbh.com)**

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

## 16 DGKK-Personen

### Nachruf: Dr. Günter Behr

Wolfgang Löser, IFW Dresden

Mit tiefer Trauer und Bestürzung haben wir die Nachricht erhalten, dass das langjährige Mitglied der DGKK



**Dr. rer. nat. Günter Behr**

am 20. April 2010 an seiner schweren, tapfer ertragenen Krankheit im Alter von 59 Jahren verstorben ist.

Nach dem Abitur studierte Herr Behr von 1969 bis 1975 Physik an der Staatlichen Universität Leningrad (heute: Sankt Petersburg) und schloss das Studium 1975 als Diplomphysiker ab.

Seine berufliche Laufbahn war von Anfang an mit dem Zentralinstitut für Festkörper- und Werkstoffforschung bzw. ab 1.1.1992 dem Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW) Dresden verbunden. Die Promotion "Untersuchungen zur Züchtung und Perfektion von Einkristallen intermetallischer Verbindungen im System V-Cr-Si" schloss er 1982 mit der Verleihung des akademischen Grades Dr. rer. nat. erfolgreich ab. Hinzu kamen später wichtige Arbeiten zur Darstellung und Charakterisierung von Feinstpulvern, z. B. Cu und SnO<sub>2</sub>, für Anwendungen in der Mikroelektronik oder in Gassensoren.

Ab 1996 hat er am IFW Dresden ein international anerkanntes Kristallzüchtungslabor aufgebaut. Dabei war er nicht nur als Laborleiter eine unumstrittene Autorität, er beherrschte auch alle

technischen und praktischen Details der Laborarbeit und war zudem als Wissenschaftler überaus erfolgreich. Schwerpunkte der Kristallpräparation waren Silizide, intermetallische Seltenerd-Übergangsmetall Verbindungen und neue Oxidverbindungen für die Aufklärung von magnetischen und Transporteigenschaften. Gerade in den letzten Jahren hat er mit seiner Forschung an neuen supraleitenden Fe-Pniktiden die wissenschaftliche Arbeit und Sichtbarkeit des gesamten IFW Dresden entscheidend mitbestimmt. Neben den mehr als 200 Veröffentlichungen, vielen Patenten und Monographien sind auch einige weltweit einmalige Apparaturen des Kristallzüchtungslabors entstanden, die Dr. Behr konzipiert und entwickelt hat.

Mit seiner offenen Art und seiner Bereitschaft, junge Wissenschaftler anzuleiten und sein immenses Wissen weiterzugeben, trug er zu einer sehr guten wissenschaftlichen Atmosphäre bei. Zudem war er immer bereit, mit anderen Wissenschaftlern zu kooperieren, an seinem Institut ebenso wie als wichtiges Mitglied verschiedener Forschungsverbünde in Dresden und auch im Rahmen vieler erfolgreicher Kooperationen mit Partnern in der ganzen Welt. Als gewähltes Mitglied des Wissenschaftlich-Technischen Rats des IFW Dresden, dessen Vorsitzender er von 2005 bis 2007 war, hat er sich auch um die Belange des gesamten Instituts gekümmert.

Die Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK) betrachtete er als seine wissenschaftliche Heimat. Als aktives Mitglied war die nationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Kristallzüchtung sein Anliegen. Zu den jährlichen Treffen des von ihm 1997 gegründeten Arbeitskreises 'Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelation' kamen gerne viele Kollegen aus ganz Deutschland zu einem offenen Erfahrungsaustausch in fast familiärer Atmosphäre. Auch die Jahrestagung 2009 der DGKK in Dresden, die er als Tagungsleiter organisierte, wird vielen in guter Erinnerung bleiben.

Herr Dr. Behr hinterlässt eine schmerzliche Lücke. Wir werden ihm stets ein ehrendes Gedenken bewahren. Unsere herzliche Anteilnahme gilt seiner Ehefrau, seinen beiden Kindern und seinem Enkelkind.

### Professor Dr. Joachim Bohm zum 75. Geburtstag

Reinhard Uecker, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin

Am 25. März diesen Jahres hatte Professor Dr. Joachim Bohm seinen 75. Geburtstag. Ihn an dieser Stelle vorzustellen, hieße Eulen nach Athen tragen. Seine wohlbekannten Verdienste seien deshalb hier nur grob angerissen: Seit Aufnahme seiner ersten wissenschaftlichen Tätigkeit am Dresdener Institut für Reinstoffe im Jahre 1958 beschäftigt er sich mit der Kristallzüchtung (u.a. Züchtung von SiC durch Sublimation). Mit seinem Eintritt in die Abteilung von Dr. Klaus-Thomas Wilke des II. Physikalisch-Technischen Institutes (später Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie in Berlin-Adlershof) im Jahre 1964 wand er sich verstärkt dem breiten Feld der Kristallzüchtung

zu. Seine Arbeiten flossen zunächst in Dr. Wilkes berühmte „Kristallzüchtung“ (1973) ein und mündeten 1988 schließlich in eine stark erweiterte Neuauflage dieses deutschsprachigen Standardwerkes unter der gemeinsamen Autorenschaft Wilke und Bohm. 1994 erschien das von ihm gemeinsam mit Winfried Schröder und Anke Lüdge verfasste Kapitel „Crystal Growth by Floating Zone Melting“ im „Handbook of Crystal Growth“ (ed. D.T.J. Hurle). Parallel zu seinen Arbeiten auf dem Gebiet der Kristallzüchtung blieb Joachim Bohm dem durch seinen Lehrer Will Kleber geweckten Interesse an der theoretischen und praktischen Kristallographie immer treu. Aus diesem Arbeits-

feld erwachsen seit 1973 sieben Neuauflagen bzw. die völlige Neufassung des weit verbreiteten Lehrbuchs „Einführung in die Kristallographie“ seines 1970 verstorbenen Lehrers, nun unter der gemeinsamen Autorenschaft von Kleber, Bausch und Bohm. 1994 erschien als Ergebnis längerjähriger wissenschaftlicher Tätigkeit sein Buch „Realstruktur von Kristallen“.

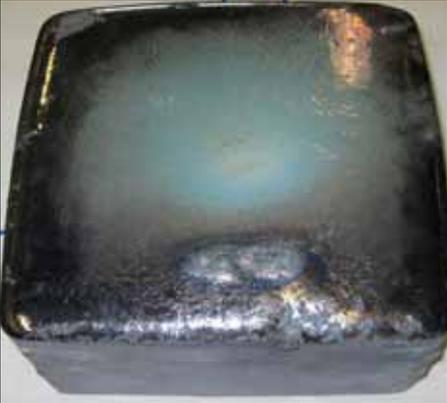
In den vergangenen 10 Jahren - seit dem Ehrenkolloquium anlässlich seines 65. Geburtstages an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg - hat sich im Leben von Professor Dr. Joachim Bohm viel verändert. Nach Beendigung seiner Tätigkeit in Freiberg im Sommer 2000 kam ein –wohlverdienter- Ruhestand trotz zunehmender gesundheitlicher Probleme für ihn nicht in Frage. Zunächst fand er im Berliner Institut für Kristallzüchtung Ort und Gelegenheit, sich weiter mit seinen Arbeiten zu beschäftigen und mit Kollegen auszutauschen.

Der Tod seiner Frau Edith nach 44 Ehejahren im Jahre 2008 war jedoch ein tiefer Einschnitt in Joachim Bohms Leben. Es ist ihm sehr zu wünschen, dass der Kontakt zu seinen Söhnen und deren Familien diesen Verlust zumindest etwas mildert. Zur Freude seiner Wegbegleiter dient ihm offensichtlich seine wissenschaftliche Arbeit, die er, wenn auch mit reduzierter, so doch mit ungebrochener Aktivität weiterhin betreibt, unverändert als Lebenselixier. Zuletzt wurde dies in einem Telefongespräch mit ihm deutlich: „Die Druckfahnen zur 19. (!) Auflage des „Kleber“ sind nun fertig korrigiert. Er wird voraussichtlich im Sommer diesen Jahres erscheinen (nun unter der Koautorenschaft von Bohm und Klimm). WAS MACHE ICH NUN?“

Wir, die wir seine Arbeiten und den Austausch mit ihm seit langem schätzen, wünschen Professor Dr. Joachim Bohm weiterhin viele erfüllte Jahre und eine möglichst gute Gesundheit.



**D-15745 Wildau  
Freiheitstr. 124 - 126**

<b>PV-Silicium</b>

<b>Draht- und Bandsägen</b>

**Tel.: 03375 217525**

**Fax: 03375 507675**

**www.vario-silicon.de**

**mail: vario@gmx.com**

<b>Halbleiter und Oxide</b>

<b>Feinschleifen und Polieren</b>



**Schnell, präzise und flexibel - Sonderproben für Forschung und Entwicklung**



## Workshop/Chairs

R. Fornari (IKZ Berlin, Germany)  
 D. Bliss (Air Force Research Laboratory, Hanscom AFB, USA)  
 K. Kakimoto (Kyushu University, Fukuoka, Japan)

## Important Dates

Begin of registration	Monday, October 11, 2010
End of applying for financial aid	Friday, December 31, 2010
End of abstract submission	Friday, February 11, 2011
Notification of poster acceptance	Friday, March 11, 2011
End of early registration	Friday, April 15, 2011
End of registration	Sunday, May 15, 2011

## Scope

This Workshop is the fifth of a series initiated by Hans Scheel in Beatenberg (Switzerland) in 1998 and aims at filling a gap in the conference coverage of topics, that of Crystal Growth Technology: industrial crystal production and crystal machining. In essence, these workshops act as a bridge between the science and the practice, i.e. between R&D and the actual production. IWC GT-5 is organized under the auspices of the International Organization for Crystal Growth and its programme consists of 45 min. long invited talks from international specialists. It is foreseen that the Workshop should maintain its traditional manageable size (altogether about 100 participants) to enable lots of discussions and debate, including some evening sessions of a more general nature. While the oral presentations will be on invitation only, we shall give all participants the chance to present their own results in two evening poster sessions.

## Topical Sessions and Coordinators

- Growth technologies for solar silicon (T. Duffar, N. Stoddard)
- Melt growth technologies for dielectric crystals for applications as piezo-devices, scintillators, NLO and lasers (A. Getkin, E. Bourret-Courchesne)
- Advances in crystal machining and wafer processing (K. Jacobs, U. Juda)
- Advances in solution growth (A. Ibanez, D. Bliss)
- Technologies for growth of bulk wide-bandgap semiconductors (J. Friedrich, Z. Sitar)
- Melt growth technologies for ultra pure and perfect semiconductors, e.g. silicon and germanium, III-V, II-VI (B. Depuydt, P. Rudolph)
- Special fibers and meta-materials grown by micro pulling down (R. I. Merino, A. Yoshikawa)



## 5<sup>th</sup> International Workshop on Crystal Growth Technology



June, 26-30, 2011 · Berlin, Germany

<http://iwcgt5.ikz-berlin.de>

Local Organizing Committee/Chair



U. Rehse  
 Leibniz Institute for Crystal Growth (IKZ)  
 E-Mail: [iwcgt5@ikz-berlin.de](mailto:iwcgt5@ikz-berlin.de)

Location

Penta Hotel Berlin-Koepenick  
<http://www.pentahotels.com/de/berlin-koepenick/>



## Innovationspreis Mikroelektronik geht an Fraunhofer IISB und SolarWorld AG

Pressemitteilung, 15. Oktober 2009

### Auf dem Weg zu billigerem Solarstrom

Gemeinsam haben Forscher des Fraunhofer IISB Erlangen, des Fraunhofer THM Freiberg und der SolarWorld AG herausgefunden, wie sie durch den Einsatz von Magnetfeldern bei der industriellen Produktion von Siliziumkristallen für die Photovoltaik spezielle Materialfehler vermeiden können. Diese Materialfehler sind schädlich für die Anwendung der Kristalle zur Erzeugung von Solarstrom. Für die gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurde den Forschern am 15. Oktober 2009 der Georg Waeber Innovationspreis 2009 des Förderkreises für die Mikroelektronik e.V. verliehen.

Die Photovoltaik basiert heute und auch in Zukunft auf kristallinen Siliziumsolarzellen. Für deren Herstellung werden kostengünstige Siliziumkristalle mit maßgeschneiderten Eigenschaften benötigt, aus denen dünne Scheiben („Wafer“) für die Solarzellenfertigung geschnitten werden. Die Siliziumkristalle, genannt Blöcke, entstehen durch kontrollierte Kristallisation aus der rund 1500 °C heißen Siliziumschmelze. Ein wichtiges Wirtschaftlichkeitskriterium bei der Kristallisation der Siliziumblöcke ist die Waferausbeute pro Block. Diese wird neben anderen Faktoren durch den Gehalt an Kohlenstoff- und Stickstoff-Verunreinigungen im Silizium bestimmt. Während des Erstarrungsprozesses des Siliziumblocks können nämlich durch die Wechselwirkung des Siliziums mit Einbauten der Ofenanlagen und dem Tiegelmateriale Materialfehler in Form von Siliciumcarbid- und Siliciumnitrid-Ausscheidungen entstehen. Diese sind aufgrund ihrer gegenüber Silizium größeren Härte problematisch für die anschließenden Sägeprozesse. Zudem können sie aufgrund der Ausbildung von Kurzschlussströmen den Wirkungsgrad der Solarzellen verschlechtern. Diese Bereiche müssen aussortiert werden und mindern somit die Waferausbeute pro Block.

