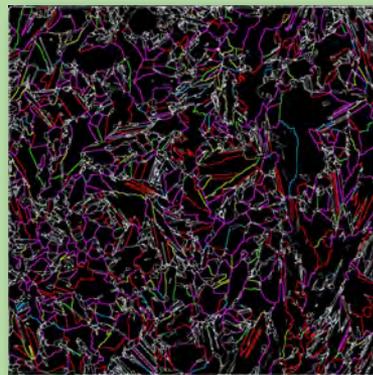
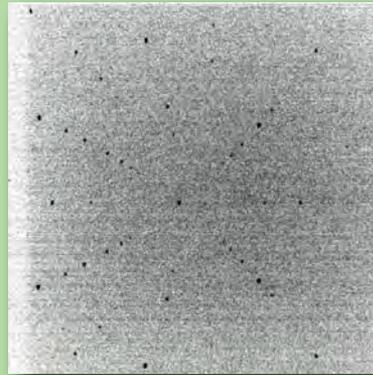
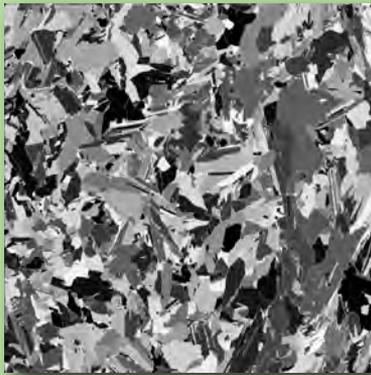


ISSN 2193-3758

Mitteilungsblatt  
Nr. 94 / 2012



Deutsche Gesellschaft  
für Kristallwachstum und  
Kristallzüchtung e.V.

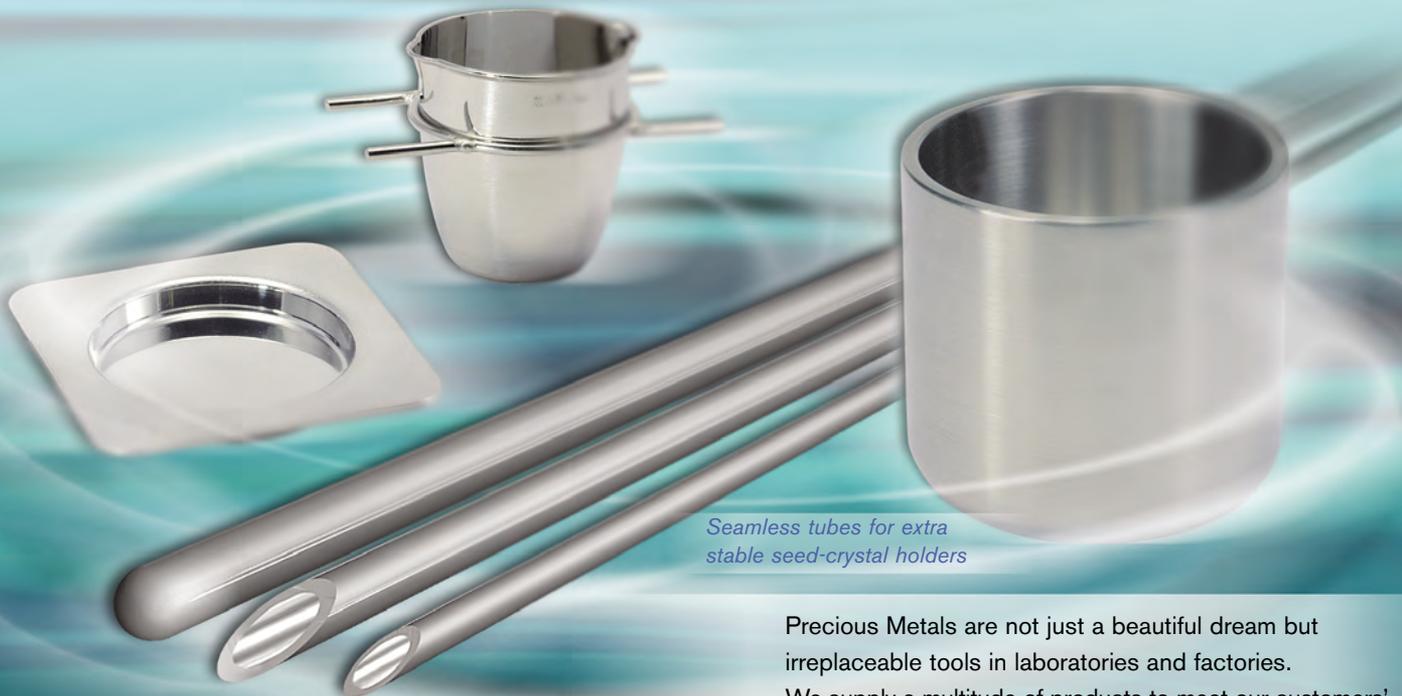


## Inhaltsverzeichnis

Der Vorsitzende / Editorial	3
DGKK-intern	5
DGKK-Nachrichten	20
DGKK-Fokus	27
DGKK-Nachwuchs	31
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,

als erstes möchte ich dem alten Vorstand noch einmal meinen Dank aussprechen. Der alte Vorstand der DGKK hat in den vergangenen Jahren ganz hervorragende Arbeit geleistet. Als Beispiele für sein erfolgreiches Engagement möchte ich speziell auf die Jahrestagung in Frankfurt/Oder verweisen, bei der es gemeinsam mit den polnischen Kollegen eindrucksvoll gelungen ist, die wichtige Bedeutung der Kristallzüchtung für moderne Technologien einem breiten Publikum vorzustellen. Der DGKK-Vorstand hat außerdem maßgeblich die Aktivitäten für ein European Network of Crystal Growth mitgestaltet, so dass nach 1991 vor wenigen Wochen die 4. Europäische Kristallzüchtungskonferenz in Glasgow stattgefunden hat. Auch hat der Vorstand sehr stark die Gründung einer „Jugendfraktion“ unterstützt, die dazu führen soll, dass wieder mehr jüngere Kristallzüchter an die DGKK herangeführt werden. Schließlich möchte ich noch die längst überfällige Überarbeitung der DGKK-Satzung erwähnen, die der alte Vorstand in 2011 gemeinsam mit weiteren DGKK-Mitgliedern vorangetrieben hat und die wir gemeinsam Anfang März bei der Deutschen Kristallzüchtungstagung 2012 in Freiberg verabschiedet haben.

Ich bin zuversichtlich, dass der neue DGKK-Vorstand die auf die DGKK zukommenden Aufgaben meistern wird. Diese Zuversicht nehme ich aus der Tatsache, dass ich als neues Mitglied auf ein gut eingespieltes, sehr engagiertes und sehr erfahrenes Team bestehend aus Peter Rudolph, Peter Wellmann, Christiane Frank-Rotsch, Bernhard Freudenberg, Peter Gille und Klaus Dupré bauen kann. Aus diesem erfolgreichen Team scheidet mit der neuen Amtsperiode „nur“ unser bisheriger Schatzmeister, Herr Manfred Mühlberg, aus. Ich möchte Herrn Mühlberg und seiner rechten Hand, Frau Möllering, ganz herzlich dafür danken, dass beide mehr als zehn Jahre die Finanzen der DGKK transparent und sehr zuverlässig verwaltet haben. Ich bin sicher, dass unser neuer Schatzmeister Peter Wellmann diese Funktion in der bewährten Art und Weise fortführen wird. Schließlich möchte ich mich auch beim alten Vorsitzenden, Peter Rudolph, bedanken, der durch sein großes Engagement maßgeblich Anteil daran hatte, dass die oben erwähnten Aktivitäten angegangen und umgesetzt wurden. Ich gehe davon aus, dass Peter Rudolph auch in seiner neuen Funktion im DGKK-Vorstand eine feste und aktive Größe sein wird, so wie die übrigen Vorstandsmitglieder auch. Auch möchte ich mich im Namen der DGKK ganz herzlich bei Wolf Aßmus für seine jahrelange, erfolgreiche Arbeit als „Councillor“ in der IOCG bedanken. Wolf Aßmus ist aus diesem Amt ausgeschieden, da traditionsgemäß die „DGKK“ Councillors in der IOCG immer der Vorsitzende, der Schriffführer und der ehemalige Vorsitzende sind.

Das letzte Mitteilungsblatt ist um den Jahreswechsel, also mit der Amtsübergabe erschienen. Aus DGKK-Sicht, aber definitiv aus ganz persönlicher Sicht war das Highlight in diesem Zeitraum die Deutsche Kristallzüchtungstagung 2012 in Freiberg, zu der etwa 200 „Kristallzüchter“ aus Industrie, Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zusammenkamen. In über 30 Vorträgen und fast 40 Posterpräsentationen wurden die Fortschritte bei der Herstellung von unterschiedlichen Kristallmaterialien, bei der Verbesserung der physikalisch-chemischen Eigenschaften und die daraus resultierende Erschließung neuer Anwendungsgebiete vorgestellt. Großen Zuspruch fanden auch

die Ausführungen von Herrn Prof. Winnacker, welche Auswirkungen die sich ändernden politischen Rahmenbedingungen auf die Materialentwicklung im Allgemeinen und auf die Kristallzüchtung im Speziellen haben. Der Vorstand wird die sich daraus ergebenden Handlungsempfehlungen intensiv diskutieren und versuchen, dann die richtigen Maßnahmen einzuleiten, um die DGKK für die Zukunft gut aufzustellen.

Die Deutsche Kristallzüchtungstagung 2012 bildete auch den passenden Rahmen, um den Nachwuchspreis der DGKK an Frau Kallinger vom Fraunhofer IISB zu vergeben sowie das Beste Poster der Deutschen Kristallzüchtungstagung 2012 von Frau Natalija van Well von der Goethe Universität Frankfurt zu prämiieren.

Vor der Deutschen Kristallzüchtungstagung 2012 wurde von zahlreichen Teilnehmern das von der „Jungen“ DGKK initiierte Angebot angenommen, die drei in Freiberg ansässigen Kristallzüchtungsfirmen zu besuchen. Darüber hinaus weihten fast 150 Vertretern aus Politik, Wirtschaft und Forschung das neue Kristallisations- und Wafertechnikum des Fraunhofer THM ein, welches in den vergangenen zwei Jahren dank der finanziellen Unterstützung durch den Bund, den Freistaat und die EU aufgebaut wurde. Diese Veranstaltung war ein hervorragender Anlass, um auf die Kristallzüchtung aufmerksam zu machen, was durch die zahlreichen Artikel in den Printmedien und im Internet sowie durch die Rundfunk- und Fernsehbeiträge dokumentiert ist. Ein Großteil der Teilnehmer der Deutschen Kristallzüchtungstagung 2012 nutzte dann am Ende der Tagung auch die Gelegenheit, entweder das Fraunhofer THM und seine Räumlichkeiten und Geräteausstattung zu besichtigen oder sich von den Exponaten in der Terra Mineralia faszinieren zu lassen. Das tolle Feedback, das es von den Teilnehmern zur Deutschen Kristallzüchtungstagung 2012 gab, gebührt insbesondere dem Organisationsteam um Frau Wunderwald, Herrn Zschorsch, Herrn Meyer und Herrn Pätzold.

Die Junge DGKK hat im Berichtszeitraum sich nicht nur im Umfeld der Deutschen Kristallzüchtungstagung 2012 getroffen, sondern es fand mit fast 20 Teilnehmern im Juni in Freiburg ein überaus erfolgreiches Seminar statt. Hier gilt mein Dank Frau Sorgenfrei.

Neben diesem Highlight muss aber auch berichtet werden, dass im industriellen Umfeld der Kristallzüchtung einige Gewitterwolken aufgezogen sind. Speziell im Bereich der Photovoltaik hat die schon lange erwartete Konsolidierungswelle auch die Deutschen Firmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette erreicht. Wir wünschen den betroffenen Kolleginnen und Kollegen deshalb alles Gute, damit sie die sich ändernden Lebensumstände meistern werden und hoffen, dass sie der Kristallzüchtung verbunden bleiben. Nach einem Gewitter folgt normalerweise wieder Sonnenschein. Deshalb lassen Sie uns vorausschauen auf die nächsten Ereignisse. Dies sind zum einen die International Summer School on Crystal Growth and Photovoltaic Materials, die Ende August in Rumänien stattfinden wird, sowie die Treffen der DGKK-Arbeitskreise, deren Termine Sie der Homepage entnehmen können.

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

Ihr

Jochen Friedrich

## 4 Editorial

Nach 21 Jahren fand vom 17.-20. Juni wieder eine Europäische Kristallzüchtungstagung statt, die ECCG-4 in Glasgow. Mit fast 250 Teilnehmern aus 24 europäischen und 8 nicht-europäischen Ländern war sie ein voller Erfolg. Das Council des European Network of Crystal Growth (ENCG) hat deshalb beschlossen, dass es in 2015 die ECCG-5 geben soll - über den Ort ist noch nicht abschliessend entschieden worden. Über die ECCG-4 wird ausführlich in der nächsten Ausgabe des MB berichtet werden. An dieser Stelle sei nur erwähnt, dass wir mit Dr. Marcin Sadowski auch einen Gast von der Europäischen Kommission hatten, der über die geplante Forschungspolitik bis 2020 (Horizon 2020) berichtete. Bei der anschliessenden Diskussion im engeren Kreis zeigte sich die grundsätzliche Problematik der Materialwissenschaft und der Kristallzüchtung im Speziellen, wie sie auch in den Überlegungen von Herrn Winnacker (siehe Seite 27) zum Ausdruck kommt. Ein wesentliches Problem bei der europäischen Forschungspolitik ist die Unmöglichkeit eines

Nachfolgeprojekts, d.h. es kann nicht in einem ersten Projekt Materialentwicklung betrieben werden und in einem nachfolgenden Device- und Systementwicklung. Als positives Signal ist zu bewerten, dass in Brüssel die Entschlackung des Verwaltungs-Overheads bei Projekten ernsthaft angegangen wird.

An anderer Stelle eröffnet sich vielleicht ein interessanter Weg zu trans-nationalen Projekten in Europa: am 1.2.2012 startete M-ERA.NET mit 37 Fördereinrichtungen aus 24 EU-Staaten (siehe <http://www.nks-werkstoffe.de/M-ERANET>). Im Herbst dieses Jahres wird die erste Ausschreibung veröffentlicht werden. Die Mindestgröße für Konsortien ist mit nur zwei Projekten aus zwei Ländern sehr attraktiv.

Hoffen wir, dass in Zukunft verstärkt Themen aus Kristallzüchtung, Kristallwachstum und Epitaxie bei solchen Ausschreibungen zum Tragen kommen!