Hier setzt das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB an: Es forscht an seinem Hauptstandort in Erlangen sowie in seiner Außenstelle, dem Fraunhofer-Technologiezentrum für Halbleitermaterialien THM in Freiberg, im Auftrag des Industriepartners SolarWorld AG an einer Optimierung des Kristallisationsprozesses im Hinblick auf eine Vermeidung der Ausscheidungsbildung zur Erhöhung der Waferausbeute pro Block. Aufgabe war es, ein tiefgehendes Verständnis für die Mechanismen der Bildung dieser schädlichen Kristallfehler zu erarbeiten. Damit wurden die wissenschaftlichen Voraussetzungen geschaffen, um durch verfahrenstechnische Maßnahmen die unerwünschten Ausscheidungen bei der industriellen Fertigung von multikristallinen Siliziumkristallen zu reduzieren beziehungsweise ganz zu vermeiden.

Gemeinsam haben die Forscher von Fraunhofer und Industrie durch grundlegende experimentelle und theoretische Untersuchungen herausgefunden, dass eine „gut gerührte“ Schmelze diese Ausscheidungsbildung verhindert. „Wir haben schon zu Beginn der Forschungsarbeiten vermutet, dass die Strömung in der Schmelze sehr wichtig für die Bildung der Materialfehler ist. In Zonen geringer Strömungsgeschwindigkeit im Bereich des

fest-flüssig Phasenübergangs bei der Erstarrung des Siliziums können sich Verunreinigungen aufstauen und dann zu den Ausscheidungen im festen Silizium führen. Durch unsere Kristallisationsversuche im Labormaßstab und durch Computersimulation konnten wir diese Vermutung bestätigen“, erläutert Dr. Jochen Friedrich vom Fraunhofer IISB. „Der Hebel, an dem wir ansetzen mussten, war also, diese „Totwasserzonen“ in der Schmelze zu vermeiden. Dafür brauchten wir eine technische Lösung, die sich ohne größeren Aufwand auf die großen Produktionsanlagen umsetzen lässt“, ergänzt Dr. Bernhard Freudenberg von der Solarworld AG.

Um diese Bedingungen in der industriellen Produktion zu erreichen, entwickelten die Forscher die Idee, optimierte Magnetfelder zur Beeinflussung der Strömung in der Siliziumschmelze zu nutzen. Mit Unterstützung von Computersimulation und speziellen Messtechniken wurden die Produktionsanlagen so optimiert, dass die Totwasserzonen während der Kristallisation vermieden und die Ausbeute deutlich gesteigert werden konnte. Die damit einhergehende Kostenreduktion ist eine wichtige Voraussetzung, dass sich das Wachstum der Photovoltaik auch in den nächsten Jahren fortsetzt.

Stellvertretend für die Forschungsteams am Fraunhofer IISB und THM sowie bei der SolarWorld AG, die zu diesen Entwicklungen maßgeblich beigetragen haben, wurden Dr. Bernhard Freudenberg, Direktor Wafertechnologie bei der SolarWorld Innovations GmbH in Freiberg, einer hundertprozentigen Tochter der SolarWorld AG, und Dr. Jochen Friedrich, Leiter der Abteilung Kristallzüchtung des Fraunhofer IISB in Erlangen und Leiter des Fraunhofer THM in Freiberg, mit dem Georg Waeber Innovationspreis 2009 ausgezeichnet. Die vom Förderkreis für die Mikroelektronik e.V. ausgeschriebene Auszeichnung wurde am 15. Oktober 2009 im Rahmen der Jahrestagung des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB an die Preisträger überreicht.

Die Arbeiten zur elektromagnetischen Beeinflussung der Schmelzbadbewegung wurden gemeinsam von der Deutschen Solar AG, einer 100% Tochter der Solarworld AG, als Antragsteller und dem Fraunhofer THM als Unterauftragnehmer im Rahmen des Projektes KOWÄSTO durchgeführt. Fortgeführt wurden die Untersuchungen im Rahmen des HiQuaSil-Projektes durch beide Einrichtungen als Verbundpartner. Beide Vorhaben wurden zum einen vom Europäischen Regional-Entwicklungsfond (ERDF) und zum anderen vom Wirtschafts- und Arbeitsministerium des Landes Sachsen gefördert.

### Ansprechpartner:

Dr. Jochen Friedrich  
 Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB  
 Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany  
 Tel. +49-9131-761-269  
 Fax +49-9131-761-280  
 info@iisb.fraunhofer.de  
 www.iisb.fraunhofer.de



Dr. Dietrich Ernst, Vorsitzender des Förderkreises für die Mikroelektronik e.V., mit den Preisträgern Dr. Jochen Friedrich (links) und Dr. Bernhard Freudenberg (rechts).  
Foto:IHK / Kurt Fuchs



Kokille mit Siliziumausgangsmaterial vor der Kristallisation (Hintergrund), gezüchteter Siliziumblock nach der Kristallisation (Vordergrund).  
Foto: Solarworld AG

## Siliziumcarbid: Preisgekrönte Forschungsarbeiten des Fraunhofer IISB

Pressemitteilung, 30. Oktober 2009

### Auszeichnungen auf internationalen Tagungen

Gemeinsam haben Forscher des Fraunhofer IISB Erlangen, der SiCrystal AG in Erlangen und der Kristallographie der Universität Freiburg Materialdefekte im Halbleitermaterial Siliziumcarbid untersucht. Diese Arbeiten wurden im Oktober 2009 sowohl mit dem Poster Award auf dem Nutzertreffen der Angstromquelle Karlsruhe als auch mit dem MANSiC Poster Award im Rahmen der Internationalen Siliziumcarbid-Konferenz in Nürnberg ausgezeichnet.

Siliziumcarbid (SiC) hat aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften ein hervorragendes Anwendungspotential als Halbleitermaterial für die Leistungselektronik. Dafür werden SiC-Substrate benötigt, auf denen für die Bauelementherstellung dünne kristalline SiC-Schichten mittels Epitaxieverfahren abgeschieden werden. Die SiC-Substrate und die SiC-Schichten müssen eine hohe strukturelle Perfektion aufweisen, damit die Bauelemente zuverlässig funktionieren. Insbesondere Materialdefekte in Form von bestimmten Versetzungstypen, Abweichungen von der idealen Atomgitterstruktur, können die Leistungsfähigkeit der Bauelemente nachteilig beeinflussen. Deshalb ist es von großer Bedeutung, den Versetzungstyp sowie die Versetzungsdichte und -verteilung in Abhängigkeit von der Dotierung in den Substraten und den darauf aufgewachsenen Epitaxieschichten nachweisen zu können. Standardmäßig ist seit Jahren weltweit das Verfahren des defektselektiven Ätzens der SiC-Proben in einer 500 °C heißen Kaliumhydroxid-Schmelze (KOH) etabliert. Bei dieser Methode werden auf den SiC-Scheiben um die Versetzungen herum Ätzgruben erzeugt, die dann automatisiert

unter dem Mikroskop ausgezählt werden können.

In der Fachwelt herrschte bisher die Meinung vor, dass die unterschiedlichen Versetzungstypen im SiC mit diesem Verfahren eindeutig anhand der Größe und Form dieser Ätzgruben identifiziert werden können. „In der Fachliteratur ging man davon aus, dass große hexagonale Ätzgruben so genannte Schraubenversetzungen und kleine hexagonale Ätzgruben so genannte Stufenversetzungen dekorieren, die sich in Wachstumsrichtung ausbreiten. Ein dritter Versetzungstyp, die Basalebeneversetzungen, zeigt eine ovale Ätzgrubenform. Diese Annahme gilt nach unseren Untersuchungen so nicht mehr“, erläutert die SiC-Forscherin Birgit Kallinger vom Fraunhofer IISB.

In Kooperation mit der Universität Freiburg und der SiCrystal AG, einem weltweit etablierten Produzenten von SiC-Substraten, haben die SiC-Experten vom Fraunhofer IISB ein komplementäres Verfahren benutzt, um die Versetzungen im SiC direkt nachzuweisen. Dazu wird hochenergetische Röntgenstrahlung, so genannte Synchrotronstrahlung, benötigt, wie sie an großen Teilchenbeschleunigern zur Verfügung steht. „Die TOPO-TOMO-beamline der Synchrotron Ängströmquelle Karlsruhe (ANKA) ist für solche Untersuchungen hervorragend geeignet“, erklärt Dr. Andreas Danilewsky, Spezialist für Röntgenuntersuchungen von der Universität Freiburg. „An ausgewählten Substraten und Epitaxieschichten haben wir entsprechende Röntgenbilder aufgenommen und die darin nachgewiesenen Versetzungstypen identifiziert. Die SiC-Proben wurden anschließend defektselektiv geätzt und die erhaltenen Ätzbilder mit den zugehörigen Röntgenaufnahmen verglichen.“

Die Forscher haben herausgefunden, dass im Falle der geätzten, hoch stickstoffdotierten Substrate keine eindeutige Unterscheidung zwischen Stufen- und Schraubenversetzungen anhand der Ätzgrubengröße möglich ist. Jedoch können die Basalebeneversetzungen eindeutig identifiziert sowie die Häufigkeit und Verteilung aller Versetzungen auf den Proben sicher bestimmt werden.

Im Falle der Epitaxieschichten, die niedriger mit Stickstoff oder mit Aluminium dotiert sind, ist es dagegen möglich, anhand der Ätzgrubengröße und -form außer den Basalflächenversetzungen

bislang unbekannter, neuer Versetzungstyp auf, dessen Ätzgrubengröße sich von jener der Stufenversetzungen unterscheidet. „Wir vermuten zwar, dass es sich bei diesen unbekanntem Versetzungen um einen Typ von Stufenversetzungen handelt, müssen aber erst noch den eindeutigen Nachweis erbringen“, so Birgit Kallinger. „Die Konsequenz aus unseren Untersuchungen ist, dass erstens mit vielen in der Literatur veröffentlichten Ergebnissen vorsichtig umgegangen werden muss, zweitens zwar das KOH-Ätzen als einfache, billige und schnelle Methode in der industriellen Produktion geeignet ist, um die Anzahl und Verteilung aller Versetzungen zu bestimmen sowie die Basalebeneversetzungen eindeutig zu identifizieren, drittens aber ein neues, einfaches und schnelles Ätzverfahren entwickelt werden muss, um auch eindeutig Stufen- und Schraubenversetzungen für hohe Dotierungen unterscheiden zu können.“

Birgit Kallinger vom Fraunhofer IISB stellte stellvertretend für das gesamte Forscherteam aus Wissenschaft und Wirtschaft die Ergebnisse als Posterbeitrag im Oktober 2009 sowohl beim jährlichen Treffen der Nutzer der Synchrotronquelle ANKA in Karlsruhe als auch auf der International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2009) der Fachwelt vor. Letztere gilt als weltweit größte und renommierteste Konferenz zum Thema Siliciumcarbid, in Nürnberg fanden sich dieses Jahr rund 500 internationale Experten ein. Für ihre Posterbeiträge wurden Frau Kallinger und ihr Team sowohl mit dem Best Poster Award des ANKA-Nutzertreffens als auch mit dem MANSIC Poster Award der ICSCRM2009 ausgezeichnet.

Die vorgestellten Arbeiten und Ergebnisse wurden gemeinsam vom Fraunhofer IISB und der SiCrystal AG im Rahmen des von der Bayerischen Forschungsstiftung geförderten Projekts KoSiC durchgeführt. Die Messzeit für die Durchführung der Experimente am Synchrotron, die unter der wissenschaftlichen Betreuung von Dr. Danilewsky stattfanden, wurde vom ANKA zur Verfügung gestellt.

**Ansprechpartner:**

Dr. Jochen Friedrich  
 Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelemente-  
 technologie IISB  
 Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany  
 Tel. +49-9131-761-269  
 Fax +49-9131-761-280  
 info@iisb.fraunhofer.de  
 www.iisb.fraunhofer.de



Frau Kallinger vom Fraunhofer IISB vor dem preisgekrönten Poster  
 Foto: IISB

auch Stufen- und Schraubenversetzungen zu unterscheiden. Zusätzlich tritt aber bei einer bestimmten Stickstoffdotierung ein

**Perfekte Halbleitermaterialien für die Industrie – Fraunhofer THM auf Wachstumskurs**

Pressemitteilung, 25. Januar 2010



Der Freistaat Sachsen, Bund und EU investieren in die Spitzenforschung „made in Freiberg“. Im Fokus: Innovative Halbleiterwerkstoffe für die Mikroelektronik- und Photovoltaik-Industrie. Diese Fördermaßnahme ermöglicht den Ausbau des Technologiezentrums Halbleitermaterialien (THM) in Freiberg.

Mit Beginn des neuen Jahres geht der Aufbau am Fraunhofer Technologiezentrum Halbleitermaterialien (THM) in Freiberg in die nächste Phase. Mit dem Bewilligungsbescheid über insge-

samt 9,9 Mio. Euro gaben das Bundesministerium für Bildung und Forschung und die Sächsische Aufbaubank im Auftrag des Sächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst noch vor dem Jahreswechsel grünes Licht für die Erweiterung der Forschungseinrichtung. Die Förderung wird zu jeweils 20% vom Freistaat Sachsen und vom Bund sowie zu 60% von der Europäischen Union im Rahmen des Europäischen Fonds für Regionalentwicklung getragen. Damit kann das Fraunhofer THM seine technische Grundausstattung bis zum Jahr 2012 ausbauen. Durch eine Betriebsmittelförderung in Höhe von 1,2 Mio. Euro kommt zusätzliche Unterstützung vom Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst. Damit wird der

## 22 Forschungsbetrieb am Fraunhofer THM auf ein solides Fundament gestellt.

Mit der Finanzierung werden umfangreiche Umbaumaßnahmen in den vom Fraunhofer THM im Freiburger Gewerbegebiet Süd angemieteten Räumen ermöglicht, um die infrastrukturellen Voraussetzungen für den Technikums- und Laborbetrieb zu verbessern. Bereits seit Wochen laufen die Planungsaktivitäten auf Hochtouren. Gleichzeitig wird in Versuchsanlagen und Ausrüstungen zur Entwicklung von Prozessen für die Herstellung und Charakterisierung innovativer Halbleitermaterialien investiert. Diese investiven Maßnahmen sind die Grundlage für neue Projekte des Fraunhofer THM mit seinen Partnern aus Industrie und Forschung. Die Anzahl der Arbeitsplätze für Wissenschaftler und Techniker soll damit in den nächsten drei Jahren von derzeit acht auf etwa 20 steigen.

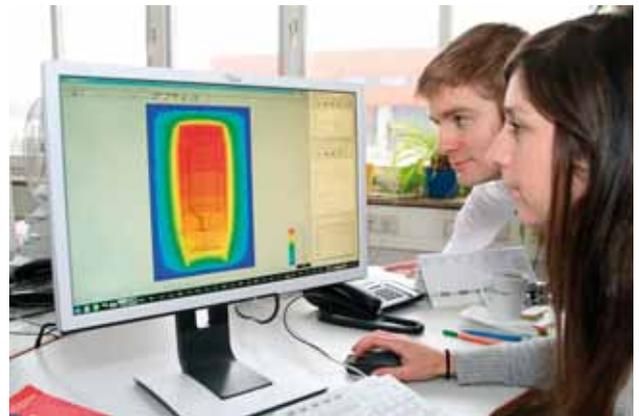
Das Fraunhofer THM wurde vor 5 Jahren in Freiberg als gemeinsame Abteilung der Fraunhofer-Institute IISB (Erlangen) und ISE (Freiburg) gegründet. Die Kernkompetenzen der Forschungseinrichtung liegen auf den Gebieten der Herstellung und der Bearbeitung von Halbleiterwerkstoffen. Mit den Investitionen ist das THM bestens für weiterführende Forschungsaufgaben – insbesondere für die Freiburger Halbleiterindustrie – gerüstet. Bei der Bearbeitung seiner Forschungsprojekte kooperiert das Fraunhofer THM mit der TU Bergakademie, speziell mit dem Institut für Experimentelle Physik, um Synergien zu nutzen. Dies trägt in hohem Maße dazu bei, dass der Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Freiberg weiter gestärkt wird.

Ein Zeichen für die erfolgreiche Zusammenarbeit des Fraunhofer THM mit der Freiburger Halbleiterindustrie ist die Verleihung des Innovationspreises 2009 durch den Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.. Die Preisverleihung würdigt die Ergebnisse

eines gemeinsam mit der SolarWorld AG durchgeführten Projekts zur Verbesserung der Materialqualität von Photovoltaik-Silicium mit Hilfe von Magnetfeldern. Die Forschungsaktivitäten am Fraunhofer THM begrenzen sich jedoch nicht nur auf den Raum Freiberg oder Sachsen. So ist das THM im Rahmen des BMBF-Spitzenclusters „Solar Valley Mitteldeutschland“ bereits an verschiedenen Forschungsprojekten mit Kooperationspartnern aus Thüringen und Sachsen-Anhalt beteiligt.

### Ansprechpartner:

Dr. Jochen Friedrich  
Fraunhofer THM  
Am St. Niclas Schacht 13, 09599 Freiberg/Sachsen  
Tel.: +49-3731-2033-100  
Fax: +49-3731-2033-199  
E-Mail: info@thm.fraunhofer.de



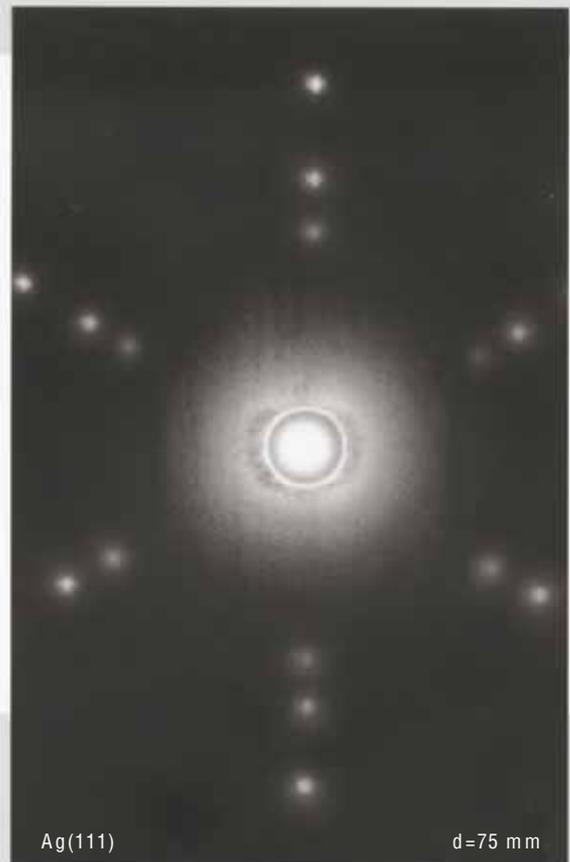
Thermische Simulation am THM zur Optimierung von Kristallisationsanlagen für Photovoltaik-Silicium  
Foto: Fraunhofer THM

## Material-Technologie & Kristalle GmbH für Forschung, Entwicklung und Produktion

- ▲ **Kristallzüchtungen von Metallen und deren Legierungen**
- ▲ **Kristallpräparation (Formgebung, Polieren und Orientieren)**
- ▲ **Reinstmaterialien (99,9 – 99,99999 %)**
- ▲ **Substrate (SrTiO<sub>3</sub>, MgO, YSZ, NdGaO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, etc.)**
- ▲ **Wafer (Si, Ge, ZnTe, GaAs und andere HL)**
- ▲ **Sputtertargets**
- ▲ **Auftragsforschung für Werkstoffe und Kristalle**



Im Langenbroich 20  
D-52428 Jülich  
Tel.: 02461/9352-0, Fax – 11  
e-mail: service@mateck.de  
<http://www.mateck.de>  
(inkl. Online-Katalog)



## DGKK-Schule „Kristallzüchtung von Solarsilizium“

Pressemitteilung, 21. Juni 2010

### Ingenieure auf der Schulbank - Voller Erfolg für die 2. DGKK-Schule „Kristallzüchtung von Solarsilizium“!

Das Fraunhofer IISB, Erlangen, veranstaltete vom 14.-16. Juni 2010 in Apolda die 2. Schule „Siliziumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“. Die Veranstaltung stand unter der Schirmherrschaft der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V. (DGKK). 55 Teilnehmer, vorwiegend Ingenieure aus der Industrie, lernten in einem dreitägigen Kurs die Grundlagen und Technologien der Herstellung von Silizium, der Siliziumkristallzüchtung und der Fertigung von Siliziumscheiben kennen.

Um den Bedarf an gut ausgebildeten Kristalltechnologien speziell für die Photovoltaik-Industrie zu decken, organisierte das Fraunhofer IISB gemeinsam mit seiner Außenstelle, dem Fraunhofer Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM in Freiberg, und der Technischen Universität Bergakademie Freiberg (TU BAF) zum zweiten Male einen Kompaktkurs über „Siliziumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“. Die DGKK kommt damit als Dachverband der Kristalltechnologien in Deutschland einer ihrer ureigensten Aufgaben nach, die Forschung, Lehre und Technologie auf dem Gebiet des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung zu fördern.

Die Schule richtete sich an Ingenieure und Techniker aus der Photovoltaik-Industrie, die als Quereinsteiger mit der Herstellung von Siliziumkristallen befasst sind. Als weitere Zielgruppe wurden Studenten und Hochschulabsolventen angesprochen, die ihre wissenschaftlich-technische Arbeit auf dem Gebiet der Kristallzüchtung gerade erst beginnen. Zum Auftakt der Tagung behandelte Prof. Edwin Kroke von der TU BAF die Gewinnung und Reinigung des Siliziums mit dem klassischen Siemens-Prozess und alternativen Herstellungsverfahren. Anschließend betrachteten Dr. Wilfried von Ammon aus Burghausen und Dr. Jochen Friedrich vom Fraunhofer IISB die Grundlagen und Techniken des Kristallziehens für monokristallines Silizium und für multikristallines Material nach dem Prinzip der gerichteten Erstarrung und der sogenannten Bänderverfahren. Prof. Arne Cröll von der Universität Freiburg gab zu Beginn des zweiten Tages der Veranstaltung eine Einführung in die bei der Kristallzüchtung ablaufenden Wärme- und Stofftransportprozesse. Prof. Peter Rudolph vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung in Berlin erläuterte anschließend die thermodynamischen und kinetischen Vorgänge beim Kristallwachstum aus der Schmelze. Nach der Mittagspause diskutierte Prof. Georg Müller aus Erlangen die Bildung von Kristalldefekten und deren Auswirkungen auf die Photovoltaikeigenschaften und erläuterte Methoden für das sogenannte Defekt Engineering mithilfe von Computer-Simulationen. Zum Abschluss des zweiten Tages erklärte Prof. Hans-Joachim Möller von der TU BAF die Grundlagen der Herstellung von Siliziumscheiben aus Kristallen. Am dritten Tag führte Prof. Michael Seibt von der Universität Göttingen in die Verfahren der elektrischen und strukturellen Charakterisierung ein. In der letz-

ten Vorlesung stellte dann Dr. Filip Granek vom Fraunhofer ISE Freiburg vor, wie Siliziumscheiben zu Solarzellen prozessiert und in Solarmodule integriert werden.

Nach Aussage etlicher Teilnehmer ist die DGKK-Schule hinsichtlich des wissenschaftlichen Programms und der Organisation sehr gelungen. Trotz des vollen Schulungsprogramms blieb zwischen den einzelnen Vorlesungen sowie beim Mittagessen und den Abendsitzungen genügend Zeit, um sich auszutauschen und Netzwerkbildung zu betreiben. Die wiederum erfreulich große Teilnehmerzahl – genauso viele Teilnehmer wie bei der 1. DGKK-Schule, die 2009 in Freiberg stattfand - zeigt deutlich den Bedarf an Aus- und Weiterbildungsangeboten für Ingenieure, speziell im Bereich der Kristalltechnologie in der Photovoltaik-Industrie. Die Organisatoren werden sich gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V. auch künftig dieser Aufgabe annehmen und voraussichtlich im Jahre 2012 eine 3. DGKK-Schule „Siliziumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“ durchführen.