Die Redaktion

## Inhaltsverzeichnis

Der Vorsitzende .....	3	Zum Titelbild .....	17
Editorial .....	4	DGKK-Personen .....	19
DGKK-intern .....	5	Erlanger Kristallzüchter feierten mit Freunden und Förderern ..	19
DGKK-Arbeitskreis-Treffen "Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelationen" .....	5	DGKK-Nachrichten .....	20
Bericht über den 26. DGKK Workshop: Epitaxie von III/V – Halbleitern in Stuttgart .....	5	Effiziente Solarzellen: Georg-Kurlbaum-Preis 2011 für Nachwuchswissenschaftler vom Fraunhofer IISB .....	20
Die Deutsche Kristallzüchtungstagung in Freiberg vom 07.-09.03.2012 .....	7	Forschung für die Energiewende – Fraunhofer und Bergakademie weihen in Freiberg neues Kristallisations- und Wafertechnikum ein .....	22
Bericht von der Jahrestagung der DGKK aus studentischer Sicht Themenspezifische Zusammenfassung „Silizium für die Photovoltaik“ anlässlich der DKT 2012 in Freiberg vom 07.-09.03.2012 .....	7	Forschungs- und Entwicklungspreis 2011 des Fraunhofer IISB für präzise, schnelle und großflächige Gefügeanalyse von Solarzellen .....	23
Deutsche Kristallzüchertagung 2012 in Freiberg - Eindrücke der Frankfurter Kollegen .....	9	Bessere Solarzellen durch Weltraumexperimente .....	24
Wide-Bandgap Halbleiter auf der Deutschen Kristallzüchtungstagung 2012 .....	10	Neue Mitglieder 2011/2012 .....	25
I. Deutsch-Französischer Oxidkristall-/Dielektrika-Laserkristall-Workshop .....	10	20 Jahre Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) .....	26
Protokoll der Mitgliederversammlung 2012 .....	11	DGKK-Fokus .....	27
Impressionen von der DKT 2012 .....	14	Überlegungen zur Situation der Materialwissenschaften im allgemeinen und der Kristallzüchtung im besonderen .....	27
Preisgekrönte Siliziumkarbid-Forschung am Fraunhofer IISB ..	15	Verstorbene Mitglieder .....	30
Gastaufenthalt von Alexandra Popescu am IKZ .....	16	DGKK-Nachwuchs .....	31
Steremat Elektrowärme GmbH erhält Bayerischen Staatspreis	17	Abgeschlossene Promotion in der Kristallographie, Institut für Geowissenschaften, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg ..	31
		Über die DGKK .....	32
		Arbeitskreise .....	33
		Tagungskalender .....	33

## DGKK-intern

## DGKK-Arbeitskreis-Treffen "Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelationen"

W. Löser, IFW Dresden



Frau Dr. Wurmehl und M. Ashwin bei der Diskussion des Vortrages über niederdimensionale Kuprate.

Am 6./7. Oktober 2011 fand das 14. Treffen des Arbeitskreises "Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelation" der DGKK statt. Es wurde von Frau Dr. S. Wurmehl und Dr. W. Löser am IFW Dresden organisiert. Die rege Beteiligung von 30 Teilnehmern aus Deutschland und Österreich und 13 Vorträge bewiesen das große Interesse der Kristallzüchter am Erfahrungsaustausch im Arbeitskreis der DGKK.

Im Mittelpunkt der Vorträge standen zunächst supraleitende intermetallische und oxidische Verbindungen. Dr. A. Haghighirad (Uni Frankfurt) gab einen Überblick zu Eisen-Pniktid Supraleitern. Der Vortrag von Dr. T. Wolf (KIT Karlsruhe) über ‚spurious superconductivity in BaFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>- and KFe<sub>2</sub>Se<sub>2</sub>-type single crystals‘ führte zu einer angeregten Diskussion. Veröffentlichte Ergebnisse dieser neuen Substanzklasse sollten durchaus mit Vorsicht betrachtet werden. Eine Überprüfung erfordert Messungen mit unterschiedlichen Methoden an gut charakterisierten

Einkristallen. Die nachfolgenden Vorträge von Dr. L. Harnagea zur Dotierung von LiFeAs und A. Saicharan zu Fe-Basis Supraleitern befassten sich auch mit diesem Problemkreis, während M. Ashwin (alle IFW) auf die Kristallzüchtung niedrigdimensionaler Kuprate einging. Die Ausführungen von Dr. A. Erb (WMI Garching) zur Züchtung von CaWO<sub>4</sub>-Massivkristallen für die Suche nach dunkler Materie in der astronomischen Grundlagenforschung waren ein Höhepunkt des Treffens. C. Blum sprach über die Formgedächtnislegierung Mn<sub>2</sub>NiGa, ein Beispiel für die Kristallzüchtung von Heußler-Verbindungen, die am IFW Dresden künftig verstärkt wird. Nach der Laborführung "Kristallzüchtung und Materialpräparation am IFW Dresden" klang der Abend beim gemeinsamen Essen im Restaurant "Sindbad" aus.

Schwerpunkt des zweiten Tages war die Züchtung intermetallischer Verbindungen von Ce<sub>4</sub>Pt<sub>12</sub>Sn<sub>25</sub> (M. Inamdar, TU Wien) bzw. Ni-dotiertem CePdAl (V. Fritsch, KIT) und ihre magnetischen Eigenschaften. M. Schulze (IFW) stellte schließlich Konstitutionsuntersuchungen zum Dreistoffsystem Fe-Te-Se vor. In der abschließenden Diskussion ging es auch um die Frage, wie wir dem internationalen Charakter unseres Arbeitskreistreffens zukünftig gerecht werden können. Die Besichtigung des Kristallzüchtungslabors am MPI Chemische Physik fester Stoffe Dresden gab viele neue Einblicke in die Probenpräparation und Messmethoden in diesem modernen Institut.

Das nächste AK-Treffen wird voraussichtlich im Oktober 2012 an der Uni Frankfurt stattfinden.

### Ansprechpartner:

Dr. Wolfgang Löser

IFW Dresden

Tel.: 0351-4659 647,

Fax: 0351-4659 313,

E-Mail: loeser@ifw-dresden.de

## Bericht über den 26. DGKK Workshop: Epitaxie von III/V – Halbleitern in Stuttgart

Th. Schwarzbäck, Institut für Halbleiteroptik und Funktionelle Grenzflächen, Universität Stuttgart



Dr. Matthias Müller von der Robert Bosch AG.

Am 8./9. Dezember 2011 fand der nun 26. DGKK Workshop zum Thema „Epitaxie von III/V – Halbleitern“ im Kultur- & Kongresszentrum Liederhalle in Stuttgart statt. Die Organisation wurde in diesem Jahr von Dr. Michael Jetter und seinem Kristallzüchterteam aus Stuttgart übernommen.

Das mit 57 eingereichten Beiträgen recht umfangreiche Programm behandelte interessante Themen wie Fortschritte in Epitaxie- und Charakterisierungstechniken, Solarzellen, den III/V-ern auf Silizium, Nanostrukturen sowie Bauteile auf III-V – Basis und als Hauptthema, mit über 60 % der eingereichten Beiträge, III-N - Halbleiter. Hot-Topic war hierbei sicherlich die Herstellung von hoch-indiumhaltigen InGaN-Schichten, um die Wellenlänge weiter in den grünen Spektralbereich zu treiben. Die Effektivität der Strukturen sollte außerdem durch Verwendung von quaternären Barrieren (AlInGaN) weiter gesteigert werden.

6 Auch das Wachstum von III-V bzw. III-N auf Silizium-Substraten war wieder ein wichtiges Thema, an dem viele Gruppen arbeiten, um die Integration von optisch aktiven Elementen in die aktuelle Siliziumtechnologie (CMOS kompatibel) voran zu treiben. Allgemein begrüßte Prof. Michael Heuken, Sprecher des Arbeitskreises „Epitaxie von III/V – Halbleitern“, die rege Teilnahme vieler junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, was auch hier zeigt, dass die III/V – Halbleiter ein spannendes Thema mit vielfältigen Zukunftschancen bietet.

Die durchweg auf fachlich hohem Niveau gehaltenen Vorträge wurden durch drei eingeladene Beiträge abgerundet. Hierbei stellte Dr. Matthias Müller von der Robert Bosch AG die Rolle der Materialien in Nanogröße (z.B. Sensoren) für die Industrie dar. Der Erfolg dieser Bauteile in Dingen des täglichen Lebens, wie Autos, Handys oder Digitalkameras, war und wird auch in Zukunft nur durch eine herausragende Forschung und Entwicklung möglich sein. Der zweite eingeladene Beitrag von Prof. Jürgen Christen der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg stellte seine beeindruckende Charakterisierungsmethode mittels Transmissionselektronenmikroskopie mit integrierter Kathodolumineszenz bei 10 K und 300 K dar. Den Blick über den Tellerrand bot der dritte Beitrag von Dr. Michael Oehme der Universität Stuttgart. Er stellte hierbei die Heteroepitaxie von Gruppe IV

Elementen für die Silizium Photonik vor.

Die zusätzliche kleine Messe mit 14 Ausstellern gewährte überdies noch die Möglichkeit, mit Herstellern und Zulieferern der Epitaxiebranche direkt in Kontakt zu treten oder die Kooperationen auszubauen. Auch das Workshop-Dinner im Hegel-Saal der Liederhalle bot hier die Möglichkeit, die zahlreichen Diskussionen bzw. den persönlichen Kontakt, der an solch einem Workshop gepflegt wird, fortzuführen bzw. auszubauen.



Workshop-Dinner in der Liederhalle.

# GERO

30-3000°C



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

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)

## Die Deutsche Kristallzüchtungstagung in Freiberg vom 07.-09.03.2012

Ein volles Programm erwartete die knapp 200 Teilnehmer aus akademischen Einrichtungen und der Industrie bei der diesjährigen DKT. Darüberhinaus fand am Vormittag des ersten Tagungstages die offizielle Einweihung des THM im Vortragsaal statt (siehe Bericht Seite 22) - im Anschluss konnten die Teilnehmer der Konferenz die neuen Einrichtungen selbst in Augenschein nehmen. Daneben hatte Frau Sorgenfrei eine Be-

sichtigung bei der Freiburger Compound Materials GmbH für die „Junge DGKK“ organisiert. Hierauf wird in dem folgenden Bericht eingegangen, der die Eindrücke zur Tagung aus Sicht der Nachwuchswissenschaftler zeigt. In den folgenden drei Berichten werden themenspezifisch die wesentlichen Aspekte der Tagungsbeiträge beschrieben.

### Bericht von der Jahrestagung der DGKK aus studentischer Sicht

N. Pfändler und A. Pregler, Universität Freiburg, BSc. Geowissenschaften

Vor der offiziellen Eröffnung der diesjährigen DGKK-Jahrestagung in Freiberg hatte die neugegründete Jugendfraktion der DGKK die Möglichkeit, eine Besichtigung der Freiburger Compound Materials GmbH (FCM) mitzerleben. Die Teilnehmer hatten dabei die Gelegenheit, die einzelnen Produktionsschritte von der Synthese über die Züchtung bis zur Endkontrolle der Wafer mit zu verfolgen und nachzuvollziehen.

Mit dem Ziel, in die Halbleiterindustrie einzusteigen und damit Halbleitersubstrate für die Optik und Halbleiterelektronik herzustellen, wurde 1995 die Freiburger Compound Materials GmbH gegründet. In den Jahren vor und nach 2000 entwickelte sich der Freiburger Stadtrand zu einem Zentrum für Mikroelektronik. Neben der FCM wurden an diesem Standpunkt weitere Firmen, wie die Deutsche Solar AG und die Wacker Siltronic AG, gegründet und eröffnet.

Produkte der Freiburger Compound Materials GmbH sind neben den hauptsächlich produzierten halbisolierenden und halbleitenden GaAs- Wafern auch Wafer für Epitaxieprozesse. Ziel bei der Herstellung dieser Produkte ist eine extrem niedrige Restverunreinigungskonzentration.

Um diese Produkte zu erhalten, werden in der Produktionslinie mehrere Schritte durchlaufen. Beginnend mit der Synthese werden hochreines Gallium und Arsen in Hochdruckbehälter geschmolzen. Dabei entsteht das polykristalline Endmaterial GaAs. Aus dem polykristallinen Material werden nun Einkristalle mittels VGF (Vertical Gradient Freeze) und dem Czochralski-Verfahren gezüchtet. Noch vor dem Wafering folgt eine Charakterisierung der Kristalle und der Materialeigenschaften. Erst darauf werden im eben genannten Wafering-Prozess die Einkristalle gesägt, geätzt und mittels zweistufigen Polierprozess die geometrischen Parameter und die optimale Oberflächenbeschaffenheit erreicht. Nach der Endreinigung sowie der Endkontrolle können die Wafer an die Kunden ausgehändigt werden.

GaAs als ausgesuchtes Material für die Herstellung der Wafer besitzt die Eigenschaft sowohl halbleitend als auch semiisolierend, also undotiert zu sein. Es kristallisiert im kubischen Kristallsystem und besteht aus der Zinkblendenstruktur. Es kann zudem als Substratmaterial für Epitaxieprozesse eingesetzt werden. Anwendungsgebiete für dieses Material findet man vor allem in der Photovoltaik. Benutzt wird es zudem aber auch für Transistoren in der Hochfrequenztechnik und im Alltag unter anderem als Leuchtdioden.

Durch die Möglichkeit einer Besichtigung der FCM haben vor allem die „Jungforscher“ der DGKK einen groben Einblick in die

Funktionsweise der Kristallzüchtung und deren Verfahren sowie einen Überblick der Produktion erhalten.

Im Anschluss an die Besichtigung der Freiburger Compound Materials GmbH fand die Eröffnung des Fraunhofer Technologiezentrums für Halbleitermaterialien (THM) statt. Hierfür wurde Frau Angela Elis des Fernsehsenders MDR als Moderatorin eingeladen. Es folgte eine Gesprächsrunde, an der neben den beiden Vorsitzenden Dr. Jochen Friedrich und Prof. Hans Joachim Möller noch weitere eingeladene Gäste wie zum Beispiel Prof. Dr. Dirk Meyer als Prorektor Bildung der TU Bergakademie Freiberg sowie der Oberbürgermeister von Freiberg Herr Bernd-Erwin Schramm teilnahmen.

Am Nachmittag des 7. März 2012 begann schließlich die eigentliche Kristallzüchtungstagung in der alten Mensa Freiberg, die von einem Organisationskomitee, bestehend aus Mitgliedern der TU Bergakademie Freiberg sowie des THM, ausgerichtet wurde. Die Tagungsleitung hatten Prof. Dr. Dirk Meyer von der TU Bergakademie Freiberg und Dr. Ulrike Wunderwald vom Fraunhofer THM.