#### Ansprechpartner:

Dr. Jochen Friedrich

Fraunhofer Institut für Integrierte Systeme und Bauelemente-technologie (IISB)

Schottkystr. 10, 91058 Erlangen, Germany

Tel. +49-9131-761-270

Fax +49-9131-761-280

info@iisb.fraunhofer.de

www.iisb.fraunhofer.de



Wissenschaftler, Techniker und Ingenieure: Teilnehmer bei der 2. DGKK-Schule „Siliziumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“  
Bild: Fraunhofer THM

## Epitaktisches Graphen: Das Wachstum zweidimensionaler Kristalle

Carsten Busse, II. Physikalisches Institut, Universität zu Köln

Als Graphen bezeichnet man eine Kohlenstoffschicht mit einer Dicke von nur einem Atom und einer Anordnung der einzelnen Kohlenstoffe in einem Wabengitter (Abb. 1). Als Bestandteil von ausgedehnten Systemen kennt man solche Schichten schon sehr lange, das einfachste Beispiel ist Graphit, das man sich als Aufeinanderstapelung vieler Graphenlagen vorstellen kann. Ein weiteres Beispiel sind Graphenfilme, die auf Metalloberflächen adsorbiert sind. Das Interesse an Graphen nimmt seit 2004 dramatisch zu, als es A. Geim und Mitarbeitern an der Universität Manchester gelang, einzelne Graphenlagen aus Graphit zu extrahieren und auf ein isolierendes Substrat aufzubringen [1]. Diese Schichten werden mit einem sehr einfachen Verfahren mechanisch mit Hilfe von Klebeband präpariert (Exfoliation). An solchen Proben konnten seitdem viele faszinierende Eigenschaften von Graphen demonstriert werden wie zum Beispiel eine sehr hohe Beweglichkeit der Ladungsträger (die sich zudem noch wie relativistische Dirac-Fermionen verhalten), eine hohe Kohärenzlänge für den Transport von spinpolarisierten Elektronen (Stichwort Spintronik), einen ungewöhnlichen Quanten-Hall-Effekt sowie eine außerordentliche mechanische Festigkeit [2]. Im Graphen liegen alle Atome in einer  $sp^2$ -Hybridisierung vor, jedes Atom ist in einer Ebene mit drei Nachbarn verbunden. Damit stellt Graphen den dünnsten vorstellbaren Festkörper dar.

Die Herstellungsverfahren von Graphen kann man in drei große Blöcke einteilen: Mechanische Exfoliation, epitaktisches Wachstum auf Oberflächen (vornehmlich auf Metallen und auf Siliziumkarbid) und schließlich chemische Methoden (Reduktion von Graphitoxid, organische Synthese). Dieser Artikel beschränkt sich auf das Wachstum auf Metallen. Die Vorteile dieses interessanten und vielversprechenden Verfahrens sind die hohe Qualität der erstellten Schichten (monokristallin, defektfrei auf einer Skala von einigen mm). Dieses Graphen kann zum einen als Modellsystem für die Eigenschaften von isoliertem Graphen dienen, vor allem bei der Erforschung der geometrischen Struktur, wie z. B. den Eigenschaften von Kristalldefekten. Erstaunlicherweise gibt es aber auch Metalle, auf denen die elektronische Struktur des adsorbierten Graphens der von freistehendem Graphen sehr ähnlich ist [3]. Für viele Anwendungen ist es jedoch letztlich erforderlich, das Graphen in einem weiteren Schritt von dem Metall abzutrennen und auf ein isolierendes Substrat aufzubringen. Auch hier sind in letzter Zeit entscheidende Fortschritte erzielt worden.

### Vom Katalysatorgift zum Material der Zukunft

Eine schon seit den 1960er Jahren bekannte Herstellungsart von Graphen ist das epitaktische Wachstum auf Metallen. Auf der sauberen Oberfläche vieler Metalle verketteten sich unter Hochvakuumbedingungen aufgebrauchte Kohlenwasserstoffe bei genügend hohen Temperaturen nach Dehydrierung zur energetisch günstigsten Form, eben zu Graphen. Entscheidend bei diesem Prozess ist eine katalytische Aktivität des Metalls. Die ersten Arbeiten auf diesem Gebiet konzentrierten sich allerdings auf die Vermeidung solcher Schichten, da die Adsorption von Kohlenstoff immer zu einer Vergiftung des Katalysators führt, erst später wurde das große Potenzial von Graphen erkannt.

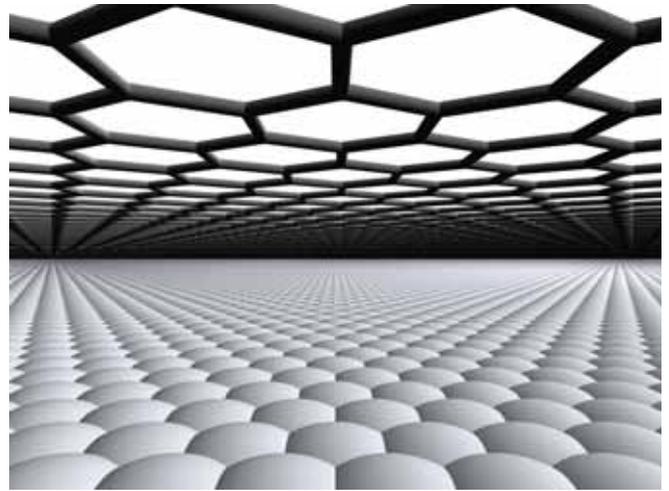


Abb.1: Graphen (oben) auf einer dichtgepackten Metalloberfläche (unten). Graphen besteht aus einer einzelnen Lage von Kohlenstoffatomen, die in einem Wabenmuster angeordnet sind.

Wenn man die Metalloberfläche bei sehr hoher Temperatur einem Kohlenwasserstoff-Fluss aussetzt, spricht man von Chemischer Gasphasendeposition (engl. „chemical vapor deposition“, CVD), siehe auch [4]. Dieser Prozess ist selbstlimitierend, da die Graphen-bedeckte Oberfläche chemisch inert ist. Es entsteht also eine und nur eine Lage und damit Graphen im eigentlichen Sinn. Man kann die bisher verwendeten Metallsubstrate grob in zwei Klassen einteilen: In stark wechselwirkenden Systemen sind die Kohlenstoffe kovalent an das Metall angebunden, die charakteristische elektronische Struktur des Graphen ist damit zerstört (z. B. Ni(111), Ru(0001), Co(0001), Rh(111)). In schwach wechselwirkenden Systemen ist die Van-der-Waals-Wechselwirkung die dominierende Kraft, hier bleibt die elektronische Struktur zum großen Teil erhalten (z. B. Ir(111) [3] oder Pt(111)). Im Folgenden werden größtenteils Ergebnisse für Ir(111) beschrieben.

Ein Beispiel für über CVD hergestelltes Graphen zeigt Abb. 2. Hier wurde mit dem Rastertunnelmikroskop eine Iridium-(111)-Oberfläche abgebildet, die vollständig bedeckt ist. Die stark ausgeprägte Überstruktur ist ein Moiré-Muster und entsteht durch die Überlagerung der inkommensurablen Kohlenstoff- und Iridiumgitter (d.h. die Gitterkonstanten haben kein gemeinsames Vielfaches), siehe auch [5]. Im Alltag erkennt man solche Moiré-Muster z. B. in der stark gemusterten Krawatte eines Nachrichtensprechers. Für uns hat dieser Effekt auch einen ganz praktischen Nutzen: Der Gittervektor des Moiré ist sehr empfindlich auf kleine Veränderungen der zugrundeliegenden Gitter (einen sehr ähnlichen Effekt nutzt man bei der Nonius-Skala einer Schieblehre). Dadurch können wir die Gitterkonstante des Graphen im Rastertunnelmikroskop mit einer Genauigkeit vermessen, die sonst nur mit Hilfe von Beugungsmethoden erreicht werden kann.

Die strukturelle Qualität von CVD-Graphen kann extrem hoch werden, sogar Fehler des Substrats wie Stufenkanten und Versetzungen werden einfach überwachsen. Allerdings gibt es auf Ir(111) (und auch auf anderen Oberflächen) verschiedene mögli-

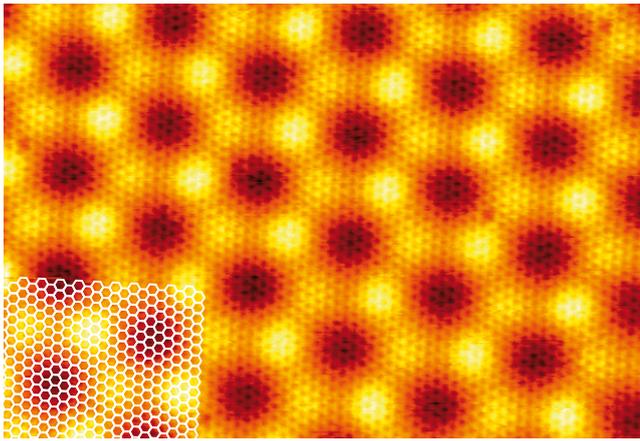


Abb. 2: Rastertunnelmikroskop-Abbildung (STM) von ausgedehntem Graphen auf Ir(111). Die kleinen dunklen Punkte sind die Zentren einzelner Kohlenstoffringe. Die großskalige periodische Überstruktur ist ein Moiré-Muster, das sich aus der Überlagerung des Graphen-Gitters mit der darunterliegenden Kristalloberfläche bildet. Unten links ist die Honigwabenstruktur von Graphen durch weiße Linien eingezeichnet. Bildgröße 15 nm · 15 nm.

che Ausrichtungen der Graphenschicht bezüglich des Substrats, was zur Ausbildung von Korngrenzen zwischen den unterschiedlichen Phasen führt. Damit sinkt natürlich die strukturelle Qualität. Die verschiedenen Phasen haben eine unterschiedliche elektronische Struktur, die sie z. B. im Niederenergetischen Elektronenmikroskop (engl. „Low-energy electron microscope“, LEEM) gut unterscheidbar machen. Weiterhin gibt es auch starke Unterschiede bezüglich der Reaktivität z. B. mit Sauerstoff. Hier werden bevorzugt die Phasen geätzt, die nicht parallel zu den dichtgepackten Richtungen des Substrats ausgerichtet sind. Diesen Effekt kann man sich zur Erzeugung von ausgerichtetem Graphen zu nutze machen, in dem man zyklisch wächst und nach jedem Wachstumsschritt so lange mit Sauerstoff ätzt, bis die unerwünschte, rotierte Phase verschwunden ist (siehe auch [6]).

Auch innerhalb der ausgerichteten Phase gibt es leicht gegeneinander verdrehte Domänen. Die Kleinwinkel-Korngrenzen zwischen diesen Domänen weisen eine bemerkenswerte Eigenschaft auf: Die C-Atome in benachbarten Domänen sind immer noch durch kovalente Bindungen miteinander verknüpft, so dass lokal nur leicht verzerrte Kohlenstoffringe vorliegen und die Domänengrenze fast nicht sichtbar wird (strukturelle Kohärenz). Sobald sich eine zu große Spannung aufgebaut hat, wird ein Heptagon-Pentagon-Paar eingebaut, welches zwei zusätzliche, dichtgepackte Kohlenstoffringe in die Schicht einfügt. Auf diese Weise zerfällt der Liniendefekt in eine Kette von Punktdefekten, die für kleine Verkippungen sehr große Abstände annehmen können. Der Einfluss solcher Domänengrenzen auf Transport ist daher vermutlich sehr gering.

Eng mit CVD verwandt ist ein Prozess, bei dem zunächst bei niedrigen Temperaturen Präkursor-Moleküle adsorbiert werden, die sich dann beim Hochheizen zersetzen und Graphen bilden (engl. „temperature programmed growth“, TPG). Durch die hohen Temperaturen, die hier verwendet werden, und die hohe Stabilität des Endprodukts Graphen sind sehr viele Substanzen als Ausgangsmaterial möglich (Ethylen, Benzol, Coronen), sogar ein Fingerabdruck kann (vor allem durch die in ihm enthaltenen Fettsäuren) zu Graphen umgesetzt werden [7]. Hochinteressant ist hier auch die Verwendung von organischen Molekülen, die Stickstoff oder Bor enthalten, da diese fünf- bzw. dreiwertigen Verbindungen bei Einbau in eine Graphenschicht als Donatoren

bzw. Akzeptoren wirken können.

Bei Wachstum durch TPG entsteht beim Heizen eine sehr große Übersättigung reaktiver Molekülfragmente auf der Oberfläche, die sich bei schnell folgender Abkühlung zu eher kleinen Strukturen zusammenlagern. Bei zu niedrigen Temperaturen (weniger als 700° C) entstehen eher carbidische Nanopartikel, erst danach bilden sich Nanometer-große Graphenflochten (2 nm), die mit zunehmender Präparationstemperatur immer größer werden, siehe Abb. 3. Da diese Nanoflochten im Ultrahochvakuum hergestellt werden, nehmen wir an, dass die Ränder frei von Fremdatomen sind, d.h. sie werden aus unangesättigten Kohlenstoffen gebildet. Messungen mittels Photoemissionspektroskopie weisen sogar nach, dass sich die Ränder von solchen Flochten zum Substrat herunterbiegen, damit die fehlende Bindung wenigstens teilweise durch eine stärkere Wechselwirkung mit dem Metall kompensiert wird. Die Graphen-Nanoflochten sind äußerst interessant, da man in ihrer elektronischen Struktur eine Bandlücke vermutet, die bei ausgedehntem Graphen nicht vorhanden ist. Bei unseren Nanoflochten liegt stets die Zickzack-Kante vor (engl. „zigzag“), wie sie als breite horizontale Linie im Schemabild von Abb. 3 zu sehen ist (die alternative Sessel-Kante (engl. „armchair“) ist als breite vertikale Linie eingezeichnet). An diesen Zickzack-Kanten gibt es elektronische Zustände, die an den Kanten lokalisiert sind. Die Spins der dort lokalisierten Elektronen sind zudem ausgerichtet, so dass sich die Kanten von Graphen-Nanostrukturen potenziell für den Transport von spinpolarisierten Strömen eignen. Zudem induziert die Ausrichtung der Spins Magnetismus im Graphen. Die durch TPG erzeugten Nanoflochten ermöglichen einen weiteren Weg zur Erzeugung perfekt orientierter Graphenschichten: Die gut am Substrat ausgerichteten Flochten zwingen der Wachstumsfront bei einem darauffolgenden CVD-Prozess ihre wohldefinierte Orientierung auf.