Das Programmkomitee mit Persönlichkeiten aus Wirtschaft und Forschung erstellte ein vielfältiges Tagungsprogramm, bei dem interessante Vorträge aus den verschiedensten Themengebieten gehalten wurden. Die erste Session stand unter dem Thema „Kristallzüchtung von Silizium für die Photovoltaik“. Den Anfang hierzu machte Dr. Martin Bellmann von SINTEF Materials and Chemistry Trondheim, Norwegen als invited talk zu dem Thema Modellierung von Kristallisationsprozessen zur Herstellung von Silizium für die Photovoltaik. Weitere eingeladene Gäste waren Prof. Dr. Andrei Vescan von der RWTH Aachen, Dr. Andreas Erb vom Walter-Meissner-Institut München-Garching, Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann von der Universität Erlangen, Dr. Hans Geiler von JenaWave GmbH, Dr. Manuela Klaus vom Helmholtz-Zentrum Berlin sowie Prof. Talid Sinno von der University of Pennsylvania, USA.

Die zweite Session an diesem Nachmittag beschäftigte sich mit dem Thema „Kristallzüchtung von Quasi- und Laserkristallen“ sowie mit „Kristallzüchtungsstrategien“. Hierzu wurde ein interessanter Vortrag von A. Winnacker der FAU Erlangen-Nürnberg gehalten. Den Abschluss des Tagungstages machte die DGKK-Nachwuchspreisträgerin Birgit Kallinger, die über das Thema „Homoepitaxial Growth of 4H-SiC Epilayers for Power Electronic Devices“ referierte

Am Mittwochabend fand schließlich noch die jährliche DGKK-Mitgliederversammlung statt, zu der alle Tagungsteilnehmer als

8 Gast eingeladen waren. Neben den üblichen Tagesordnungspunkten wie den Berichten des Vorsitzenden, der Schriftführerin, des Schatzmeisters oder den verschiedenen Arbeitsgruppen wurde auch ausführlich über die Standorte und Termine kommender deutscher und internationaler Tagungen diskutiert. Ein weiterer wichtiger Punkt der Versammlung war der Beschluss der neuen Satzung, über die an diesem Abend abgestimmt wurde.

Am Donnerstagmorgen wurde zunächst Freiberg als industrielles Zentrum der Halbleiterkristallzüchtung in Deutschland anhand von verschiedenen Firmen vorgestellt. Hierzu gab es Firmenpräsentationen der Freiburger Compound Materials GmbH, der Siltronic AG sowie der Solar World AG. Danach folgten Sessions zu den Themen „Epitaxie“ und „Kristallzüchtung von Szintillatoren und nicht-linearen optischen Materialien“. Nach der Mittagspause fand schließlich die zweistündige Postersitzung statt, bei der insgesamt 35 Poster zu den Themen „Halbleitermaterialien“, „Oxidische, supraleitende und intermetallische Verbindungen“ sowie „Simulation“ ausgestellt wurden. Dabei bestand die Möglichkeit, sowohl mit den Erstellern der Poster als auch mit anderen Interessierten die Beiträge zu diskutieren. Im Anschluss daran fand die letzte Session des Tages statt, bei der die „Halbleiter großer Bandlücke“ im Vordergrund standen. Am Abend fand das Konferenzdinner im Freiburger Brauhaus statt, bei dem neben vielen Danksagungen und der Verleihung des Posterpreises, der an Frau van Well und Herrn Dinges mit

dem Thema „Phasenstabilität im Mischsystem  $\text{Cs}_2\text{CuCl}_{4-x}\text{Br}_x$ “ ging, auch eine Freiburger Gruppe in traditionellen Trachten bergmännische Geschichte darstellte.

Am Freitagvormittag fanden die beiden letzten Sessions zu den Themen „Korrelation von Defekten und Spannungen in kristallinen Halbleitern“ und „Defekte in Silizium“ statt. Nach ein paar kurzen Schlussworten bestand noch die Möglichkeit, das neueröffnete Fraunhofer THM und die Mineralienausstellung „Terra Mineralia“ zu besichtigen. Somit fand die diesjährige Kristallzüchtungstagung einen schönen Ausklang und wir freuen uns auf die nächste Tagung der Kristallzüchter in Erlangen.

Abschließend möchten wir der DGKK recht herzlich danken, dass sie es uns mit ihrer finanziellen Unterstützung ermöglichte, zu dieser Tagung zu reisen und daran teilzunehmen. Da wir uns zurzeit am Ende unseres Bachelorstudiengangs befinden, erlaubte die Tagung uns einen tieferen Einblick in die Themen rund um Kristallzüchtung und bestärkte uns in dem Vorhaben, diesen Weg auch im Masterstudium zu verfolgen.

#### Quellen:

- [http://www.silicon-saxony.de/de/Silicon\\_Saxony\\_-\\_Der\\_Standort/Geschichte\\_der\\_Halbleiterindustrie\\_in\\_Sachsen/143449.html](http://www.silicon-saxony.de/de/Silicon_Saxony_-_Der_Standort/Geschichte_der_Halbleiterindustrie_in_Sachsen/143449.html)
- <http://www.freiberger.com/>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/GaAs>

## Themenspezifische Zusammenfassung „Silizium für die Photovoltaik“ anlässlich der DKT 2012 in Freiberg vom 07.-09.03.2012

L. Stockmeier, M. Trempa, C. Reimann, Fraunhofer IISB, Erlangen

Die diesjährige „Deutsche Kristallzüchtungstagung DKT 2012“ fand in Freiberg (Sachsen) vom 07.-09.03.2012 statt. Die Besonderheit des Tagungsortes Freiberg konnte mit Blick auf die Gästeliste erkannt werden, da Freiberg Sitz von diversen Unternehmen der Halbleiterbranche, insbesondere der Silizium Photovoltaik ist.

Die erste Vortragsreihe im Rahmen der DKT handelte von der „Kristallzüchtung von Silizium für die Photovoltaik“. Der eingeladene Vortragende M. Bellmann (SINTEF Trondheim) berichtete von der „Modellierung von Kristallisationsprozessen zur Herstellung von Silizium für die Photovoltaik“. Des Weiteren zeigte der Themenblock einen Ausblick auf neue, in der Forschung befindliche Technologien, wie dem „Quasi-Mono“ Kristallisationsverfahren (M. Trempa, Fraunhofer IISB) und der Kristallisation von 640 kg mc-Silizium unter Einfluss eines Wandermagnetfelds (Ch. Kudla, SCHOTT Solar Wafer GmbH). Unter anderem konnten auch verschiedene Möglichkeiten zur Weiterentwicklung der unterschiedlichen aktuellen industriell eingesetzten Silizium Züchtungstechnologien angeführt werden, wobei es sich zeigte, dass noch keine abschließende Aussage über die in Zukunft dominierende Technologie gemacht werden kann (M. Ramsey, Solar World Innovations GmbH).

Der Themenblock „Korrelation von Defekten und Spannungen in kristallinen Halbleitern“ mit eingeladenen Vorträgen von H. Geiler (JenaWave GmbH) „Photoelastische Spannungsuntersuchungen an Einkristallen mittels SIRD und SIREX“ und M.

Klaus „Eigenspannungs- und Mikrostrukturanalyse an kristallinen Dünnschichtstrukturen mittels Röntgen- und Synchrotronstrahlung“ eröffneten die DKT für den Freitag. Weitere Vorträge behandelten die Defektentstehung und -entwicklung in multikristallinem Silizium (D. Oriwol, Solar World Innovations GmbH). Das Themengebiet wurde sowohl aus Sicht von Experimentatoren als auch aus Sicht der Numerik betrachtet. Aus der Numerik beschrieb dies D. Berkov (Innovent e.V.) in seinem Vortrag „Numerische Simulation der Versetzungsdynamik in Polykristallen“. Hier setzte auch T. Sinno (University of Pennsylvania) mit „Atomic-Scale Modeling of Defect Formation and Phase-Change in Silicon Crystals“ an, wodurch der letzte Themenblock der DKT 2012 „Defekte in Silizium“ eingeleitet wurde. A. Danilewski von der Universität Freiburg berichtete von der Riss- & Mikroriss insitu-Beobachtung an Silizium am Synchrotron ANKA am KIT Karlsruhe. Sowohl von der Universität TUBA Freiberg (C. Funke), als auch vom Fraunhofer IISB Erlangen (C. Reimann) wurden neue Methoden zur Bestimmung von Korngrenzebenen bzw. der Kornorientierung und Korngrenzenbeziehungen in multikristallinem Silizium vorgestellt. Abgeschlossen wurde die Veranstaltung durch einen Vortrag von K. Dornich (Freiberger Instruments GmbH) über die Möglichkeiten zur kontaktlosen Charakterisierung von Halbleitermaterialien.

Neben verschiedenen Vorträgen, die explizit das Halbleitermaterial Silizium behandelten, wurde auch in der Poster-Session auf das Themenfeld intensiv eingegangen.

N. van Well, A. Adamski, F. Freund, F. Ritter, Kristalllabor der Goethe-Universität Frankfurt am Main

Die Eindrücke dieser Kristallzüchtertagung wurden zu einem guten Teil durch den sehr ansprechenden Veranstaltungsort aus mehreren Gründen mitbestimmt. Freiberg zeigte sich als nette historische Stadt mit einer für einen Hochschulstandort sehr überschaubaren Größe. Während fast überall die universitären Einrichtungen aus der Innenstadt an relativ weit vom Zentrum entfernte Stadtränder umgesiedelt werden, sind hier die Distanzen von den Akademieeinrichtungen zu gemütlicheren Plätzen in der Innenstadt sehr kurz. Die Wahl der „Alten Mensa“ als Vortragsort inmitten des historischen Altstadt-kerns nur wenige Fußminuten vom Hotel verlieh der Tagung eine sehr entspannte Atmosphäre und begünstigte so auch die Konzentration auf das wissenschaftliche Programm. Mit letzterem sind wir dann bei einer anderen empfundenen Besonderheit von Freiberg, der Kombination von gemütlich alt mit technologisch hochmodern.

Das Programm der Jahrestagung reflektierte Freibergs Rolle als Zentrum der Halbleiter- und insbesondere der Solartechnologie. Der Anteil der industrierelevanten Beiträge war sehr hoch und gab für uns Wissenschaftler einen interessanten Einblick in eine vom universitären Laboralltag recht unterschiedliche Kristallzüchterwelt. Während an Universitäten die Grundlagenforschung die Hauptaufgabe darstellt und die eingesetzten Züchtungsmethoden oft eher sekundär erscheinen, sind in der Industrie andere Aspekte von großer Bedeutung. Hierzu gehören Optimierung der Züchtungsmethoden sowie weitestgehendes Verständnis und bestmögliche Beherrschung der Verfahrensschritte.

Von großem Interesse waren für uns die Beiträge zu oxidischen Systemen. Jan Philippen aus dem Institut für Kristallzüchtung in Berlin berichtete von der Züchtung einkristalliner Fasern aus Cer – dotiertem Calcium Scandat ( $\text{CaSc}_2\text{O}_4:\text{Ce}^{3+}$ ). Dieses Material ist wegen seiner Photolumineszenz im grünen Spektralbereich und der dadurch gesehenen Verwendung in weißen LED's interessant. Für diese Einsatzmöglichkeit von entscheidender Bedeutung ist das Verhältnis  $\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}$ , welches sowohl durch die Atmosphäre wie auch durch die Kristallisationsrate beeinflussbar ist. Wegen des kongruenten Erstarrungsverhaltens ist letztere prinzipiell in weiten Grenzen variierbar. Die Auswahl der Methoden zur Faser-Züchtung in dem von Herrn Philippen präsentierten Projekt fiel hinsichtlich der Kristallisationsgeschwindigkeit auf die besonders leistungsfähigen Verfahrensweisen des Micro Pulling Down ( $\mu\text{PD}$ ) und des Laser Heated Pedestal Growth (LHPG). Einkristallines Wachstum konnte mit bis zu 60mm/h ( $\mu\text{PG}$ ) bzw. 180 mm/h (LHPG) realisiert werden. Als günstig erwies sich der Einsatz von über  $\mu\text{PD}$  gezüchteten Keimen in LHPG – Experimenten. Wegen der Tiegeelfreiheit hat die LHPG-Methode bei den sehr hohen Wachstumstemperaturen des  $\text{CaSc}_2\text{O}_4$  (größer als 2000 °C) naturgemäß Vorteile. Allerdings kommt es beim vorgestellten Projekt zu spontanen Oszillationen der Schmelzzone, die zu einer charakteristisch gerippten Oberfläche der Fasern und zu einer Beeinträchtigung der Kristallqualität führen. Als Ursache wird vermutet, dass es über Absorptionsbanden in Verbindung mit der Lasereinstrahlung zu einer rückgekoppelten thermokapillaren Konvektionsbewegung kommt.

Robert Möckel von der Bergakademie in Freiberg berichtete in seinem Beitrag über Selten Erd – Calcium – Oxoborate

(RE) $\text{Ca}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$  (kurz REECOB). Diese erscheinen vielversprechend als SHG-Kristalle, als Lasermaterialien und vor allem als Piezosensoren für den Einsatz bei hohen Temperaturen. Bis zu 1300 °C werden hier für möglich gehalten. Die Herstellung erfolgt über einen zweistufigen Sinterungsprozess zur Materialvorbereitung mit anschließender Einkristallzüchtung. Bei den im vorgestellten Projekt untersuchten Materialien YCOB, LaCOB, SmCOB und GaCOB erfolgt die Erstarrung hinreichend kongruent für die Anwendung der Czochralski-Methode. Die Schmelzpunkte variieren zwischen 1400 °C und etwas über 1500 °C je nach Selten Erd – Komponente. Die Züchtungsparameter bewegen sich mit einer Ziehgeschwindigkeit von 1-3 mm/h und einer Rotation von 6 U/Min im üblichen Rahmen für oxidische Systeme. Ein ernstes Problem besteht in der Rissbildung der gezüchteten Einkristalle trotz sorgsamer Abkühlung mit Raten von ca. 1,4 K/Min. Die Risse entstehen aufgrund einer Anomalie der thermischen Ausdehnung bei ca. 850K. Herr Möckel konnte berichten, dass dieser Anomalie eine Phasenumwandlung höherer Ordnung zu Grunde liegen muss. Die Hochtemperatur-Röntgenbeugung (HTXRD) ergab keine auswertbaren Ergebnisse. Bei der DTA konnten erst bei größeren Probenmengen und hohen Temperaturänderungsraten (größer als 20 K/Min) thermische Singularitäten im interessanten Temperaturbereich um 850 °C gesehen werden. Genauere Erkenntnisse über den wahrscheinlichen Mechanismus hinter der Ausdehnungsanisotropie gewannen Möckel und Kollegen aus Hochtemperatur – Raman – Experimenten. Hier konnten Anomalien von Streckschwingungen nachgewiesen werden, hinter denen über einen Vergleich mit Arbeiten aus der Literatur Verkippungen der planaren Boratgruppen vermutet werden. Es konnte gezeigt werden, dass die für die Einkristallgewinnung problematische Strukturumwandlung keinen Einfluss auf die für denkbare Sensorapplikationen wichtigen piezoelektrischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen hat.