Durch das effektive Verschmelzen von Inseln und Wachstumsfront durch Umorganisation von Kohlenstoffbindungen entsteht dann ein defektfreier Film.

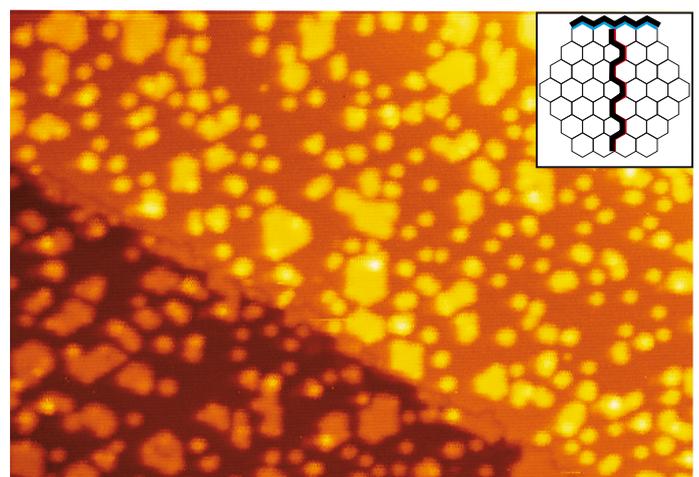


Abb 3: Rastertunnelmikroskop-Abbildung (STM) von Graphen-Nanoflochten auf Ir(111). Die flächigen Polygone sind einzelne Graphenflochten mit einem Durchmesser von wenigen nm, die auf der Ir(111)-Fläche sitzen. Die polygonalen Kanten zeigen immer in eine der 6 äquivalenten dichtgepackten Richtungen des Graphens, es liegen hier immer Zickzack-Kanten vor. Oben links ist eine schematische Repräsentation einer hochsymmetrischen Flocke mit der im Experiment gefundenen mittleren Größe und der entsprechenden Ausrichtung der Stufen eingezeichnet. Eine Zickzack-Kante ist durch eine breite horizontale Linie markiert, senkrecht dazu verlaufen die Sessel-Kanten (breite vertikale Linie). Modifiziert aus [4].

## 26 Wer Stress hat, bekommt Falten

In ausgedehnten Graphen-Schichten findet man weitverzweigte Netzwerke von Linien (siehe Abb. 4 a). Die Kohlenstoffschicht hat sich entlang dieser Linien teilweise vom Substrat gelöst und wirft Falten (Abb. 4 b). Eine direkte Beobachtung der Faltenbildung mit dem LEEM, das eine Abbildung des Systems auch bei den herrschenden hohen Temperaturen erlaubt, führt zu Einblicken in den zugrunde liegenden Mechanismus. Direkt nach dem Wachstum ist das Graphen noch faltenfrei. Erst bei Abkühlung entstehen plötzlich die Falten, und zwar immer dann, wenn (unabhängig von der Herstellungstemperatur) die Temperatur um 400 K gesunken ist, was schon auf thermische Verspannungen als Ursache hindeutet. Schaut man sich die thermischen Ausdehnungskoeffizienten der beteiligten Materialien an, so stellt man fest, dass sich Graphen quasi nicht ausdehnt (hier ist es verwandt mit den Ebenen im Graphit) und die gesamte Ausdehnung im Metall stattfindet. Die beobachtete Temperaturdifferenz zwischen Wachstum und Beginn der Faltenbildung führt zu einer Kompression des Graphens um 0,3%, die dann über die Bildung der Falten teilweise abgebaut wird.

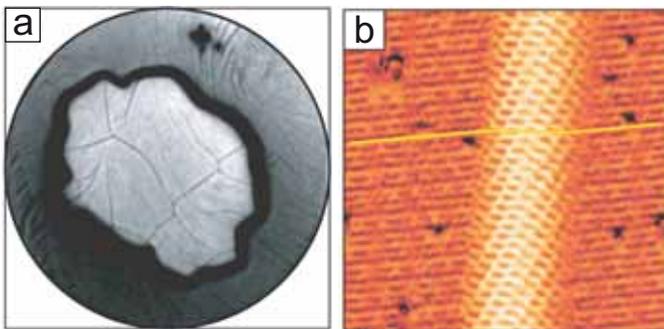


Abb. 4: (a) LEEM-Abbildung (Sichtfeld  $10 \mu\text{m}$ ) einer Graphen-Flocke (hell) auf Ir(111) (dunkel) bei Raumtemperatur. Auf dem Graphen sieht man ein verzweigtes Netzwerk linearer Falten. (b) STM-Abbildung (Rasterweite  $240 \text{ nm}$ ) von Graphen auf Pt(111). In der Mitte des Bildes wölbt sich eine Falte dem Betrachter entgegen. Modifiziert aus [8].

### Clustergitter auf Graphen

Eine unerwartete Eigenschaft unserer Graphenschichten zeigt sich, wenn man zusätzlich Metall aufdampft: Es bildet sich ein geordnetes Gitter von Metallclustern, deren Größe durch die aufgebrauchte Menge zwischen 4 und 200 Atomen eingestellt werden kann. Die Periodizität des Clustergitters stimmt mit der oben beschriebenen Moiréstruktur überein, die also als Templat der Clusterbildung dient. Solche Gitter wurden mittlerweile auch auf anderen Substraten (Graphen auf Rh(0001) oder Rh(111)) beobachtet.

Bisher wurde zwischen Metallatomen und Graphitoberflächen immer nur eine schwache Wechselwirkung beobachtet. Für Graphen liegt hier also ein besonderer Bindungsmechanismus vor: Während im Graphen eine  $sp^2$ -Hybridisierung vorliegt, organisieren sich die Kohlenstoffatome unterhalb der Metallcluster zu  $sp^3$  um, wie man es z. B. vom Diamant kennt. Durch die Metalldeposition wird also die Graphenlage, die sonst nur schwach mit dem unterliegenden Metall wechselwirkt (hauptsächlich durch vdW-Bindungen), förmlich an der Unterlage festgenagelt, und zwar immer lokal unterhalb der Metallcluster. Geometrisch und energetisch ist ein solches Bindungsmuster nur in bestimmten Regionen des Moiré möglich, was schließlich zur Ausbildung des geordneten Clustergitters führt. Die Clustergitter auf Graphen weisen eine Anzahl von hochinteressanten Schlüsselparametern auf: der Bindungsmechanismus ist universal, d.h. er funktioniert für eine Vielzahl von Materialien, die Ordnung des Übergitters

ist sehr gut und die Zellen können komplett gefüllt werden, man kann eine makroskopische Ausdehnung des Übergitters ohne Löcher hinbekommen, man kann die Gitter bei Raumtemperatur herstellen, die Gitter zeigen eine hohe thermische Stabilität und es tritt keine Vermischung oder Legierungsbildung auf und die Clustergröße ist einstellbar mit einer schmalen Größenverteilung.

Bei manchen Materialien bilden sich nicht ohne weiteres geordnete Clustergitter, so muss man z. B. für Au oder Re die Deposition bei tiefen Temperaturen durchführen. Später können die Cluster auch über die Wachstumstemperatur hochgeheizt werden und bleiben trotzdem erhalten. Allerdings ist die Anwendbarkeit dieser Methode begrenzt, für Gold lassen sich auch so noch keine bei Raumtemperatur stabilen Gitter herstellen. Hier hilft dann ein zweiter Kniff: Wenn man erst ein Gitter mit kleinen Clustern aus einem gut clusterbildenden Material erzeugt (z. B. Iridium) und dann das gewünschte Metall nachdeponiert, bildet sich durch diese vorgegebenen Keimungspunkte ein reguläres Gitter der dann bimetallic Cluster, die dann quasi angesät wurden. So sind sehr viele Materialien für unsere Clustergitter verwendbar.

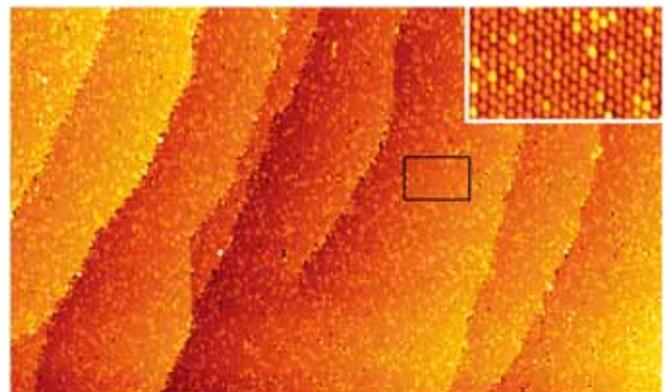


Abb. 5: STM-Aufnahmen des Iridium-Clustergitters auf Graphen / Ir(111). Die Cluster wurden hier bei Raumtemperatur aufgedampft und besitzen eine mittlere Größe von 70 Atomen. Die in dem Bild sichtbare Struktur setzt sich über die gesamte Probenoberfläche fort. Bildgröße  $0.5 \mu\text{m} \cdot 0.3 \mu\text{m}$ , kleines Bild  $500 \text{ \AA} \cdot 300 \text{ \AA}$ . Modifiziert aus [9].

### Fazit

Epitaktisches Graphen ermöglicht detaillierte Untersuchungen der Struktur und des Wachstums dieses neuartigen Materials. Insbesondere auf der Iridium-(111)-Oberfläche lässt sich ausgedehntes Graphen in exzellenter Qualität erzeugen, welches zudem noch in der elektronischen Struktur freistehendem Graphen sehr ähnlich ist. Hochaufgelöste Rastertunnelmikroskopie-Aufnahmen zeigen strukturelle Defekte in atomarer Auflösung und helfen so, auch exfoliertes oder chemisch präpariertes Graphen besser zu verstehen. Schließlich zeigt das Wachstum von hochgeordneten Clustergittern auf Graphen, dass es neben den viel diskutierten elektronischen Anwendungen auch ein großes Potenzial von Graphen als Templat für Hybridstrukturen gibt.

Die in diesem Artikel beschriebenen Ergebnisse beruhen auf Forschungsarbeiten, die unter der Leitung von Prof. T. Michely (Universität zu Köln) durchgeführt wurden, insbesondere von Dr. J. Coraux (Grenoble), T. Gerber, Dr. M. Kralj (Zagreb), Dr. A. T. N'Diaye und Dr. R. van Gastel (Enschede). Finanzielle Unterstützung kam von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Alexander von Humboldt-Stiftung.

## Literatur

- [1] K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhand, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, and A. A. Firsov, *Science* **306**, 666 (2004).
- [2] A. K. Geim, *Science* **324**, 1530 (2009).
- [3] I. Pletikosić, M. Kralj, P. Pervan, R. Brako, J. Coraux, A. T. N'Diaye, C. Busse, and T. Michely, *Phys. Rev. Lett.* **102**, 056808 (2009).
- [4] J. Coraux, A. T. N'Diaye, M. Engler, C. Busse, D. Wall, N. Buckanie, F.-J. Meyer zu Heringdorf, R. van Gastel, B. Poelsema, and T. Michely, *New J. Phys.* **11**, 023006 (2009).
- [5] A. T. N'Diaye, J. Coraux, T. N. Plasa, C. Busse, and T. Michely, *New J. Phys.* **10**, 043033 (2008).
- [6] R. van Gastel, A. T. N'Diaye, D. Wall, J. Coraux, C. Busse, N. M. Buckanie, F.-J. Meyer Zu Heringdorf, M. Horn-Von Hoegen, T. Michely, and B. Poelsema, *Appl. Phys. Lett.* **95**, 121901 (2009).
- [7] F. Müller, H. Sachdev, S. Hüfner, A. J. Pollard, E. W. Perkins, J. C. Russell, P. H. Beton, S. Gsell, M. Fischer, M. Schreck, and B. Stritzker, *Small* **5**, 2291 (2009).
- [8] A. T. N'Diaye, R. van Gastel, A. J. Marínez-Galera, J. Coraux, H. Hattab, D. Wall, F.-J. Meyer zu Heringdorf, M. Horn-von Hoegen, J. M. Gómez-Rodríguez, B. Poelsema, C. Busse, and T. Michely, *New J. Phys.* **11**, 113056 (2009).
- [9] A. T. N'Diaye, T. Gerber, C. Busse, J. Mysliveček, J. Coraux, and T. Michely, *New J. Phys.* **11**, 103045 (2009).

## DGKK-Forschung

### 15th International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE-XV)

Henning Döscher, Institut E-I5: Materialien für die Photovoltaik, Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie

Die 15. International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy wurde vom 23. bis 28. Mai 2010 in Lake Tahoe (Nevada, USA) veranstaltet. Die Präsentation von über 200 Konferenzbeiträgen (mit großen Anteilen aus Deutschland und den USA) gliederte sich in zwei eröffnende Plenarvorträge, acht eingeladene Vorträge, thematisch geordnete Parallelsitzungen sowie zwei Postersitzungen. Daneben griff die traditionelle abendliche Podiumsdiskussion die Rolle epitaktischer Bauelemente in der Erzeugung und effizienten Nutzung elektrischer Energie auf. Eine begleitende Industrieausstellung ermöglichte den direkten Kontakt zu vielen relevanten Firmen. Darüber hinaus führten LayTec und Aixtron Nutzertreffen durch, bei denen kompakte Informationen über die neuesten technologischen und wissenschaftlichen Entwicklungen verbreitet wurden.

Die hohe wirtschaftliche Bedeutung von Gruppe III-basierten Nitridhalbleitern spiegelte sich in einer hohen Zahl entsprechender Beiträge wider, unter vielen anderen waren aber auch die Themenbereiche der (nano-)strukturierten Epitaxie, der Herstellung von Laserstrukturen und – aus meiner Sicht besonders erfreulich – der Hocheffizienzphotovoltaik basierend auf III-V-Mehrfachzellen jeweils sehr stark vertreten. Die vier Vorträge aus dem Helmholtz-Zentrum Berlin verteilten sich auf die insgesamt eindrucksvollen Sitzungen ‚in situ monitoring and process control‘ sowie ‚characterization‘; weitere hochwertige Beiträge mit Bezug zu unserer Arbeit fanden sich zudem auch in mehreren Arseniden und Phosphiden gewidmeten Sitzungen.

Im Eröffnungsvortrag diskutierte J. Tsao (Sandia, USA) die historische Entwicklung der Beleuchtungstechnologie und die massive Verbreitung von LED-basierten Lösungen, die in wenigen Jahren zu erwarten ist. Basierend auf einer Projektion des weltweiten Beleuchtungsbedarfs im Vergleich mit der dafür notwendigen LED-Produktionskapazität analysierte er die zukünftige Rolle von ‚Solid State Lighting‘ für die MOCVD-Technologie. Passend dazu berichtete T. Mukai (Nichia Corp., Japan) über den Fortschritt in der Herstellung InGaN basierter LEDs und Laserdioden. In der Folge war das Wachstum von InGaN das Thema mehrerer eingeladener Vorträge: J. Creighton (Sandia, USA) stellte eine detaillierte Analyse bezüglich der Oberflächenchemie und parasitärer Gasphasenreaktionen während des MOVPE-Wachstums vor; M. Ueno (Sumitomo Ltd., Japan) berichtete über die Entwicklung von grünen Laserdioden; C.-

H. Hong (Chonbuk, Korea) zeigte das Potential eingebetteter epitaktischer Strukturen in LEDs auf.

Zwei eingeladene Konferenzbeiträge beschäftigten sich mit III-V-Nanodrähten: T. Fukui (Hokkaido, Japan) zeigte die Herstellung hochgradig regelmäßiger Strukturen durch flächenselektives Wachstum sowie deren Eignung für die Herstellung von Bauteilen; J. Johansson (Lund, Schweden) analysierte dagegen den typischen Polytypismus zwischen Zinkblende- und Wurtzitstruktur, charakteristisch für das durch katalytisch wirkende Metallnanopartikel induzierte Wachstum, am Beispiel von InAs-Nanodrähten.

Ebenfalls in einem eingeladenen Vortrag berichtete B. Kunert (NAsP III-V, Marburg) sehr ausgewogen über verschiedene Konzepte für die monolithische Integration optoelektronischer Bauelemente auf Si(100) Substraten und zeigte im Anschluss beeindruckende Resultate, basierend auf dem gitterangepassten Wachstum von verdünnt bor- oder stickstoffhaltigen III-V-Strukturen, vor. Die erzielten Erfahrungen mit diesem neuen Materialsystem erreichen bereits ein Niveau, das die Realisierung erster Bauelementstrukturen zulässt, jüngst konnte das angestrebte Lasing-Verhalten an gekühlten Strukturen nachgewiesen werden.

Im chronologisch ersten eingeladenen Vortrag beeindruckte J. Geisz (NREL, USA) sowohl mit Konzepten für das metamorphe Wachstum von monolithischen, aber nicht gitterangepassten Mehrfachsolarzellen, die eine Steigerung der Effizienz von terrestrischen Konzentratorzellen noch weit über den gegenwärtigen Weltrekord von 41,6% hinaus erlauben werden, als auch mit außergewöhnlicher Gelassenheit gegenüber anfänglichen technischen Defiziten (Musikuntermalung und Mikrophonausfälle).

Unter dem Thema „The Role of III-Vs in SSL and Terrestrial PV“ lieferte die traditionelle abendliche Podiumsdiskussion in Lake Tahoe abwechslungsreiche Diskussionen. In der umfangreichen ersten Runde rief der Moderator R. Biefeld (Sandia, USA) jeweils Vertreter aus Forschung und Industrie zu den Themen hocheffizienter Konzentratorphotovoltaik (u. a. C. Fetzer, Spectrolab Inc., USA und J. Olson, NREL, USA) sowie Beleuchtung mittels LEDs (solid state lighting) auf, über aktuelle Trends und deren Einfluss auf die Epitaxie-Technik zu sprechen. Es folgten drei weitere Runden, in denen jeweils Vertreter von Ausrüstungs-

28 herstellern aus den technologisch entscheidenden Bereichen MOCVD-Anlagen, in-situ Beobachtung und Precursoren zur Diskussion aufgerufen wurden.

Prinzipiell lud der landschaftlich unglaublich reizvolle Veranstaltungsort zu entspannender Freizeitgestaltung ein, die jedoch durch einen ungewöhnlichen Kälteeinbruch verbunden mit heftigen Schneefällen ein wenig erschwert wurde, die der Konferenz letztlich den Spitznamen ICYMOVPE einbrachten. Während des Konferenz-Dinners wurde zunächst G. Stringfellow (Utah, USA) für sein umfangreiches Werk innerhalb der MOCVD-Community geehrt und anschließend der unglaublich amüsante Videobeitrag 'The Good, the Bad, and the Russ Dupuis' (siehe [icmovpe.blogspot.com](http://icmovpe.blogspot.com)) zum Gewinner des erstmalig veranstalteten Media-Contest gekürt.

Die nachfolgende Konferenz (ICMOVPE-XVI) wird 2012 in Busan, Korea, stattfinden, inzwischen werden im Jahr 2011 sowohl in Europa als auch in den USA jeweils methodenspezifische Workshops organisiert (EWMOVPE-XIV in Wroclaw, Polen bzw. USOMVPE-XV in Monterey, Kalifornien, USA).

An dieser Stelle gilt mein herzlicher Dank der DGKK, die mir im Rahmen der Verleihung des DGKK-Preises für Nachwuchswissenschaftler 2010 die Präsentation meiner Ergebnisse auf der ICMOVPE-XV in Lake Tahoe ermöglicht hat. Einen umfassenderen Überblick über die Inhalte der Konferenz werden die Beiträge der Teilnehmer geben, die im Laufe des Jahres in einer speziellen Ausgabe des Journal of Crystal Growth erscheinen werden.

## DGKK-Nachwuchs

### EU "Crystal Growth Master Course" Initiative gestartet

Arne Cröll (Freiburg) und Peter Wellmann (Erlangen)



Foto der Gründungsmitglieder. Von links nach rechts: Prof. Peter Wellmann (Erlangen), Prof. Thierry Duffar (Grenoble), Prof. Arne Cröll (Freiburg) und Prof. Ernesto Dieguez (Madrid)

Am 24. Februar 2010 fand in Grenoble das Gründungstreffen für einen Europäischen Universitäts-Masterkurs für Kristallwachstum (European Master Course on Crystal Growth) statt. Beteiligte Gründungsmitglieder der Initiative waren 4 Universitäten (alphabetische Reihenfolge)

- Institut National Polytechnique Grenoble (Prof. Thierry Duffar)
- Universität Erlangen (Prof. Peter Wellmann)
- Universität Freiburg (Prof. Arne Cröll)
- Universidad Madrid (Prof. Ernesto Dieguez)

Neben den 4 Universitäten werden sich auch die Kristallzuchtungsabteilung des Fraunhofer Institutes in Erlangen (FhG, Dr.

Jochen Friedrich) und das Institut für Kristallzüchtung in Berlin (IKZ, Prof. Roberto Fornari) mit Lehrveranstaltungen, Praktika und Masterarbeiten am Curriculum beteiligen. Offiziell werden diese beiden außeruniversitären Forschungseinrichtungen in das Erlanger Studienprogramm integriert.

Die Pilotphase in den kommenden 3 bis 5 Jahren ist so gestaltet, dass der Masterkurs Crystal Growth jeweils als Vertiefungsfach in einem materialwissenschaftlichen Studiengang an einer der oben genannten Universitäten stattfindet. Über bilaterale Studentenaustauschprogramme im Rahmen von ERASMUS werden 2 der 4 Semester im Masterstudium an einer Partneruniversität durchgeführt (Arbeiten am FhG bzw. IKZ laufen, wie bereits angedeutet, offiziell über die Uni-Erlangen).

Studieninhalte umschließen

- Grundlagen des Kristallwachstums (Züchtung aus der Schmelze und aus der Gasphase)
- Epitaxie
- Eigenschaften von Kristallstrukturen
- Halbleitertechnologie und Bauelemente
- Materialcharakterisierung
- Vertiefungsvorlesungen in benachbarten Fachrichtungen (je nach Uni-Angebot)
- Masterarbeit im Bereich des Kristallwachstums (Volumenkristalle und Epitaxie) und Charakterisierung.

Interessenten (potentielle Studierende und interessierte Universitäten) wenden sich bitte an einen der deutschen Partner (Email: [arne.croell@krist.uni-freiburg.de](mailto:arne.croell@krist.uni-freiburg.de) oder [peter.wellmann@ww.uni-erlangen.de](mailto:peter.wellmann@ww.uni-erlangen.de)).

## Abgeschlossene Dissertationen am Physikalischen Institut der Goethe-Universität Frankfurt/Main 29

### High Pressure Synthesis and Crystal Growth of Vanadate Pyrochlores

Dr. phil. nat. Amir Abbas Haghighirad

Diese Arbeit befasst sich mit der Pulversynthese und Kristallzüchtung von Pyrochlor-Vanadat-Verbindungen (chemisch  $A_2V_2O_7$  mit  $A = Y, Er$  und  $Dy$ ) unter Verwendung hoher Drücke und Temperaturen. Zur Erzeugung dieser hohen Drücke wurde eine neu aufgebaute Multianvil-Anlage eingesetzt.

Im ersten Teil dieser Arbeit geht es um diese Multianvil-Anlage, die aus einer hydraulischen Presse und dem Multianvil-Modul (Walker-Typ) besteht. Mit der Presse kann eine maximale Kraft von 7.73 MN erzeugt werden. Diese Kraft wirkt auf das Multianvil-Modul und erzeugt am Ort der Probe den gewünschten hohen Druck.

Zur Druckkalibrierung werden Phasenübergänge von Bi I-II (2.55 GPa) und Bi II-III (3.15 GPa) herangezogen. Der Druck an der Probe kann auf diese Weise über den Öldruck der Presse bestimmt werden und beträgt 6.0 GPa bei einem Öldruck von 400 bar und  $70 \text{ mm}^3$  Probenvolumen.

Zum Erreichen möglichst hoher Temperaturen ist ein optimierter Innenaufbau notwendig. Zu dieser Entwicklung wurden Wärmeleitfähigkeitsrechnungen des Innenaufbaus durchgeführt. Der Aufbau ermöglicht es Temperaturen von  $1500 \text{ }^\circ\text{C}$  zu erzielen. Hierzu wird ein Graphitzylinder mit einer Leistung von  $\sim 900 \text{ W}$  geheizt.

Auf diese Weise erlaubt die Multianvil-Anlage Bedingungen zu erreichen, die für die Synthese der Pyrochlor-Vanadat-Verbindungen notwendig sind.