Eine sehr gelungene Darstellung auch für Nichtspezialisten gab Herr Erb aus dem Walther - Meißner – Institut bei München zur Züchtung von Einkristallen aus Calcium – Wolframat  $\text{CaWO}_4$ . Hier konnten die Zuhörer ein Züchtungsprojekt, welches auch wirtschaftlich interessant ist, von der Motivation (der Suche nach „Dunkler Materie“) über eine interessante Kette von Verfahrensschritten bis hin zum jetzigen erfolgreichen Projektstand nachverfolgen. Herr Erb konnte am Beispiel der Einkristallzüchtung von  $\text{CaWO}_4$  das typische Wechselbad von Hoffnungen und unerwarteten Problemen (in seinem Fall mit gutem Ende) beschreiben, das häufig mit Kristallzüchtung oxidischer Materialien verbunden ist. Einerseits besteht gute Hoffnung auf das Gelingen der Czochralski - Züchtung angesichts kongruenten Schmelzverhaltens und Beständigkeit der Rh-Tiegel bei reiner  $\text{N}_2$ -Atmosphäre (hoher Schmelzpunkt). Andererseits benötigt man wegen des hohen Schmelzpunktes (1600 °C) einen sehr teuren Tiegel (Rh). Am Anfang sieht man ein gutes Kristallwachstum, dann aber erfolgt ein spontanes Spalten der Einkristalle und eine Trübung der Kristalle. Das spontane Spalten lässt sich allerdings durch lange, schmale Schultern der Zuchtkörper vermeiden. Voraussetzung hierfür ist eine gut funktionierende Durchmesserkontrolle. Die Kristalltrübung im reinen  $\text{N}_2$  lässt sich durch Zusatz von ca. 1%  $\text{O}_2$  vermeiden bzw. man kann die Kristalltransparenz durch

10 einen entsprechenden Temperungsprozess wiederherstellen. Durch entsprechende konsequente Verfahrensentwicklung konnte das Projekt trotz aller Schwierigkeiten zur Produktionsreife geführt werden.

Im Anschluss an die Tagung war es den Teilnehmern möglich, an einem Besucherprogramm der THM Freiberg teilzunehmen. Die Führung ermöglichte zunächst einen Einblick in die Materialherstellung (zum Beispiel die Kristallzüchtung von Silizium), dann in den Sägeprozess zur Herstellung von Wafern. Die Füh-

rung zeigte insgesamt viele Analysetechniken und Charakterisierungsmethoden (beispielsweise Gefügeanalysen zur ortsaufgelösten Bestimmung der Kornorientierung und Bestimmung der Form der Phasengrenze mittels Lateral Photovoltage Scanning). Einen nachhaltigen Eindruck hinterließen zum Beispiel eine große Wafer-Säge und die Tatsache, dass am THM Freiberg die Grundlagenforschung des Sägeprozesses betrieben wird.

## Wide-Bandgap Halbleiter auf der Deutschen Kristallzüchtungstagung 2012

Ph. Hens, Universität Linköping, Schweden

Anfang März fand in Freiberg (Sachsen) die Deutsche Kristallzüchtungstagung (DKT) in Verbindung mit der Jahrestagung der DGKK statt. Neben verschiedenen anderen Materialsystemen und Methoden spielten auch dieses Jahr die Halbleiter großer Bandlücke eine entscheidende Rolle im Programm der Konferenz. Wie auch in der gesamten Welt der Forschung war auf der DKT ebenfalls eine Verschiebung der Schwerpunkte erkennbar. Einige Materialsysteme wie zum Beispiel Siliziumkarbid rücken langsam aus dem Schwerpunkt der Forschung im Bereich der Kristallzüchtung heraus und bewegen sich mehr in das Feld der Bauelemententwicklung hinein. Den Platz mit Fokus in der Kristallzüchtung und Epitaxie übernehmen mehr und mehr die Nitride, hier vor allem Galliumnitrid und Aluminiumnitrid. Dies war vor allem bei den Poster-Präsentationen zu merken.

Im Vortragsprogramm spielte dagegen das Siliziumkarbid immer noch eine wichtige Rolle. So gab Herr Prof. Wellmann einen eingeladenen Vortrag mit einer Zusammenfassung über den gegenwärtigen Stand der Massivkristallzüchtung von Siliziumkarbid.

Einer Disziplin, die langsam aus dem Blickfeld der Forschung an Universitäten und Instituten verschwindet und mehr und mehr in die Industrie übergeht. Im Bereich der Epitaxie gab es ebenfalls einen eingeladenen Vortrag aus dem Siliziumkarbid-System, da der diesjährige Nachwuchspreis der DGKK an Frau Dr. Birgit Kallinger vom IISB Erlangen ging. Sie präsentierte ihre Arbeit zur Umwandlung von Basalebeneversetzungen während der Homoepitaxie von 4H-SiC.

Neben einem weiteren Vortrag aus dem Bereich der Epitaxie von kubischem Siliziumkarbid gab es zwei Präsentationen aus dem Bereich der Nitride. Hier waren sowohl Galliumnitrid (Epitaxie auf Saphir) als auch Aluminiumnitrid (Volumenkristalle) vertreten. Gerade die AlN-Massivkristallherstellung war auch bei den Poster-Präsentationen mit drei Beiträgen gut vertreten.

Über Alles gesehen, kann man auch dieses Jahr wieder von einer erfolgreichen Konferenz aus der Sicht der Halbleiter großer Bandlücke sprechen. Der Anteil der Beiträge ist, verglichen mit anderen Systemen (gerade Silizium), klein, aber relativ stabil.

## I. Deutsch-Französischer Oxidkristall-/Dielektrika-Laserkristall-Workshop

M. Mühlberg, Universität Köln



Teilnehmer des I. Deutsch-Französischen Oxidkristall-/Dielektrika-Laserkristall-Workshops am 22./23.09.2011 in Idar-Oberstein.

Die Reduzierung der Forschungs- und Züchtungskapazitäten der letzten Jahre auf den Gebieten der oxidischen Dielektrika (z.B. Uni Bonn, Uni Osnabrück u.a.) hat im Arbeitskreis „Kristalle für Laser und nichtlineare Optik“ zu Überlegungen über die

zukünftige Gestaltung der Arbeitskreisarbeit geführt.

Auf Vorschlag von Dr. Lothar Ackermann vom Forschungsinstitut für mineralische und metallische Werkstoffe -Edelsteine/Edelmetalle- GmbH (FEE) wollen wir uns bemühen, zukünftig ausländische Teilnehmer in die Arbeitskreisarbeit einzubeziehen. So kam es auf Einladung des FEE zu einem Deutsch-Französischen Treffen am 22. und 23. September 2011 in Idar-Oberstein. Insgesamt gab es 22 Teilnehmer, die aus folgenden Institutionen kamen:

FEE Idar-Oberstein	7
Uni Hamburg/Inst. f. Laserphysik	5
IKZ Berlin	2
Uni Osnabrück	1
Uni Giessen	1
Uni Köln	1
Crystal Growth Consulting	1
Dt-Fr Forschungsinstitut (ISL), Saint Louis	2
L' École nationale supérieure de chimie de Paris	1
Institut de Chimie de la Matière Condensée, Bordeaux	1

Folgende Vorträge bzw. Diskussionsbeiträge wurden gehalten:

- R. Uecker, IKZ Berlin  
*Mischkristallbildung bei den SE-Scandaten*
- S. Ganschow, IKZ Berlin  
*On the chromium distribution coefficient in ruby*
- M. Eichhorn, ISL St. Louis  
*The multi-kW quasi-three-level  $Er^{3+}$ :YAG heat-capacity laser*
- D. Balitsky, Crystal Laser Messein  
*RbTiOPO<sub>4</sub> (RTP) crystal growth and particularities of electro optical application*
- E. Moersen, Crystal Growth Consulting Mainz  
*Verknappung bei Seltenen Erden - Gefahr für die Optikbranche?*
- H. Brüning, Universität Osnabrück  
*Holographische Kurzzeitspektroskopie: kleine Polaronen in LiNbO<sub>3</sub>*
- F. Reichert, ILP Hamburg  
*Crystal field tuning and laser action of RE-doped mixed sesquioxides*
- K. Beil, ILP Hamburg  
*Sesquioxide Laser Crystals and their Growth via HEM*
- P. Veber, University of Bordeaux  
*Flux growth of Rare Earth sesquioxides*

- A. Jaffres, Chimie Paris Tech, Paris  
*About CAIGO single crystals*
- D. Rytz, FEE Idar-Oberstein  
*YAB-Kristalle zur UV-Erzeugung*

Alle Teilnehmer danken den lokalen Organisatoren des FEE für die Ausrichtung des Workshops, insbesondere auch für die abendlichen Gestaltung mit Spießbraten-Grillen plus Bier.

Es ist der Wunsch aller Teilnehmer, diesen Workshop zusammen mit französischen Kollegen fortzusetzen. Dazu liegt eine Einladung vom Deutsch-Französischen Forschungsinstitut Saint-Louis (ISL), ([www.isl.eu](http://www.isl.eu)) für den

II. Deutsch-Französischen  
Oxidkristall-/Dielektrika-Laserkristall-Workshop  
am 20. und 21. September 2012 in Saint-Louis bei Basel

vor.

Interessenten sind herzlich eingeladen.

**Ansprechpartner:**

Dr. Marc Eichhorn (ISL)

E-Mail: [marc.eichhorn@isl.eu](mailto:marc.eichhorn@isl.eu) oder

Prof. Manfred Mühlberg (U Köln)

E-Mail: [manfred.muehlberg@uni-koeln.de](mailto:manfred.muehlberg@uni-koeln.de)

## Protokoll der Mitgliederversammlung 2012

### Anwesende

#### DGKK Mitglieder:

T. Aichele, W. Aßmus, B. Bauer, R. Bertram, M. Bickermann, A. Cröll, A. Danilewsky, P. Dold, K. Dupré, A. Erb, T. Flade, Ch. Frank-Rotsch, B. Freudenberger, J. Friedrich, St. Ganschow, C. Gärtner, M. Germann, P. Gille, A. Glacki, P. Görnert, M. Hahne, B. Hallmann-Seiffert, C. Hartmann, J. Härtwig, Ph. Hens, M. Heuken, T. Jauß, L. Kadinski, F.-M. Kießling, D. Klimm, F. Kropfgans, Ch. Kudla, R. Lauck, W. Löser, K.-D. Luther, G. Meisterernst, W. Miller, M. Möllering, A. Mühe, M. Mühlberg, G. Müller, M. Müller, L. Parthier, O. Pätzold, U. Rehse, Ch. Reimann, F. Ritter, H.-J. Rost, P. Rudolph, U. Sahr, D. Schwabe, A. Seidl, D. Siche, T. Sorgenfrei, J. Stenzenberger, R.R. Sumathi, J. Tonn, W. von Ammon, N. von Well, P. Wellmann, A. Winnacker, U. Wunderwald, M. Wünscher, S. Wurmehl, M. Zschorsch

#### Gäste:

A. Blumenau, C. Blun, Ch. Ehlers, A. Köhler, P. Kratzer, M. Lindner, N. Pfändler, A. Pregler

#### Ort:

Technische Universität Bergakademie Freiberg,  
Alte Mensa

#### Zeit:

Mittwoch, 07. März 2012, 19:00 Uhr

### TOP 1 Begrüßung und Feststellen der Beschlussfähigkeit

Es sind 65 Mitglieder und 8 Gäste anwesend, d.h. laut Satzung ist die Versammlung beschlussfähig. Der Vorsitzende der DGKK,

Jochen Friedrich begrüßt die anwesenden Mitglieder und Gäste. Er begrüßt besonders die Mitglieder, die kürzlich der DGKK beigetreten sind. Er gratuliert den Jubilaren des letzten Jahres. Er merkt an, dass der Vorstand nicht immer die Information zu Jubiläen erhält und ruft daher alle Mitglieder auf, derartige Informationen an den Vorstand weiterzuleiten. Nachfolgend gehen Glückwünsche an Preisträger für hervorragende Leistungen auf dem Gebiet der Kristallzüchtung.

Leider sind auch langjährige Mitglieder verstorben.

Die DGKK-Mitgliederversammlung gedenkt dem Tod von **Prof. Dr. Winfried Schröder (1937-2011)** und **Prof. Dr. Hans Josef Paus (1937-2011)**.

### TOP 2 Bericht des Vorsitzenden

Der erste Teil des Berichts des Vorsitzenden wird durch den ehemaligen Vorsitzenden (bis 31.12.2011) Peter Rudolph gegeben. Er beginnt seinen Bericht mit einer Zusammenfassung zur Deutsch-Polnischen Kristallzüchtungstag GPCCG-2012 in Frankfurt/Slubice. An der GPCCG-2012 hatten insgesamt ca. 300 Personen aus 15 Ländern teilgenommen. Die Tagung mit dem Schwerpunkt „Materialforschung für Photovoltaik“ unter reger Teilnahme von Politik und Wirtschaft war außerordentlich erfolgreich gewesen. Es erschien ein Sonderband *Crystal Res. Technol. Vol. 47 (2012)*, in diesem Zusammenhang ein herzlicher Dank an Herrn Siche für seine Aktivität. Auch finanziell verlief die Tagung sehr positiv und erwirtschaftete einen Gewinn. Aus aktuellem Anlass hatte die DGKK 3.000 Euro an die Japanische Gesellschaft für Kristallzüchtung gespendet, für diese Spende bedankte sich der Vorsitzende der JACG Y. Takeda herzlich.

Kritisch angemerkt wurde, dass die Tagung eventuell zu groß

12 war und die Möglichkeit von Firmenbesichtigungen fehlte, dies wurde 2012 in Freiberg berücksichtigt und verbessert. Nachfolgend ist von weiteren Veranstaltungen unter der Schirmherrschaft der DGKK bzw. Beteiligung der DGKK des letzten Jahres berichtet worden.

Die DGKK wirkt auch aktiv an der Vorbereitung der **ICCGE-17** (11.-16.08.2013 in Warschau) und der **ISSCG-15** (04. - 10. 08. 2013 in Gdansk mit.

Peter Rudolph berichtete weiterhin über die Mitwirkung der DGKK in anderen Gremien und Fachverbänden. Die Zusammenarbeit auf Europäischer Ebene gewinnt dabei immer stärker an Bedeutung. Die Kandidatenvorschläge der DGKK für die DFG-Fachkollegienwahl 2011 wurden leider nicht berücksichtigt, aber es erfolgte eine Kontaktaufnahme zu gewählten relevanten Fachgutachtern aus dem Fach Materialwissenschaften (406-1 und 406-2).