Im zweiten Teil der vorliegenden Dissertation geht es um die Synthese und Kristallzüchtung von Pyrochlor-Vanadat-Verbindungen  $Y_2V_2O_7$ ,  $Er_2V_2O_7$  und  $Dy_2V_2O_7$ . Diese wurden bei Drücke von  $\sim 5.0 \text{ GPa}$  und einer Temperatur von  $\sim 1200 \text{ }^\circ\text{C}$  als phasenreines polykristallines Material präpariert. Mit der Raster-Elektronen-Mikroskopie (REM) sind kristallografische Facetten zu beobachten. Die in der Multianvil-Anlage herrschenden Temperaturgradienten führen zum Wachstum kleiner einkristalliner Körner.

In den weiteren Versuchen zur Kristallzüchtung der Pyrochlor-

Vanadate sind größere Temperaturgradienten realisiert worden, die durch Variation der Querschnittsfläche des Graphitheizers erzeugt wurden. Mit dem so genannten Rekristallisationsverfahren konnten schließlich  $Y_2V_2O_7$ -,  $Er_2V_2O_7$ - und  $Dy_2V_2O_7$ -Einkristalle mit einer Kantenlänge von maximal 0.4 mm hergestellt werden. Die Kristalle wurden mit verschiedenen Verfahren eingehend untersucht. Diese Untersuchungen betreffen die strukturelle Charakterisierung (z.B. XRD, Laue-Methode, DTA, IR-Spektroskopie) und die magnetischen Eigenschaften.

Die Röntgen-Pulver-Diffraktometrie-Daten zeigen nach einer Rietveldverfeinerung, dass die hergestellten Pyrochlor-Vanadate eine kubisch-flächenzentrierte Kristallstruktur (Raumgruppe  $Fd\bar{3}m$ ) aufweisen.

Mit der Laue-Methode wurde nachgewiesen, dass die untersuchten Einkristalle bevorzugt entlang der kristallografischen  $\{111\}$ -Richtung wachsen.

IR-Spektroskopie ist komplementär zur Diffraktometrie eingesetzt worden, um die Pyrochlor- von der Fluorit-Struktur zu unterscheiden.

Der Valenzzustand von Vanadium in den gezüchteten Kristallen ist (4+). Dies wurde über eine thermogravimetrische Analyse ermittelt.

Die Hochtemperatur-Diffraktometrie an Pyrochlor-Vanadat-Proben zeigte eine strukturelle Phasenumwandlung kubisch nach tetragonal; parallel hierzu findet ein Valenzübergang  $V^{4+}$  nach  $V^{5+}$  statt.

Die magnetische Suszeptibilitätsdaten für Pyrochlor-Vanadat-Verbindungen  $A_2V_2O_7$  ( $A = Y, Lu, Er$  und  $Dy$ ) zeigen einer ferromagnetische Übergang bei 70-73 K. Ein Anstieg in der Magnetisierung von  $Er_2V_2O_7$  und  $Dy_2V_2O_7$  wurde beobachtet bei Temperaturen  $< 20 \text{ K}$ . Dies kommt bei Temperaturen  $< 20 \text{ K}$  durch die Wechselwirkung der Seltenen-Erden-Untergitter mit dem Vanadium-Untergitter zustande.

Es ist nachgewiesen worden, dass das Vanadium-Untergitter für den magnetischen Übergang bei  $\sim 70 \text{ K}$  verantwortlich ist.

### Yb-Cu-Phasen mit sehr großen Einheitszellen

Dr. phil. nat. Saskia Stella Gottlieb-Schönmeyer

Im Zentrum dieser Arbeit stehen die Überstrukturphasen des Yb-Cu-Systems.

Als Ausgangspunkt für die Kristallzüchtung wird die kongruent schmelzende Verbindung  $YbCu_{4.5}$  gewählt. Um einen genauen Einblick in das Erstarrungsverhalten dieser Phase zu erhalten, werden zunächst im Bereich zwischen 17.3 und 22.4 at-% Yb eine Reihe von DSC-Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse lassen sich nur bedingt mit den in der Literatur veröffentlichten Phasendiagrammen (z.B. Massalski und Giovanni et al.) vereinbaren. Zwar kann eine kongruent schmelzende Phase der Zusammensetzung  $YbCu_{4.5}$  nachgewiesen werden, die Messungen deuten aber die Existenz zusätzlicher Verbindungen an, die allerdings mittels energiedispersiver Röntgenana-

lyse (EDX) nicht weiter spezifiziert werden können. Um diese Phasen genauer zu analysieren, werden Einkristallzüchtungsversuche nach der Bridgman-Methode im Bereich zwischen 19 und 19.2 at-% Yb durchgeführt und mittels Einkristallbeugungsmethoden (SC-XRD [Single Crystal X-Ray Diffraction] und SAED [Selected Area Electron Diffraction]) charakterisiert. Auf diese Weise können neben  $YbCu_{4.5}$  die bisher noch unbekannt Überstrukturphasen  $YbCu_{4.4}$  und  $YbCu_{4.25}$  nachgewiesen werden, deren Schmelzpunktemperaturen mit Hilfe von Thermoanalyseverfahren (DSC [Difference Scanning Calorimetry]) zu  $934(2) \text{ }^\circ\text{C}$  und  $931(3) \text{ }^\circ\text{C}$  bestimmt werden. Die Entdeckung der beiden Verbindungen bestätigt die von Černý et al. bisher nur theoretisch vorhergesagte Existenz der Überstrukturphasen

### 30 $SECu_x$ ( $x = 4.4$ und $4.25$ ) für das Yb-Cu-System.

Mit Hilfe von Polarisations- und Rasterelektronenmikroskopie und unter Anwendung der Laue-Methode wird das Wachstumsverhalten dieser Überstrukturphasen analysiert. Man beobachtet ein Schichtwachstum, wobei sich die Schichten parallel zur a- und b-Richtung ausbilden und in c-Richtung gestapelt vorliegen. Da eine zuverlässige Unterscheidung der  $YbCu_x$ -Verbindungen nur mit Hilfe von Einkristallbeugungsmethoden gelingt, wird im Rahmen dieser Arbeit untersucht, inwiefern eine Charakterisierung mittels Pulverdiffraktometrie möglich ist. Die Messungen mit Synchrotronstrahlung am ESRF in Grenoble erlauben eine eindeutige Unterscheidung der Überstrukturphasen allerdings nicht.

Die Analyse des an das Überstrukturgebiet angrenzenden Zusammensetzungsbereichs von 12.5 bis 17.24 at-% Yb bestätigt die Existenz der Verbindung  $YbCu_{6.5}$ , eine kupferärmere Phase der Zusammensetzung  $YbCu_5$  kann in den DSC-Experimenten

nicht nachgewiesen werden. Die Messungen belegen die Existenz einer Phasenbreite von  $YbCu_{6.0+x}$  mit  $0 < x < 0.5$  ist, was im Gegensatz zu dem von Giovannini et al. publizierten Phasendiagramm steht.

SC-XRD-Aufnahmen an nach der Bridgman-Methode gezüchteten Einkristallen der Zusammensetzung  $YbCu_{6.31(9)}$  untermauern das von Hornstra und Buschow gefundene Strukturmodell. Die Verschiebungen der Atompositionen - bedingt durch den im Gegensatz zur  $YbCu_5$ -Verbindung erhöhten Kupferanteil - werden mit Hilfe der gemessenen und berechneten Paarverteilungsfunktion nachvollzogen.

Phasendiagrammuntersuchungen und Einkristallzüchtungsergebnisse für weitere  $SE$ -Cu-Systeme ( $SE = Ho, Gd$ ) bestätigen die Existenz der Verbindung  $HoCu_{4.5}$  und erhärten den Verdacht, sowohl in diesem als auch in den anderen Systemen noch weitere Überstrukturphasen finden zu können.

## Mit Werkstoff-Know-how zum preisgekrönten Studienabschluss

Jochen Friedrich, IISB Erlangen

Für seine am Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen angefertigte Diplomarbeit über Charakterisierungsmethoden für das Halbleitermaterial Siliziumkarbid – dem idealen Werkstoff für die Leistungselektronik – wurde Herr Dipl.-Ing. Sebastian Polster mit dem 2. Hugo-Geiger-Preis 2010 ausgezeichnet.

Der mit insgesamt 10.000 € dotierte Hugo-Geiger-Preis wird jährlich vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie im Rahmen der wissenschaftlichen Nachwuchsförderung vergeben. Mit dem Preis werden hervorragende Diplom- oder Masterarbeiten gewürdigt, die an einem Fraunhofer-Institut entstanden sind. In seiner Diplomarbeit „Strukturelle Defektcharakterisierung von 4H-SiC Substraten und Epitaxieschichten mittels Röntgentopographie und Röntgendiffraktometrie“ konnte Sebastian Polster wesentliche Fortschritte bei der Beurteilung von Unregelmäßigkeiten in der Struktur von Siliziumkarbidkristallen erzielen. Diese Leistung wurde mit einem Preisgeld von 3.000 € honoriert. Die Forschungsergebnisse werden bereits in der Industrie bei der Produktion verbesserter Siliziumkarbid-Substrate genutzt.

Elektronische Bauelemente aus Siliziumkarbid (SiC) bieten im Bereich der Steuerung und Umformung elektrischer Energie ein enormes Potential zur Energieeinsparung. SiC ist ein Halbleitermaterial, dessen physikalische Eigenschaften für diesen Anwendungsbereich dem konventionellen Silizium überlegen sind. Mit Bauelementen aus Siliziumkarbid können extrem wirkungsgradstarke Leistungswandler realisiert werden, wie sie z.B. für energiesparende Netzteile in Elektrofahrzeugen oder für die Netzeinspeisung von Wind- und Solarenergie gebraucht werden. Bauelemente aus Siliziumkarbid arbeiten darüber hinaus auch bei hohen Temperaturen zuverlässig. Obwohl bereits erste Bauteile aus SiC kommerziell verfügbar sind, ist die Qualität der für die Herstellung benötigten Kristalle für komplexere elektronische Bauelemente nicht ausreichend. Materialfehler im Kristallgitter, im Wesentlichen sogenannte Versetzungen, bereiten hier große Probleme, da sie die späteren elektrischen Eigenschaften der Bauelemente nachteilig beeinflussen.

In seiner Diplomarbeit beschäftigte sich Sebastian Polster am Fraunhofer IISB in Erlangen speziell mit den Methoden zum Nachweis und zur Bestimmung der Art und der Anzahl von Versetzungen im Siliziumkarbid. Die bislang etablierte Methode zur Quantifizierung von Versetzungstypen, das Ätzen in geschmolzenem Kaliumhydroxid, erwies sich unter bestimmten Bedingungen als unsicher. Mit Hilfe einer direkten Nachweismethode – der Synchrotron-Röntgentopographie – konnte Sebastian Polster an der Synchrotron-Strahlenquelle ANKA (Ångströmquelle Karlsruhe am Karlsruhe Institute of Technology KIT) den Versetzungshaushalt in SiC-Kristallen genau bestimmen. Durch einen Vergleich mit den konventionellen Ätzbildern ließen sich dann die bislang bestehenden Unsicherheiten bei der Interpretation der Versetzungstypen mittels der Ätzmethode ausräumen. Mit seinen Forschungen hat Sebastian Polster einen wichtigen Beitrag geleistet, die Materialeigenschaften von Siliziumkarbid weiter zu verbessern und neue Anwendungsgebiete in der Leistungselektronik zu erschließen.



Materialforschung für effizientere Leistungselektronik: Dipl.-Ing. Sebastian Polster bei der Untersuchung von Siliziumkarbid-Substraten im Kristallzüchtungslabor am Fraunhofer IISB in Erlangen. Bild: Fraunhofer IISB

## Ideen zur Bildung einer „Jungen Initiative“ innerhalb der DGKK

Tina Trautnitz, Kristallographie, Institut für Geowissenschaften, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Im Rahmen der diesjährigen Mitgliederversammlung am 3. März in Freiburg stellte ich einige Ideen vor, die in Gesprächen mit anderen „jungen Kristallzüchtern/innen“ entstanden waren. Es geht darum, die DGKK für junge Forscher attraktiver zu gestalten. Bereits auf der Vorstandssitzung hatte ich die Gelegenheit bekommen, folgende Schwerpunkte zusammenzufassen:

1. Für die Förderung des gegenseitigen Kennenlernens und die Kommunikation der „Jungen Kristallzüchter“ untereinander wird vorgeschlagen, ein Treffen jeweils am Tag vor einer DGKK-Jahrestagung oder direkt im Anschluss daran zu organisieren. Bei diesen Begegnungen sollte nicht das Fachliche im Vordergrund stehen, sondern das Ablegen einer „Scheu“ und das Schließen von Bekanntschaften.
2. Es sollte versucht werden, gemeinsame Industrieexkursionen durchzuführen, die gegebenenfalls von der DGKK finanziell unterstützt werden, um auch dadurch den Kontakt untereinander zu intensivieren und sich den Firmen „anzubieten“.
3. Eine Zusammenarbeit mit anderen Organisationen wie DGK, DPG, DGCh, DMG oder DVG (um nur einige Möglichkeiten zu nennen) wäre ebenfalls insbesondere auf dem Jugendsektor anzustreben. Dazu sollten Vorkündigungen der DGKK (z.B. Sommerschulen oder Workshop-Treffen) in den jeweiligen Mitgliedsblättern genutzt werden.
4. Um den Austausch und die Kommunikation der DGKK-Mitglieder zu fördern, ist die Schaffung einer Internet-

Plattform (Forum nach dem Vorbild von StudiVZ, Facebook usw.) ein wichtiges Mittel. Schwerpunkte sollten fachliche Hilfestellungen wie thematische Fragen oder eigens nicht verfügbare Charakterisierungsmethoden sein. Jeder Teilnehmer des Forums hätte eine persönliche Profildatei, auf der Informationen zu Arbeitsbereich, Arbeiten, Publikationen, Teilnahme an Workshops oder Tagungen, verfügbaren Methoden zu Wachstum und Charakterisierung und was sonst alles von Interesse sein könnte, aufgeführt werden könnten. Die Profildateien und damit die preisgegebenen Informationen sollen von den einzelnen Teilnehmern selbst verwaltet werden. Dieses Forum wäre dann nicht öffentlich, sondern nur von angemeldeten Usern einsehbar.

Bei einem Treffen mehrerer Freiburger Doktoranden (sowohl DGKK-Mitglieder als auch Nichtmitglieder) im Vorfeld der Jahrestagung wurden diese Ideen erstmals diskutiert. Vor allem fand die Vorstellung der Schaffung einer Plattform im Internet großen Anklang. Als weiterer wichtiger Punkt wurde der ausbaufähige Kontakt zu Schulen genannt.

Am Ende der diesjährigen Tagung meldeten bereits 12 Personen Interesse an einer solchen Plattform an und haben für einen weiteren Ideenaustausch und Diskussionen ihre Kontaktdaten hinterlegt.

Weitere Interessenten dürfen sich gerne melden ([tina.trautnitz@mf.uni-freiburg.de](mailto:tina.trautnitz@mf.uni-freiburg.de)) und neue Ideen und Vorschläge sind stets willkommen!

## Neue Mitglieder 2010

Wir begrüßen ab dem 27.11.2009 als neue Mitglieder: (Stand 20.05.2010)

Herr Master Saicharan Aswartham	IFW Dresden
Herr Dr. Dirk Holland-Moritz	DLR Köln
Herr Thomas Jauß	Universität Freiburg
Herr Dipl.-Phys. Holger Jönen	TU Braunschweig
Herr Prof. Koichi Kakimoto	Riam, Kyushu Universität, Japan
Herr Dr. Christian Kudla	Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
Herr Klaus-Dieter Luther	Goethe-Universität Frankfurt/ Main
Herr Robert Menzl	Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
Herr Dr. Thomas Michely	Universität zu Köln
Frau Claudia Nacke	IFW Dresden
Herr Dipl.-Phys. Luuk Pauli	AIXTRON AG
Herr Dr. Stephan Riepe	Fraunhofer Institut für Solare Energie Freiburg
Herr Sebastian Schütt	Universität Freiburg
Herr Oliver Supplie	Humboldt Universität Berlin
Frau Dr. Sabine Wurmehl	IFW Dresden

### Firma:

Physical Electronics GmbH	Ismaning
---------------------------	----------

## 32 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

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

### Stellvertretender Vorsitzender

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

### Schriftführerin

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

### Schatzmeister

Prof. Dr. Manfred Mühlberg  
Institut für Kristallographie der  
Universität zu Köln  
Zülpicher Strasse 49b  
50674 Köln  
Tel.: 0221 / 470 4420  
Fax: 0221 / 470 4963  
E-Mail: manfred.muehlberg@uni-koeln.de

### Redaktion:

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

### Internetauftritt:

Dr. Andreas Danilewsky  
Kristallographisches Institut  
Albert-Ludwigs-Universität  
Tel.: 0761 / 203 6450  
Fax: 0761 / 203 6434  
E-Mail: a.danilewsky@krist.uni-freiburg.de  
Sabine Bergmann  
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)  
Tel.: 030 / 6392 3093  
Fax: 030 / 6392 3003  
E-Mail: webmaster@dgkk.de  
WWW: <http://www.dgkk.de>

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](http://www.dgkk.de)). Die Arbeit der Gesellschaft ist in Arbeitskreisen organisiert.

### Beisitzer

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

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

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

### Bankverbindung:

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

### Mitteilungen der DGKK, Stellenangebote, Stellengesuche:

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

### Anzeigen:

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

### Mitgliedschaft:

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

## Arbeitskreise

### Arbeitskreis

#### „Herstellung und Charakterisierung von Massiven Halbleiterkristallen“

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

### Arbeitskreis

#### „Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelationen“

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

### Arbeitskreis

#### „Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik“

Sprecher: Prof. Dr. Manfred Mühlberg  
 Institut für Kristallographie der Universität zu Köln  
 Zülpicher Str. 49b  
 D-50674 Köln  
 Tel.: +49 (0)221 470 4420  
 Fax.: +49 (0)221 470 4963  
 E-mail: manfred.muehlberg@uni-koeln.de

### Arbeitskreis

#### „Epitaxie von III-V-Halbleitern“

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

### Arbeitskreis

#### „Kinetik“

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

### Arbeitskreis

#### „Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung“

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

## Tagungskalender

### 2010

#### 01.-07. August 2010

The 14th International Summer School on Crystal Growth  
 Dalian, China  
 Leitung: Minhua Jiang  
 www.isscg14.org.cn

#### 08.-15. August 2010

16th International Conference on Crystal Growth  
 14th International Conference on Vapor growth and Epitaxy  
 Beijing, China  
 Leitung: Minhua Jiang, Zhanguo Wang  
 iccg16.tipc.cn

#### 23.-24. November 2010

7. Workshop „Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung“  
 Burghausen  
 Leitung: Lev Kadinski, Wolfram Miller, Albrecht Seidl  
 www.dgkk.de/sim/

#### 09.-10. Dezember 2010

25. DGKK Workshop Epitaxie von III/V-Halbleitern  
 Aachen  
 Leitung: Holger Kalisch, Rolf H. Jansen, Andrei Vescan,  
 Michael Heuken  
 www.gan.rwth-aachen.de/dgkk/

### 2011

#### 14.-18. März 2011

German Polish Conference on Crystal Growth (GPCCG 2011)  
 in Verbindung mit der Deutschen Kristallzüchtungstagung 2011  
 Frankfurt(Oder) / Słubice  
 Leitung: K.H. Küsters, M. Kamińska, E. Talik, D. Siche

#### 26.-30. Juni 2011

5th International Workshop on Crystal Growth Technology  
 Berlin  
 Leitung: Roberto Fornari  
 iwctg5.ikz-berlin.de

#### 26. Juni - 01. Juli 2011

5th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology  
 Singapur  
 Leitung: Xiang Yang Liu  
 www.mrs.org.sg/icmat2011

### 2013

#### August

17th International Conference on Crystal Growth (ICCG-17)  
 Warschau, Polen

## Antrag auf Mitgliedschaft in der DGKK

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

**Art der Mitgliedschaft:** ordentliches Mitglied  studentisches Mitglied  korporatives Mitglied

**Gewünschter Beginn der Mitgliedschaft:** \_\_\_\_\_

**Name:** \_\_\_\_\_ **Vorname:** \_\_\_\_\_

**Titel:** \_\_\_\_\_ **Beruf:** \_\_\_\_\_

**Geburtsdatum:** \_\_\_\_\_

**Dienstanschrift** (Firma, Institut, etc.):

Straße, Haus-Nr. : \_\_\_\_\_

PLZ: \_\_\_\_\_ Ort: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ Email: \_\_\_\_\_

**Privatanschrift :**

Straße, Haus-Nr. : \_\_\_\_\_

PLZ: \_\_\_\_\_ Ort: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ Email: \_\_\_\_\_

**Tätigkeit, Erfahrung charakterisieren**

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

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

zusätzlich noch 3 Begriffe (,-getrennt): \_\_\_\_\_

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

**Ort, Datum:** ..... **Unterschrift:** .....

### Lastschriftverfahren

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

**Konto Nr.** \_\_\_\_\_ **BLZ** \_\_\_\_\_

**Bank** \_\_\_\_\_

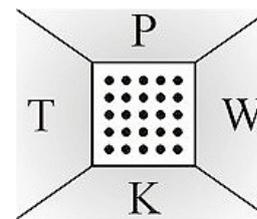
**Datum:** ..... **Unterschrift:** .....

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



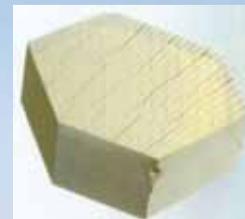
## Deutsch Polnische Konferenz zur Kristallzüchtung (GPCCG 2011)

in Verbindung mit dem Symposium zu Photovoltaischen Materialien und den Jahrestagungen der DGKK und PTWK  
14. -18. März 2011 in Frankfurt (Oder)/Ślubiice  
„Kristalline Materialien für moderne Anwendungen“



Si-Kristalle, FZ-gezüchtet am IKZ

- Topics:**
- Siliciumkristalle und Polykristalle für Solarzellen
  - Verbindungshalbleiter (breitlückige u.a.)
  - Dielektrische Kristalle für Laser und nichtlineare Optik
  - Materialien für die Energieumwandlung
  - Epitaxieschichten und Nanostrukturen
  - Simulation des Züchtungsprozesses
  - Korrelation von Bauelemente- und Kristallqualität
  - Organische Kristalle
  - Kristallbearbeitung



GaN-Kristall, mit Genehmigung der Ammono Sp. zo.o.

**Vorläufiges Organisationskomitee:**  
K.H. Küsters (chair), M. Kamińska (co-chair), P. Rudolph, E. Talik, Th. Schapke, D. Siche, St. Ganschow (Sekr.), A. Kamińska (Sekr.)

**Vorläufiger Beirat**  
J. Baranowski, M.R. Dudek, R. Fomari, R. Gałazka, M. Heuken, M. Kittler, S. Krukowski, K. Kurzydłowski, W. Löser, W. Miller, J. Misiewicz, M. Mühlberg, A. Pajączkowska, H. Richter, A. Seidl, P. Wellmann

**Organisatoren:**

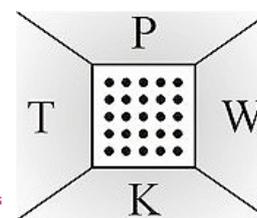
- Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP)
- Uniwersytet Zielonogorski
- Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK)
- Polskie Towarzystwo Wzrostu Kryształów (PTWK)
- Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
- Verein Solarregion Berlin-Brandenburg

[www.dgkk.de/GPCCG-2011](http://www.dgkk.de/GPCCG-2011)



## Polsko-Niemiecka Konferencja Wzrostu Kryształów (GPCCG 2011)

w połączeniu z symposium „Materiały dla Fotowoltaiki“ oraz zebraniemi PTWK oraz DGKK  
14 -18 marca 2011 roku Frankfurt n.O. / Ślubiice  
„Materiały krystaliczne dla zastosowań zaawansowanych“



monokryształy krzemu (IKZ)

- Tematy:**
- monokryształy i polikryształy krzemu dla ogniw słonecznych
  - związki półprzewodnikowe
  - kryształy dielektryczne dla laserów i optyki nieliniowej
  - materiały dla konwersji energii
  - warstwy epitaksjalne i nanostrukтуры
  - modelowanie procesów wzrostowych
  - korelacja pomiędzy jakością kryształów i urządzeniem
  - kryształy organiczne
  - obróbka kryształów



GaN (Ammono Sp.z.o.o.)

**Komitet Organizacyjny:**  
K.H. Küsters, M. Kamińska, P. Rudolph, E. Talik, Th. Schapke, D. Siche, St. Ganschow, A. Kamińska

**Komitet Naukowy:**  
J. Baranowski, M.R. Dudek, R. Fomari, R. Gałazka, M. Heuken, M. Kittler, S. Krukowski, K. Kurzydłowski, W. Löser, W. Miller, J. Misiewicz, M. Mühlberg, A. Pajączkowska, H. Richter, A. Seidl, P. Wellmann

**Organizatorzy:**

- Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP)
- Uniwersytet Zielonogorski
- Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK)
- Polskie Towarzystwo Wzrostu Kryształów (PTWK)
- Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
- Verein Solarregion Berlin-Brandenburg

[www.dgkk.de/GPCCG-2011](http://www.dgkk.de/GPCCG-2011)

# Wir schaffen Verbindungen

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

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