Es wurde nachfolgend zur Thematik „Ausbildung/Nachwuchsförderung“ berichtet, hier wurde zunächst auf die „Jugendfraktion“ eingegangen. So wird Tina Sorgenfrei als Vertreterin stets zu den Vorstandssitzungen eingeladen und es sind erste Initiativen angelaufen. So konnte eine Exkursion im Vorfeld der DKT 2012 organisiert werden. Frau Sorgenfrei berichtete etwas später noch ausführlich zum Stand der Jugendfraktion. Bisher ist die Resonanz noch relativ gering, es sind aber erste Schritte unternommen worden. Die „Junge DGKK“ ist unter [jugend@dgkk.de](mailto:jugend@dgkk.de) erreichbar und lädt zu einem 1. Seminar für Nachwuchswissenschaftler zum Thema „Aktuelle Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Kristallzüchtung und Epitaxie“ am 14. & 15. Juni 2012 nach Freiberg ein. Dies wird finanziell von der DGKK unterstützt.

Die Verbesserung der öffentlichen Wahrnehmung der Kristallzüchtung stellte einen weiteren Schwerpunkt der Vorstandstätigkeiten im Berichtszeitraum dar. Die wesentlichen Eckpunkte einer verbesserten Darstellung wurden im Beitrag „Überlegungen zur Situation der Materialwissenschaften im allgemeinen und der Kristallzüchtung im besonderen“ von Herrn Winnacker im Rahmen der DKT 2012 dargelegt.

Die Qualität des Mitteilungsblattes hat sich weiterhin verbessert, hier geht ein Dank an die Redaktion (W. Miller und U. Rehse). Es wird daran erinnert, Zusammenfassungen von abgeschlossenen Promotionsarbeiten einzusenden. Die Überarbeitung der Homepage ist kurz vor der Fertigstellung.

Peter Rudolph beendet seinen Bericht mit einigen Informationen zu „internen“ Vorstandstätigkeiten, wie den durchgeführten Vorstandstreffen und der erfolgten Amtsübergabe an den neu gewählten Vorstand.

Jochen Friedrich übernimmt die Berichterstattung und dankt dem ehemaligen Vorstand, insbesondere **Peter Rudolph** für die geleistete Arbeit. Ein besonderer Dank geht an auch an den ehemaligen Schatzmeister **Manfred Mühlberg** und seine Mitarbeiterin Frau **Marion Möllering**, die ihn tatkräftig unterstützte, für die 10-jährige einwandfreie Ausübung des Amtes.

J. Friedrich fasst am Ende dieses TOP's die „Ziele des neuen Vorstandes“ zusammen:

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

Von Seiten der Mitglieder gibt es keine Anfragen an den Bericht der Vorsitzenden.

### TOP 3 Bericht der Schriftführerin

Im Berichtszeitraum ist die Mitgliederzahl um 4 Mitglieder angestiegen, so dass sich der erfreuliche Trend der letzten zwei Jahre fortgesetzt hat.

Es steht aber immer noch eine Mahnaktion aus, die erfahrungsgemäß aufgrund von Ausschluss säumiger Mitglieder zu einer Abnahme der Mitgliederzahl führen wird. Die Schriftführerin erinnert daran, dass Adressenänderungen etc. mitgeteilt werden.

Der DGKK-Mitgliederstand beträgt zum 01.03.2012:

**380 Mitglieder, davon 343 Vollmitglieder, 29 Studenten und 8 Firmen.**

### TOP 4 Bericht des Schatzmeisters

Der Bericht des Schatzmeisters wird von M. Mühlberg, dessen Amtszeit am 31.12.2011 endete, gegeben. Er hat zwischenzeitlich die Amtsgeschäfte an P. Wellmann übergeben, der seit 1.1.2012 der Schatzmeister der DGKK ist.

Der Kassenstand der DGKK beträgt zum 31.12.2011

Sparkasse Karlsruhe:	8.032,70 Euro
Festgeldeinlagen:	12.309,86 Euro
	20.342,56 Euro

Der Kassenstand hat sich im Vergleich zu 2011 um 2.300,40 Euro verringert. Die Hauptausgaben 2011 erfolgten für die Zahlung von Preisgeldern und eine Spende an die Japanische Gesellschaft für Kristallzüchtung. Herr Mühlberg erinnert an die Möglichkeit, für die Nachwuchswissenschaftler einen Antrag auf Reisekostenunterstützung zu stellen. Weiterhin appellierte er, Projekte in Schulen ins Leben zu rufen, die hierfür geplanten Mittel sind nicht ausgeschöpft worden. Eine Förderung kann nur auf Basis eines Antrages erfolgen.

Die Kassenprüfung erfolgte durch D. Siche und R. Bertram. Es wurde eine korrekte Kassenführung bestätigt.

### TOP 5 Entlastung des Vorstandes

Aus den Reihen der Mitglieder beantragt W. Miller die Entlastung des Vorstandes:

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

### TOP 6 Diskussion und Abstimmung über beantragte Satzungsänderung

Wie in der letzten Mitgliederversammlung 2011 vorgeschlagen hat der DGKK-Vorstand zusammen mit weiteren DGKK-Mitgliedern die bisherige Satzung der DGKK überarbeitet. Die überarbeitete finale Version der Satzung wurde zusammen mit dem Mitteilungsblatt 93 an die Mitglieder verschickt.

Zu Beginn des Diskussionspunktes wird durch Wolfram Miller ein kurzer Überblick über die wesentlichen Änderungen im Entwurf der neuen Satzung dargestellt. Dies sind:

- Neben Kristallwachstum und Kristallzüchtung wird die Epitaxie explizit genannt.
- Es gibt einen engeren Vorstand, der gerichtlich eingetragen wird: Neben dem Vorsitzenden gehört der Schatzmeister und der stellvertretende Vorsitzende dazu.
- Die Wiederwahl in den Vorstand ist jetzt eindeutig geklärt.
- Es gibt gewählte Kassenprüfer.
- Es wird die Möglichkeit von Ehrenmitgliedern eingeführt.
- Die Arbeitskreise sind in die Satzung aufgenommen.
- Die Mitgliedschaft der DGKK in anderen Vereinen etc. ist geregelt.
- Der Nachwuchspreis ist in die Satzung aufgenommen.

Er dankt Albrecht Seidl, Matthias Bickermann, Jochen Friedrich, Uwe Rehse, den 2011 amtierenden Vorstand sowie allen, die sich aktiv an der Überarbeitung der Satzung beteiligt haben. Anschließend geht er auf den chronologischen Ablauf der Erarbeitung der neuen Satzung ein. Es sind alle Hinweise aus der Mitgliedschaft eingearbeitet worden. Die finale Version wurde zusammen mit DGKK-Mitteilungsblatt 93 an alle Mitglieder versendet, es sind danach keine weiteren Anträge zur Satzungsänderung eingegangen, so dass über den vorliegenden Entwurf abgestimmt wird. Die anwesenden Mitglieder sind mit einer offenen Abstimmung einverstanden. Wolfram Miller übernimmt die Wahlleitung für TOP 6-8.

**Der Antrag auf Satzungsänderung wird einstimmig angenommen.** Es gab keine Enthaltungen und keine Gegenstimmen von Seiten der anwesenden Mitglieder.

#### TOP 7 Abstimmung zur Bestätigung der Wahl des engeren Vorstandes gemäß neuer Satzung

Nach Annahme der neuen Satzung (TOP 6) wurde eine Bestätigung des engeren Vorstandes gemäß neuer Satzung notwendig. Zunächst wurde bestätigt, dass die Kandidaten des engeren Vorstandes Jochen Friedrich (Vorsitzender), Peter Rudolph (stellvertretender Vorsitzender) und Peter Wellmann (Schatzmeister) einverstanden sind und ihre Funktion auch gemäß neuer Satzung ausüben wollen.

**Gemäß der offenen Abstimmung wurden** Jochen Friedrich (Vorsitzender), Peter Rudolph (stellvertretender Vorsitzender) und Peter Wellmann (Schatzmeister) einstimmig, wobei sich die Kandidaten enthielten, zum engeren Vorstand gemäß neuer Satzung gewählt.

Jochen Friedrich, Peter Rudolph und Peter Wellmann bedankten sich für das Vertrauen und nahmen die Wahl als Mitglieder des engeren Vorstandes an.

#### TOP 8 Wahl der Kassenprüfer

Die Wahl der Kassenprüfer erfolgt für die Dauer der Wahlperiode des gegenwärtigen Vorstandes gemäß §11 (13) bis 31.12.2013. Es lagen vier Vorschläge des Vorstandes zur Wahl vor.

*Ergebnis:*

<b>U. Wunderwald</b>	53	Stimmen
<b>F. Ritter</b>	46	Stimmen
<b>H.-J. Rost</b>	41	Stimmen
<b>E. Meissner</b>	40	Stimmen
M. Wünscher	2	Stimmen
T. Sorgenfrei	1	Stimme

Gewählt wurden U. Wunderwald, F. Ritter, H.-J. Rost und E. Meissner.

U. Wunderwald, F. Ritter und H.-J. Rost bedanken sich für das Vertrauen und nehmen die Wahl gern an. E. Meissner hatte schriftlich hinterlegt, dass sie die Wahl annimmt.

#### TOP 9 Wahl der Preiskommission

Dieser Tagesordnungspunkt wurde von P. Gille als Wahlleiter geleitet.

Die Wahl der Preiskommission erfolgt gemäß Satzung §7 (4) für die Dauer von 6 Jahren, es lagen drei Vorschläge des Vorstandes vor.

Die Kandidaten sind:

Michael Heuken, RWTH Aachen und AIXTRON AG  
 Manfred Mühlberg, Universität zu Köln  
 Michael Neubert, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin

Vor der Wahl wurde von Herrn A. Winnacker angefragt, ob durch die Kandidaten auch alle fachlichen Themen, wie die Epitaxie/Massivkristallzüchtung und Modellierung abgedeckt würden? Es konnte bestätigt werden, dass die vorgeschlagenen Kandidaten alle diese Themengebiete fachlich abdecken. Es wurde in offener Wahl über alle Kandidaten im Block abgestimmt.

Es gab keine Gegenstimmen und 5 Enthaltungen, dadurch sind die vorgeschlagenen drei Kandidaten gewählt worden, Herr M. Heuken und M. Mühlberg sind anwesend und nehmen die Wahl dankend an. M. Neubert hat zuvor schriftlich bestätigt, im Falle der Wahl diese anzunehmen.

Neben der Neuwahl der Preiskommission ist, gemäß Satzung §17 und §18 alle 6 Jahre die Höhe der Preisgelder durch die Mitgliederversammlung neu zu bestimmen. Aktuell beträgt das Preisgeld für den „Preis der DGKK“ – 3.000 Euro und 2.500 Euro für den „Nachwuchspreis“, hierbei handelt es bei dem Preisgeld um eine Unterstützung des Preisträgers zur Teilnahme einer internationalen Konferenz auf dem Gebiet der Kristallzüchtung bzw. Kristallwachstum.

Von Seiten des Vorstandes wurde vorgeschlagen, die Preisgelder auch für die kommenden 6 Jahre unverändert zu lassen. Es folgten verschiedene Meinungsäußerungen von Seiten der Mitgliedschaft, die eine Erhöhung des Preisgeldes für den Preis der DGKK anregten. Der Preis der DGKK sollte sich auch deutlich vom Nachwuchspreis abheben, es ist darauf hingewiesen worden, dass der „Preis der DGKK“ im Vergleich zum „Nachwuchspreis“ direkt an den Preisträger gezahlt wird und es bei ihm keine Bindung an einen Verwendungszweck gibt und bei der Verleihung auch die Ehre und Anerkennung der Leistungen im Vordergrund stehen sollte. Es ist auch von Seiten M. Mühlbergs zu bedenken gegeben worden, dass das Budget der Preisgelder die DGKK stark belastet. Da die Meinungsäußerungen zum Teil kontrovers verliefen, holte sich P. Gille ein Stimmungsbild zu einer möglichen Abstimmung ein. Diese lieferte einen positiven Trend zur Annahme des Vorschlages, die bestehenden Höhen der Preisgelder auch für die nächsten 6 Jahre unverändert zu lassen.

Die nachfolgende Abstimmung ergab die **Annahme des Vorschlages:**

DGKK-Preis: 3.000 Euro  
 DGKK-Nachwuchspreis: 2.500 Euro

mit 0 Gegenstimmen und 2 Enthaltungen.

In Anschluss an diesen Tagesordnungspunkt wird W. Miller und P. Gille für die Leitungen der Wahlen bzw. Abstimmungen gedankt.

## 14 TOP 10 Diskussionen über Tagungen und Symposien

Vorschlag: Deutsche Kristallzüchtungstagung (DKT) 2013 in Erlangen

Dieser Vorschlag wird **einstimmig angenommen**: Die Deutsche Kristallzüchtungstagung 2013 wird vom 06.-08. März in Erlangen stattfinden. P. Wellmann würde sich als Organisator sehr freuen, wenn wieder viele Teilnehmer in Erlangen begrüßen zu können.

Zuvor wurden noch mögliche Optionen diskutiert die Tagung eventuell mit der DGK gemeinsam eine Tagung durchzuführen. Dies wäre 2013 nicht möglich, da die DGK-Tagung im nächsten Jahr bereits für Freiberg geplant ist.

Nachfolgend erfolgte eine Diskussion zu möglichen Tagungs-orten für 2014. Hierbei sind verschiedene Optionen, die Deutsche Kristallzüchtungstagung mit einer weiteren materialwissenschaftlich ausgerichteten Organisation, wie z.B. VDI gemeinsam durchzuführen, diskutiert worden. Die Mitgliedschaft kam dabei zu dem Ergebnis, dass dies für 2014 zu früh wäre und es sinnvoller ist, wie bereits mehrfach praktiziert, einzelnen Referenten aus den Organisationen/Fachgebieten einzuladen. Weiterhin kam der Vorschlag die Tagung mit dem Arbeitskreis Epitaxie zu koppeln, dies ist nicht möglich. Der Termin für den Epitaxie-AK liegt grundsätzlich im Dezember und ist schon für die nächste Jahre fest geplant.

Es wurde die Region Halle als möglicher Tagungsort 2014 angeregt, dies fand bei einem großen Teil der Anwesenden Zustimmung. P. Dold findet die Durchführung einer „normalen“ Kristallzüchtungstagung als vorstellbar, so dass für 2014 Halle als Tagungsort vorbemerkt wird.

### TOP 11 Berichte zu den DGKK – Arbeitskreisen

*Arbeitskreis Massive Verbindungshalbleiter:*

P. Wellmann: Der letzte Arbeitskreis fand in Erlangen Anfang Oktober mit ca. 50-60 Teilnehmern statt. Der Arbeitskreis ist mit einem jährlichen Treffen und der Erweiterung auf Silizium-Themen stabil. Das nächste Treffen findet Anfang Oktober 2012 in Freiberg statt.

*Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik:*

M. Mühlberg: Die Aktivitäten auf dem Gebiet der Dielektrika sind in Deutschland rückläufig. Auf Initiative des FEE

fand vom 22./23. September 2011 in Idar-Oberstein der Arbeitskreis in Form eines „Deutsch-Französischen Oxidkristall-/Dielektrika/Laserkristall-Workshops“ statt. Mit 23 Teilnehmern, dabei 4 aus Frankreich, wurde der Workshop als gelungen erachtet und es wird ein II. Workshop vom 20./21. September 2012 in Saint-Louis geplant.

*Epitaxie von III/V – Halbleitern:*

M. Heuken berichtet über die Aktivitäten dieses großen Arbeitskreises. Im Jahr 2011 traf sich der Arbeitskreis mit ca. 140 Teilnehmern in Stuttgart. Der Schwerpunkt der Vortragsthemen lag beim „GaN“. Der nächste Arbeitskreis 2012 ist in Erlangen geplant.

*Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelation:*

W. Löser: Das letzte Treffen fand 2011 in Dresden statt. Es nahmen ca. 30 Personen teil. Das nächste Treffen ist im Oktober 2012 in Frankfurt/Main geplant.

*Kinetik:*

W. Miller: Das Treffen 2011 fand in Clausthal-Zellerfeld mit dem Schwerpunkt „Nano“ statt. Es gab ca. 40 Teilnehmer, leider besteht seit Jahren das Problem die Arbeitskreisteilnehmer in die DGKK zu integrieren. Im Herbst 2012 ist wieder ein gemeinsamer Arbeitskreis mit der angewandten Simulation in Berlin/Griebnitzsee geplant.

*Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung:*

A. Seidl: Die Treffen des Arbeitskreises finden im Allgemeinen alle 1,5 Jahre statt, das letzte bereits 2010 in Burghausen. Hierzu wurde bereits berichtet, das nächste Treffen findet wie bereits erwähnt gemeinsam mit dem AK „Kinetik“ statt.

### TOP 12 Verschiedenes

Weitere Beiträge liegen nicht vor. J. Friedrich schließt gegen 21:40 Uhr die Mitgliederversammlung und bedankt sich bei allen Anwesenden.

Christiane Frank-Rotsch

Jochen Friedrich

Schriftführerin der DGKK

Vorsitzender

## Impressionen von der DKT 2012



Angeregte Diskussionen auf der Postersitzung.



Gemeinsame Abendveranstaltung im Freiburger Brauhoof

## Preisgekrönte Siliziumkarbid-Forschung am Fraunhofer IISB

Für ihre am Fraunhofer IISB in Erlangen angefertigte Doktorarbeit über das Versetzungsverhalten bei der Homoepitaxie von Siliziumkarbid – dem idealen Werkstoff für die Leistungselektronik – wurde Frau Dr. Birgit Kallinger bei der Deutschen Kristallzüchtungstagung in Freiberg mit dem Nachwuchspreis 2012 der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V. ausgezeichnet.



Materialforschung für effizientere Leistungselektronik: Dr. Birgit Kallinger bei der Verleihung des DGKK-Preises für Nachwuchswissenschaftler im Rahmen der Deutschen Kristallzüchtungstagung am 7. März 2012 in Freiberg. Foto: Fraunhofer IISB

Der mit insgesamt 2.500 Euro dotierte Nachwuchspreis wird von der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V. (DGKK) im Rahmen der wissenschaftlichen Nachwuchsförderung vergeben. Mit dem Preis würdigt die DGKK herausragende wissenschaftliche Leistungen von Nachwuchswissenschaftlern, die auf dem Gebiet der Kristallzüchtung und des Kristallwachstums entstanden sind.

Siliziumkarbid (SiC) eignet sich aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften hervorragend als Halbleitermaterial für die Leistungselektronik. Auf SiC basierende Schottky-Dioden werden z.B. bereits seit 2001 erfolgreich in High-end-Netzteilen eingesetzt. Durch Kristalldefekte im Material wurde bei diesen Dioden jedoch die Ausbeute bei der Herstellung beeinträchtigt. Andere – bipolare – Bauelemente konnten in der Vergangenheit nicht kommerzialisiert werden, weil Kristallfehler im Verdacht standen, die Langzeitstabilität zu limitieren.

Für die Bauelementherstellung muss SiC in einer dünnen kristallinen Schicht auf einem SiC-Substrat mittels Epitaxie abgeschieden werden. Dies erfolgt bei Temperaturen über 1500°C aus gasförmigen Silizium- und Kohlenstoffverbindungen. Um die elektrischen Eigenschaften der SiC-Schicht gezielt einzustellen, wird bei dem Epitaxieprozess Stickstoff oder Aluminium als Dotierstoff zugegeben. Je nach zugegebener Dotierstoff-Menge erreicht man dann einen niedrigen oder hohen elektrischen Widerstand. Die aufgebrauchten SiC-Schichten müssen darüber hinaus eine makellose kristalline Struktur aufweisen. Insbesondere Materialdefekte in Form von sogenannten Versetzungen, die in Schrauben- und Stufenversetzungen sowie Basalebeneversetzungen unterschieden werden, sind hierbei kritisch.

Birgit Kallinger hat in ihrer Doktorarbeit am Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB ein grundlegendes physikalisches Verständnis für das Verhalten

der Versetzungen bei dem zentralen Prozessschritt der Bauelementherstellung – der Epitaxie – erarbeitet und verschiedene Wege zur Vermeidung der Kristallfehler abgeleitet. Sie konnte insbesondere zeigen, dass die besonders kritischen Defekte, die Basalflächenversetzungen, während der Epitaxie durch geeignete Prozessbedingungen vermieden werden können. Basierend auf dem von ihr neu erarbeiteten Know-how wurden bipolare Testbauelemente hergestellt, an denen eindeutig nachgewiesen werden konnte, dass die verbesserte Prozessierung die Langzeitstabilität von Bipolardioden positiv beeinflusst.

Um die problematische Kristalldefekte in SiC in Form der verschiedenen Versetzungstypen sowie deren Dichte und Verteilung nachzuweisen, setzt die Industrie seit Jahren standardmäßig das Verfahren des defektselektiven Ätzens ein. Bei dieser Methode werden um die Versetzungen herum Ätzgruben erzeugt, die spezifisch für den jeweiligen Versetzungstyp sind. Die Ätzgruben werden anschließend automatisiert unter dem Mikroskop ausgezählt. Birgit Kallinger wies durch systematische Untersuchungen nach, dass die bislang etablierte Methode dieses defektselektiven Ätzens sich unter bestimmten Bedingungen als unsicher erweist. Mit Hilfe einer direkten Nachweismethode – der Synchrotron-Röntgentopographie – bestimmte Birgit Kallinger an der Synchrotron-Strahlenquelle ANKA (Ångströmquelle Karlsruhe) den Versetzungshaushalt in SiC deshalb ganz genau. „Die Konsequenz aus dem Vergleich der Ergebnisse des defektselektiven Ätzens und der direkten Analyse mittels Röntgentopographie ist, dass erstens mit vielen in der Literatur veröffentlichten Ergebnissen vorsichtig umgegangen werden muss, zweitens zwar das Defektätzen 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“, so Birgit Kallinger.

Der Nachwuchspreis der DGKK honoriert die wichtigen Beiträge von Birgit Kallinger, die Materialeigenschaften von Siliziumkarbid besser zu verstehen und – aufbauend auf diesen Erkenntnissen – weiter zu verbessern, so dass neue Anwendungsgebiete in der Leistungselektronik erschlossen werden können. Birgit Kallinger führte ihre wissenschaftlichen Untersuchungen im Rahmen des von der Bayerischen Forschungsförderung geförderten Projekts KoSiC durch.

Ihre Doktorarbeit mit dem Titel „Versetzungverhalten bei der Homoepitaxie von hexagonalem Siliziumkarbid (4H-SiC)“ ist im Fraunhofer Verlag erschienen (ISBN: 978-3-8396-0342-0).

## 16 Gastaufenthalt von Alexandra Popescu am IKZ

W. Miller, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) Berlin

Schon seit einigen Jahren bestehen enge Beziehungen zwischen der Gruppe von Prof. Daniel Vizman an der West Universität Timisoara in Rumänien und der Gruppe Numerische Modellierung am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ). Das Projekt POSDRU ermöglichte jetzt zwei Gastaufenthalte von Frau Alexandra Popescu am IKZ, die an der West Universität ihre Promotionsarbeit anfertigt. Das Projekt POSDRU 88/1.5/S/49516 wird durch den Europäischen Sozialfond im Programm „The Sectorial Operational Programme for Human Resources Development 2007-2013“ kofinanziert und fördert eine interdisziplinäre Doktorandenschule an der West Universität Timisoara und der Universität Craiova (siehe auch Pressemitteilung des IISB in MB 92/2011, S. 26). Frau Popescu beschäftigt sich mit Berechnungen zur Blockerstarung von Silicium für photovoltaische Anwendungen. Am IKZ arbeitet sie zusammen mit Giordano Cantù unter Leitung von Dr. Wolfram Miller an der Problematik des Kornwachstums. Trotz der Bedeutung dieses Themas für die Photovoltaik-Industrie sind hier viele grundlegende Fragen ungeklärt. Detaillierte numerische Berechnungen sollen zu einem besseren Verständnis führen. Frau Popescu war im letzten Jahr

für 3 Monate am IKZ (September bis November 2011) und kam im Mai 2012 für einen weiteren Monat nach Berlin. Die gemeinsam erarbeiteten Ergebnisse werden u.a. bei der im Juni dieses Jahres stattfindenden Europäischen Kristallzüchtungskonferenz (ECCG-4) in Glasgow vorgestellt.



Frau Popescu an ihrem Arbeitsplatz am IKZ.

Foto: W. Miller

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

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



## MaTeck

Im Langenbroich 20  
52428 Jülich

**Tel.:** 02461/9352-0

**Fax:** 02461/9352-11

**eMail:** info@mateck.de

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

## Steremat Elektrowärme GmbH erhält Bayerischen Staatspreis

P. Rudolph, Crystal Technology Consulting (CTC) Schönefeld, K. Sporbert, Steremat Elektrowärme GmbH Berlin

Vom 14. bis 20. März 2012 fand in München die Internationale Handwerksmesse statt. Feierlicher Abschluss war die Auszeichnung auserwählter Aussteller aus dem In- und Ausland für überdurchschnittliche gestalterische und technische Lösungen mit dem Bayerischen Staatspreis. Zu den Preisträgern gehörte auch zu unserer großen Freude das DGKK-Firmenmitglied Steremat Elektrowärme GmbH aus Berlin. Dieses schon langjährig auch im Anlagenbau für Kristallzüchtung tätige Unternehmen hatte sich mit dem Exponat eines kombinierten Heizer-Magnet-Moduls und dessen Ansteuerung für den Einsatz in Kristallisations- und Gießanlagen vorrangig für die Photovoltaik, aber auch Mikro-, Optoelektronik und Werkstoffherstellung beworben. Die Besonderheit gegenüber bekannten Verfahren besteht in der Erzeugung für die Durchmischung von Halbleiter- und Metallschmelzen wichtiger wandernder Magnetfelder nicht mehr separat außerhalb des Anlagenkessels, sondern simultan im Heizer, der die Prozesswärme liefert, also unmittelbar am Schmelzcontainer. Somit ist ein nahezu direkter energie- und kostengünstiger Eingriff auf die Strömung der Schmelze und Form der Phasengrenze möglich. Dieses Konzept ist seit 2007 als europäische Gemeinschaftsmarke KRISTMAG<sup>®</sup> registriert und erhielt bisher acht Patenterteilungen. Steremat hat entscheidenden Anteil an seiner erfolgreichen Umsetzung und begonnenen Vermarktung, was in enger Kooperation mit wissenschaftlichen Einrichtungen, wie IKZ, WIAS, HTW, IHP, ETP und

den Industriepartnern Auteam und Schott Solar Wafer entwickelt wurde. Ein Übersichtsartikel erschien dazu im DGKK MB 88 (2009) 22-26.

Die feierliche Preisverleihung fand am Sonntag, dem 18. März auf dem Münchner Messegelände statt. Der Geschäftsführer der Steremat Elektrowärme GmbH, Herr V. Trautmann, sowie Frau Dr. Ch. Frank-Rotsch vom IKZ als Vertreterin des KRISTMAG<sup>®</sup>-Teams, nahmen die Auszeichnung entgegen.



Feierliche Preisverleihung auf dem Münchener Messegelände. Von links nach rechts: Veit Trautmann, Geschäftsführer der Steremat Elektrowärme GmbH, Dr. Christiane Frank-Rotsch und MDg Hermann Lück, Abteilungsleiter Mittelstand im Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie

Foto: Studio Loske

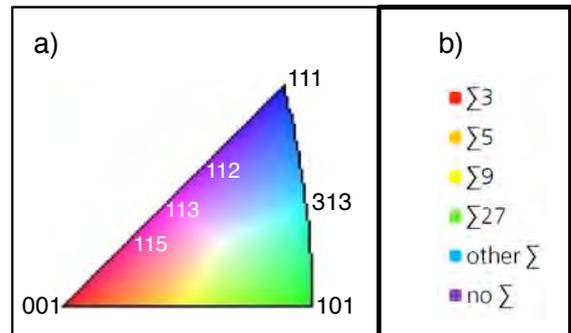
## Zum Titelbild

Die schnelle Analyse von Wafern aus multikristallinem Silicium ist bei der riesigen Menge der weltweit mittels Erstarrung erzeugten Siliciumblöcke eine wichtige Voraussetzung für Kontrolluntersuchungen. Die Analyse der Kornorientierung wird typischerweise mit dem Electron-Back-Scattering-Diffraction-Pattern-(EBSP)-Verfahren durchgeführt - ein Verfahren, das sehr zeitaufwendig ist. Zur offiziellen Eröffnung des THM (siehe Seite 22) ist in Freiberg eine kombinierte Anlage aus Korndetektor und Laue-Scanner in Betrieb genommen worden, die eine wesentlich schnellere Kornanalyse zulässt.

Lage und Morphologie der Körner wird im Korndetektor durch unterschiedliche Lichtreflexion bestimmt (Titelseite: Abbildung links oben). Das Licht wird durch jeweils 8 LED-Platinen mit Verkippungen von 50° und 70° zum Wafer sowie 4 LED-Platinen normal zum Wafer erzeugt. Es kann ein typischer Standardwafer (156 × 156 mm<sup>2</sup>) in ca. 10 s vermessen werden.

Für jedes Korn wird ein Messpunkt bestimmt, dessen Koordinaten an den Laue-Scanner übergeben werden. Aus dem Laue-Pattern (Titelseite: Abbildung rechts oben) kann die Kornorientierung bestimmt werden. Der Korndetektor errechnet

mit Hilfe der Orientierungsmatrix die Kornorientierung und visualisiert sie mit Hilfe des typischen Farbschemas (siehe Abb, linke Seite). Anschliessend können aus der Kornorientierung (Titelseite: Abbildung links unten) die Korngrenztypen berechnet und visualisiert werden (Titelseite: Abbildung rechts unten). Die Farbgebung für die Korngrenztypen ist in Abb, rechte Seite, gezeigt. Für jeden Messpunkt, d.h. jedes Korn, benötigt der LAUE-Scanner 5 s, d.h. bei 120 Körner sind das 10 Minuten.



Legende zum Titelbild

# A way to new crystals



**SCIDRE**  
SCIENTIFIC INSTRUMENTS DRESDEN GMBH



## The high pressure crystal growth furnace by Scidre

The HKZ offers a broad range of properties, which no other furnace covers:

- pressure range from  $10^{-3}$  mbar to 150 bar
- several gases like argon, oxygen, nitrogen<sup>+</sup> and other
- high pressure cleaning device for argon
- static atmosphere or gas flow from  $0.2 \text{ mlmin}^{-1}$  to  $1 \text{ lmin}^{-1}$
  
- optical heating with two ellipsoidal mirrors in a vertical alignment
- lamp power 3, 5, 7 kW
- smooth energy adjusting via power shutter
- temperatures up to  $3000^{\circ}\text{C}$
- patented temperature measurement during crystal growth<sup>+</sup>
  
- growth speed from  $0.1$  to  $200 \text{ mmh}^{-1}$  and fast manipulation for setup
- rotational speed adjustable between 0 and 150 rpm

Scientific Instruments Dresden GmbH  
Großenhainer Str. 101  
01127 Dresden

Tel.: 0351 - 821 131 40  
E-Mail: [info@scidre.de](mailto:info@scidre.de)

<sup>+</sup>option

## DGKK-Personen

### Erlanger Kristallzüchter feierten mit Freunden und Förderern

Am 20. Januar 2012 trafen sich am Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB die Erlanger Kristallzüchter, darunter viele Ehemalige sowie Freunde und Förderer der Erlanger Kristallzüchtung zum 4. Kristalllabor-Symposium, um den 70. Geburtstag von Professor Georg Müller zu feiern.



Der Jubilar Georg Müller bei seinen Dankesworten.

Foto: Fraunhofer IISB

In dem Symposium wurde auf den Werdegang des Forschers und Hochschullehrers Georg Müller und dessen Erfolge zurückgeblickt. Georg Müller, geboren 1941 in Fürth, studierte Physik an der Universität Erlangen-Nürnberg und wurde hier 1974 promoviert. 1986 erfolgte die Habilitation, 1988 die Ernennung zum Professor am Erlanger Institut für Werkstoffwissenschaften (Werkstoffe der Elektrotechnik). Von 1999 bis 2003 leitete er darüber hinaus die Abteilung Kristallzüchtung am Fraunhofer IISB in Erlangen. Seit seinem Ausscheiden aus dem Amt des Hochschullehrers ist Georg Müller als freiberuflicher Berater aktiv.

Professor Georg Müller hat über 30 Jahre die internationale Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Massivkristallzüchtung maßgeblich mitgeprägt. Zu nennen sind hier beispielsweise seine Beiträge zum Verständnis der Konvektionsvorgänge bei der Schmelzzüchtung und die Entwicklung der VGF- (Vertical-Gradient-Freeze) Technologie. Als Mitglied und Vorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Kristallzüchtung und Kristallwachstum (DGKK) hat Georg Müller die Kristallzüchtung in Deutschland aktiv mitgestaltet. So leitete er mehr als

15 Jahre lang den DGKK-Arbeitskreis „Verbindungshalbleiter“. Ausgezeichnet wurde er unter anderem mit dem Wissenschaftspreis 2003 des Stifterverbands der Deutschen Wissenschaft. Die Universität von Timisoara in Rumänien verlieh ihm 2004 die Ehrendoktorwürde. In der Lehre bewies Georg Müller außergewöhnlich hohes Engagement und landete bei der Bewertung der Lehrveranstaltungen durch die Studierenden mehrmals auf den ersten Plätzen. Seine herausragenden Leistungen in der Lehre würdigte im Jahr 2006 das Bayerische Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst mit dem „Preis für gute Lehre“. Als Studiendekan, Senatsmitglied, Vorstandmitglied des Instituts für Werkstoffwissenschaften und Vorsitzender der Studienkommission Werkstoffwissenschaften hat er mehrere Studiengänge aktiv mitgestaltet, etwa bei der Einführung der Bachelor- und Master-Studiengänge in den Werkstoffwissenschaften sowie der Einrichtung des Elitestudiengangs „Advanced Materials and Processes“, als dessen erster Sprecher er fungierte.

Zu dem Symposium, das durch die Teilnahme vieler ehemaliger Absolventen von Professor Müller den Charakter eines „Klassentreffens“ hatte, kamen über 70 Teilnehmer, die bis in die frühen Morgenstunden ausführlich über die alten Zeiten philosophierten und die Kontakte untereinander wieder auffrischten.

#### **Ansprechpartner:**

Dr. Jochen Friedrich

Fraunhofer IISB

Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany

Tel.: +49-9131-761-270

Fax: +49-9131-761-280

E-Mail: [info@iisb.fraunhofer.de](mailto:info@iisb.fraunhofer.de)



Jochen Friedrich vom Fraunhofer IISB blickte auf den Werdegang des Kristallzüchters Georg Müller zurück. Foto: Fraunhofer IISB

## 20 DGKK-Nachrichten

### Effiziente Solarzellen: Georg-Kurlbaum-Preis 2011 für Nachwuchswissenschaftler vom Fraunhofer IISB

Für seine am Fraunhofer IISB in Erlangen durchgeführte Diplomarbeit zum Defekthaushalt in kristallinem Solar-Silizium ist der Nachwuchswissenschaftler Ludwig Stockmeier mit dem Georg-Kurlbaum-Preis 2011 ausgezeichnet worden. Durch seine Forschungsergebnisse lassen sich mit einem preiswerten Verfahren qualitativ bessere Siliziumkristalle und dadurch Solarzellen mit höheren Wirkungsgraden realisieren.



Ludwig Stockmeier mit der Urkunde zum Georg-Kurlbaum-Preis 2011 in der Kategorie Umwelt / Energie an seiner Kristallisationsanlage in einem Kristallzüchtungslabor am Fraunhofer IISB.

Foto: Fraunhofer IISB

Der Erlanger Student der Werkstoffwissenschaften konnte zeigen, dass sich bei der so genannten gerichteten Erstarrung durch eine optimierte Anordnung der eingesetzten Startkeime die Materialeigenschaften von multikristallinem Photovoltaik-Silizium entscheidend verbessern lassen. Da die Forschungsergebnisse – ganz im Sinne der Kurlbaum-Stiftung – einen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Umwelt leisten, wurde Ludwig Stockmeier der Georg-Kurlbaum-Preis 2011 in der Kategorie Umwelt / Energie verliehen.

Der Markt für Solarzellen wird dominiert – von Zellen auf Basis von so genanntem monokristallinen und multikristallinen Silizium. Die beiden Materialien unterscheiden sich voneinander durch die Herstellungskosten und die erzielbaren Wirkungsgrade der daraus hergestellten Solarzellen. Monokristallines Silizium führt zu höheren Zellwirkungsgraden von etwa 19%, ist jedoch teuer aufgrund eines aufwendigen Herstellungsverfahrens, bei dem Einkristalle aus einer Siliziumschmelze gezogen werden. Multi-

kristallines Silizium lässt sich kostengünstiger nach dem Prinzip der gerichteten Erstarrung herstellen, indem das Silizium in einem Tiegel komplett aufgeschmolzen und anschließend durch eine kontrollierte Wärmeabfuhr von unten nach oben erstarrt wird. Dieses Material weist jedoch – bedingt durch den Herstellungsprozess – Kristallfehler in Form von Versetzungen und Korngrenzen auf, die den Wirkungsgrad der daraus gefertigten Solarzellen heute auf etwa 17% limitieren. Um die Wirkungsgradlücke zwischen dem billigeren, aber schlechteren multikristallinen Silizium und dem teureren, aber besseren monokristallinen Silizium zu schließen, ist es notwendig, multikristallines Material mit möglichst großen Körnern, d.h. mit geringen Korngrenzlängen und einer Versetzungsdichte von unter  $1 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-2}$  herzustellen.

Einen vielversprechender Weg, dieses Ziel zu erreichen, ist die sogenannte Keimvorgabe. Dabei werden bei der Herstellung der Kristalle im Schmelztiegel unterhalb des aufzuschmelzenden Siliziums monokristalline Siliziumkeime auf den Tiegelboden gelegt. Die Prozessführung beim Herstellungsverfahren wird nun so modifiziert, dass zwar der Rohstoff, nicht aber die Keime aufschmelzen. Dadurch wird erreicht, dass bei der anschließenden gerichteten Erstarrung des Siliziums die Struktur der monokristallinen Keime übernommen und somit die Korngrenzlänge und die Versetzungsdichte reduziert werden. Das Problem ist jedoch, dass derzeit keine monokristallinen Keime verfügbar sind, um auch Tiegel mit einer Grundfläche von  $1 \cdot 1 \text{ m}^2$ , wie sie in der industriellen Produktion Verwendung finden, komplett mit einem einzigen Keim zu belegen. Deshalb müssen mehrere Keime nebeneinander in den Tiegelboden gelegt werden. An den Nahtstellen dieser Keime können wiederum Kristallfehler entstehen, die zu Korngrenzen und Versetzungen im erstarrten Material führen und sich nachteilig auf die Solarzeleigenschaften auswirken.

Hier setzt die Diplomarbeit von Ludwig Stockmeier an, die am Fraunhofer IISB in der Abteilung Kristallzüchtung unter Hochschulbetreuung von Prof. Dr. Peter Wellmann vom Lehrstuhl für Materialien der Elektronik und Energietechnik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg durchgeführt wurde. Als Student der Werkstoffwissenschaften untersuchte Herr Stockmeier systematisch, welche Auswirkungen die Vorgabe mehrerer Keime auf die Entstehung struktureller Defekte, wie Korngrenzen und Versetzungen, hat und wie sich deren Entstehung und Ausbreitung vermindern lässt. Dazu stellte er in einer Laborkristallzüchtungsanlage Siliziumkristalle nach dem Prinzip der gerichteten Erstarrung unter Vorgabe mehrerer Keime her. Dabei wurden die kristallographischen Orientierungsbeziehungen der Keime zueinander und in Wachstumsrichtung variiert.

Ein weiterer wichtiger Parameter war die Variation des Abstandes zwischen den Keimen, im Folgenden Spaltbreite genannt. Der Preisträger konnte zeigen, dass bei bestimmten Orientierungsbeziehungen der Keime untereinander der zwischen den Keimen befindliche Spalt nahezu defektfrei zuwächst. Die Kristallfehler, die sich im Spalt bilden, können sich – auch wenn es nur wenige sind – im weiteren Erstarrungsprozess jedoch ausbreiten und vervielfachen und somit die Materialeigenschaften erheblich nachteilig beeinflussen. Die Ausbreitung der Kristallfehler über die Kristallhöhe ist dabei sehr stark abhängig von der Spaltbreite und der Keimorientierung. Werden spezielle Orientierungsbeziehungen zwischen den Keimen eingestellt und wird die Spaltbreite optimal gewählt, kann die Bildung und Ausbreitung der Kristallfehler deutlich reduziert werden. Dadurch wurde eine wichtige Grundlage geschaffen, um durch eine gezielte Vorgabe von Keimen am Tiegelboden die Qualität des Siliziums bezüglich der den Wirkungsgrad-limitierenden Faktoren im industriellen Maßstab entscheidend zu verbessern.

**Ansprechpartner:**

Dr. Jochen Friedrich

Fraunhofer IISB

Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany

Tel.: +49-9131-761-270

Fax: +49-9131-761-280

E-Mail: info@iisb.fraunhofer.de

**Georg-Kurlbaum-Preis:**

Georg Kurlbaum (1902-1988) hat sich als Unternehmer und als Abgeordneter der SPD im deutschen Bundestag in den 1950er und 1960er Jahren in herausragender Weise für eine zukunftsweisende und sozial orientierte Wirtschaftspolitik eingesetzt. Entsprechend seinem Vermächtnis fördert die Kurlbaum-Stiftung:

- Studierende bzw. junge Wissenschaftler, die im Rahmen ihrer Masterarbeit, Promotion, Habilitation oder in freier und privater Forschung an konkreten Projekten bzw. Konzepten arbeiten, mit denen direkt oder indirekt ein Beitrag zur Erhaltung und/oder Verbesserung unserer Umwelt geleistet wird. Bevorzugt gefördert werden dabei Arbeiten zum Thema „Energiewende“ einschließlich „Energieeffizienz“. Preiswürdig in diesem Sinne sind Grundlagenforschungen, aber auch für die betriebliche Praxis unmittelbar umsetzbare Entwicklungen.
- Praktiker, die konkrete Lösungen für den beruflichen Alltag entwickelt haben, mit denen eine Verbesserung der Lebensverhältnisse im weiteren Sinne erreicht wird und die in vorbildlicher Weise Ökonomie und Ökologie vereinen. Gemeint sind der Umwelt dienende Maßnahmen, die wirtschaftlich zu vertreten sind, die also neben der Ausrichtung auf die Umwelt auch betriebs- und volkswirtschaftlichen Anforderungen gerecht werden. Bevorzugt gefördert werden auch hier Arbeiten zum Thema „Energiewende“ einschließlich „Energieeffizienz“.

**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 Läppprinzip  
Gattersägen nach dem Läppprinzip

**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**

## 22 Forschung für die Energiewende – Fraunhofer und Bergakademie weihen in Freiberg neues Kristallisations- und Wafertechnikum ein

J. Friedrich, Fraunhofer IISB Erlangen

Am Fraunhofer-Technologiezentrum für Halbleitermaterialien THM in Freiberg wurde am 7. März 2012 ein neues Kristallisations- und Wafertechnikum vor 150 geladenen Gästen aus Forschung, Industrie und Politik und zahlreichen Pressevertretern feierlich eröffnet. Das Fraunhofer THM ist eine gemeinsame Abteilung der Fraunhofer-Institute IISB in Erlangen und ISE in Freiburg und kooperiert mit der TU Bergakademie Freiberg und der Halbleiterindustrie, um den Standort Freiberg auf dem Gebiet der Elektronikmaterialherstellung zu unterstützen und zu stärken. Im neuen Technikum wird an Halbleitermaterialien mit verbesserten Eigenschaften und an effizienteren Fertigungsmethoden sowie neuen Elektronikwerkstoffen geforscht.



Diskussionsrunde anlässlich der Festveranstaltung des Fraunhofer THM. Von links nach rechts: Prof. Lothar Frey, Leiter des Fraunhofer IISB (Erlangen), Prof. Ulrich Buller, Vorstand Forschungsplanung der Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Dirk Meyer, Prorektor für Bildung der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Hans Joachim Möller, Leiter und Sprecher des Fraunhofer THM, Frau Angela Elis, Moderatorin, Dr. Jochen Friedrich, stellvertretender Leiter und Sprecher des Fraunhofer THM, Bernd-Erwin Schramm, Oberbürgermeister der Stadt Freiberg, Dr. Henry Hasenpflug, Sächsischer Staatssekretär für Wissenschaft und Kunst, Prof. Eicke Weber, Leiter des Fraunhofer ISE (Freiburg).

Bild: Fraunhofer THM/M. Borrmann

Das 2005 gegründete Fraunhofer-Technologiezentrum für Halbleitermaterialien THM ergänzt mit seiner Forschung die Entwicklungsaufgaben der in Freiberg konzentrierten Halbleiterindustrie. Nach mehr als zweijähriger Planungs- und Bauzeit wurde nun dort das Kristallisations- und Wafertechnikum für Halbleitermaterialien eingeweiht. Der neue Laborbereich samt Erstausrüstung, der etwa 10 Millionen Euro gekostet hat, wurde zu 60 Prozent aus EU-Mitteln des EFRE-Programms und zu jeweils 20 Prozent durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung und durch das Land Sachsen finanziert. Bis Ende des Jahres werden rund 20 Mitarbeiter am Fraunhofer THM beschäftigt sein. Forschungsschwerpunkte im neuen Technikum sind die kostengünstigere Herstellung von Kristallmaterialien und daraus gefertigten Wafern, z.B. Silizium für die Mikroelektronik und Photovoltaik sowie Galliumnitrid für die Energieelektronik, bei gleichzeitig verbesserten Materialeigenschaften.

Zur feierlichen Eröffnung in der Alten Mensa auf der Petersstraße in Freiberg nahmen bei der von aus dem Fernsehen bekannten Frau Angela Elis kurzweilig und lebendig moderierten Diskussionsrunde Dr. Henry Hasenpflug, Sächsischer Staatssekretär für Wissenschaft und Kunst, Bernd-Erwin Schramm, Oberbürgermeister der Stadt Freiberg, Prof. Dirk Meyer, Prorektor für Bildung der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Dr. Ulrich Buller, Vorstand Forschungsplanung der Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Eicke Weber, Leiter des Fraunhofer ISE, Prof. Lothar Frey, Leiter des Fraunhofer IISB, Prof. Hans Joachim Möller, Leiter und Sprecher des Fraunhofer THM sowie Dr. Jochen Friedrich, stellvertretender Leiter und Sprecher des Fraunhofer THM in Freiberg, teil.



Symbolische Eröffnung des Kristallisations- und Wafertechnikums am Fraunhofer THM.

Von links nach rechts: Dr. Jochen Friedrich, stellvertretender Leiter und Sprecher des Fraunhofer THM, Dr. Henry Hasenpflug, Sächsischer Staatssekretär für Wissenschaft und Kunst, Prof. Ulrich Buller, Vorstand Forschungsplanung der Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Bernd Meyer, Rektor der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Hans Joachim Möller, Leiter und Sprecher des Fraunhofer THM, Prof. Eicke Weber, Leiter des Fraunhofer ISE (Freiburg), Prof. Lothar Frey, Leiter des Fraunhofer IISB (Erlangen), Bernd-Erwin Schramm, Oberbürgermeister der Stadt Freiberg.

Foto: Fraunhofer THM/M. Borrmann

In der Diskussionsrunde wurde von Dirk Meyer, Professor für Physik und Prorektor für Bildung an der TU Bergakademie Freiberg, nochmals die enge Zusammenarbeit der TU Bergakademie Freiberg mit dem Fraunhofer-Technologiezentrum für Halbleitermaterialien THM herausgestellt. „Für das Bestreben der Bergakademie, im Materialbereich in Forschung und Lehre eine abgeschlossene Innovationskette von der Mineralogie über die Festkörperphysik und Chemie bis hin zur Werkstofftechnologie zu erhalten und weiterzuentwickeln, bedeutet unsere Zusammenarbeit mit dem THM eine gelungene Synthese von akademischer Forschung und Lehre und technologischer Anwendung“, so Prof. Meyer.

Dr. Jochen Friedrich, stellvertretender Leiter und Sprecher des Fraunhofer THM in Freiberg, betonte in seinem Plädoyer nochmals die Bedeutung der Kristallmaterialien für die Energiewende: „Die von der Bundesregierung eingeleitete Energiewende in Deutschland wird große Anstrengungen in allen gesellschaftlichen Bereichen erfordern. Neben der eigentlichen Gewinnung regenerativer Energien besitzt dabei die intelligente und sichere Verteilung sowie die Einsparung elektrischer Energie eine besondere Bedeutung. All dies wird sich nur durch maßgeschneiderte Lösungen in der Mikro- und Leistungselektronik realisieren lassen. Eine Schlüsselposition nehmen hierbei hochqualitative und kostengünstige Elektronik-Werkstoffe ein, die in Form von Kristallmaterialien und daraus gefertigten Wafern eingesetzt werden“.

Nach der Festveranstaltung ging es zum Fraunhofer THM, das sich in unmittelbarer Nähe zur Freiburger Halbleitermaterialindustrie befindet. Dort wurde in einem symbolischen Akt das neue Kristallisations- und Wafertechnikum eröffnet.

Anschließend konnten die Gäste sich bei einer Führung durch die Räumlichkeiten ein Bild von den neuen Technikumsanlagen und Analysegeräten machen.



Die Festveranstaltung begann in entspannter Atmosphäre mit einem Mittagsbuffet und der Möglichkeit, sich intensiv auszutauschen. Von links nach rechts: Herr Schneidewind Geschäftsführer Freiburger Compound Materials im Gespräch mit Dr. Ulrike Wunderwald, Fraunhofer THM, und Dr. Olf Pätzold, TU Bergakademie Freiberg

Foto: Fraunhofer THM/M. Borrmann

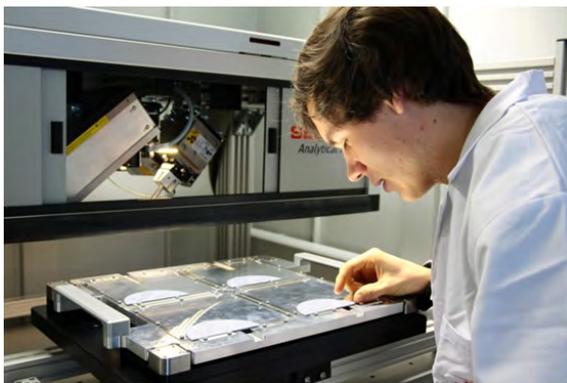


Bei der Führung konnten sich die Gäste über die Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Herstellung von Elektronik-Werkstoffen am Fraunhofer THM informieren.

Foto: Fraunhofer THM/M. Borrmann

## Forschungs- und Entwicklungspreis 2011 des Fraunhofer IISB für präzise, schnelle und großflächige Gefügeanalyse von Solarzellen

Dr. Elke Meissner, Dr. Christian Reimann, Dipl.-Ing. Matthias Trempa, Dipl.-Ing. Tobias Geiger vom Fraunhofer IISB sowie Dipl.-Ing. Toni Lehmann vom Fraunhofer THM haben ein neues Messverfahren für die präzise, schnelle und großflächige Gefügeanalyse, speziell von multikristallinen Siliziumwafern, entwickelt. Dafür wurden sie mit dem Forschungs- und Entwicklungspreis 2011 des Fraunhofer IISB ausgezeichnet. Mit dem neuen Verfahren lässt sich ein gesägter multikristalliner Siliziumwafer mit  $156 \times 156 \text{ mm}^2$  hinsichtlich der Kornstruktur, Kornorientierungen und Korngrenzenbeziehungen innerhalb von Minuten vermessen.



Einer der Preisträger, Toni Lehmann vom THM Freiberg, bei der Bestückung des Laue-Scanners mit Forschungsproben.

Foto: Fraunhofer THM

Die Erzeugung von Photovoltaikstrom erfolgt heutzutage zum Großteil mittels Siliziumsolarzellen. Für deren Fertigung werden Siliziumscheiben („Wafer“) benötigt, die eine möglichst hohe Materialqualität aufweisen, aber in der Herstellung möglichst kostengünstig sind. Einen guten Kompromiss aus diesen Anforderungen stellen sogenannte multikristalline Siliziumkristalle dar, die aus einer Siliziumschmelze durch das Prinzip der gerichteten Erstarrung gezüchtet werden. Bedingt durch den Herstellungsprozess kommt es in den Kristallen zur Ausbildung einer sogenannten multikristallinen Gefügestruktur. Die wichtigsten Gefügeparameter sind dabei die Größe und Orientierung der Körner sowie die Korngrenzenbeziehung zwischen den einzelnen Körnern. Diese Gefügeparameter sind in großem Maße

mitentscheidend für die elektrischen Eigenschaften der aus den Kristallen gefertigten Solarzellen. Vor diesem Hintergrund ist es für die Material- und Solarzellenentwicklung notwendig, das Gefüge der Siliziumwafer schnell, zerstörungsfrei und zuverlässig zu messen, statistisch über den gesamten Block zu erfassen und grafisch auszuwerten. Bislang existierte jedoch noch kein Verfahren, welches diese Daten auf Waferskala, also bei Abmessungen von  $156 \times 156 \text{ mm}^2$ , in akzeptabel kurzen Messzeiten liefern konnte. Diese Informationen wurden bisher nur an kleinen, aufwändig präparierten Proben von  $10 \times 50 \text{ mm}^2$  mittels Electron Back Scatter Diffraction (EBSD) am Rasterelektronenmikroskop mit langen Messzeiten von mehreren Stunden gewonnen.

Das Fraunhofer-Team hat nun ein neues Messverfahren entwickelt, um vollflächig auf gesägten Waferoberflächen Kornstruktur, Kornorientierungen und Korngrenzenbeziehungen von multikristallinem Silizium messen zu können. Mit dem neuen Verfahren lässt sich ein Messpunkt auf einem multikristallinen Siliziumwafer der Standardgröße  $156 \times 156 \text{ mm}^2$  innerhalb von fünf Sekunden messen. Das Verfahren besteht aus der Kombination und Verknüpfung zweier Geräte, einem sogenannten Korndetektor der Firma Intego GmbH aus Erlangen sowie einem Laue-Scanner von der Firma GE Sensing & Inspection Technologies GmbH aus Ahrensburg. Das erstgenannte Gerät nimmt durch eine geeignete Beleuchtung die Kornstruktur auf, bestimmt die Schwerpunkte der Körner und definiert auf diese Art und Weise Messpunkte für den Laue-Scanner. Der Laue-Scanner, dessen Herzstück ein großflächiger Röntgendetektor ist, bestimmt in 5 sec pro Messpunkt die relevanten röntgenographischen Daten an den im Korndetektor vordefinierten Messpunkten. Diese

**24** Daten werden wiederum an den Korndetektor übergeben, dort statistisch ausgewertet und visualisiert.

Das neue Verfahren wurde mittels EBSD-Messungen validiert und steht jetzt für Waferhersteller, Anlagenbauer und Zellhersteller zur Verfügung. Die neue Methode wird von den Kunden als besonders wichtig erachtet, um ihre Waferherstellungsprozesse in Hinblick auf die sogenannte Quasimonoherstellung zu optimieren und die Textur zur Vermeidung der Reflexionsverluste

auf die verbesserte Kornstruktur zu übertragen.

**Ansprechpartner:**

Dr. Jochen Friedrich

Fraunhofer IISB

Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany

Tel.: +49-9131-761-270

Fax: +49-9131-761-280

E-Mail: info@iisb.fraunhofer.de

## Bessere Solarzellen durch Weltraumexperimente

Um den Partikeleinbau bei der Züchtung von Siliziumkristallen für die Photovoltaik besser zu verstehen, bereiten Forscher vom Fraunhofer IISB in Erlangen gerade das Weltraumexperiment ParSiWal vor. Das Experiment soll klären, durch welche Mechanismen für die Materialeigenschaften nachteilige Siliziumkarbid-Partikel bei der Kristallisation in den Siliziumkristall eingebaut werden. Das Experiment wird 2013 auf der deutschen Forschungsrakete TEXUS 51 stattfinden – genau 30 Jahre nach dem ersten Erlanger Weltraumexperiment, das 1983 vom Wissenschaftsastronauten Ulf Merbold auf dem Space Shuttle während der 1. Spacelab-Mission durchgeführt wurde.



Start der Forschungsrakete TEXUS 48 am 27.11.2011 in Esrange bei Kiruna in Nordschweden.

Foto: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. / Dr. Otfried Joop

Bei der industriellen Produktion von multikristallinen Siliziumblöcken für die Photovoltaik spielen Partikel in Form von Siliziumkarbid (SiC) eine große Rolle. Diese sind aufgrund ihrer gegenüber Silizium größeren Härte problematisch für die anschließende mechanische Bearbeitung. Zudem können sie in Solarzellen zu Kurzschlussströmen führen und damit den Wirkungsgrad verschlechtern. Der Einbau dieser Partikel in den Siliziumkristall muss deshalb vermieden werden. Die SiC-Partikel entstehen normalerweise während der Kristallisation in Folge eines Eintrages von Kohlenstoff über die Gasatmosphäre in die Siliziumschmelze beim Überschreiten der Löslichkeitsgrenze.

Die Partikel schwimmen in der 1400 °C heißen Schmelze, bewegen sich mit der Schmelzkonvektion durch das Schmelzvolumen und können schließlich in den Festkörper eingebaut werden.

Verschiedene theoretische Arbeiten sagen vorher, dass der Einbau der Partikel von der Geschwindigkeit abhängt, mit der der Kristall erstarrt. Ist die Wachstumsgeschwindigkeit kleiner als ein kritischer Wert, sollten die Partikel theoretisch vor der festflüssig Phasengrenze hergeschoben werden. Wird der kritische Wert überschritten, werden sie von der sich bewegenden Phasengrenze eingefangen und in den Kristall eingebaut. Wendet man diese für metallische Legierungen anerkannten Theorien auf Siliziumkristalle an, die im Labor auf der Erde gezüchtet werden, dürften diese eigentlich nie die nur wenige Mikrometer großen SiC-Partikel enthalten, da die Wachstumsrate des Kristalls so klein ist, dass die Partikel immer vor der Phasengrenze hergeschoben werden müssten. Dies widerspricht aber voll und ganz den experimentellen Beobachtungen und der Realität in den industriellen Prozessen.

Hier kommt nun die Schwerelosigkeit ins Spiel. Die Schwerkraft hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Strömung in der Siliziumschmelze, die ihrerseits wiederum die Verteilung der Partikel im Schmelzvolumen bestimmt. Die Schwerkraft wirkt auch direkt auf die Partikel und lässt sie beispielsweise absinken, wenn die Partikel eine höhere Dichte besitzen als die Schmelze, was bei den SiC-Partikeln in der Siliziumschmelze auch der Fall ist. Im Weltall unter Schwerelosigkeit sind diese schwerkraftgetriebenen Effekte jedoch ausgeschaltet. Das verringert die Komplexität der Vorgänge erheblich und erleichtert damit auch deren physikalische Beschreibung. Somit kann unter Schwerelosigkeit geprüft werden, ob die existierenden Theorien für den Partikeleinfang auch bei Silizium gültig sind oder ob diese Theorien für Silizium erweitert werden müssen, um bislang noch nicht berücksichtigte physikalische Effekte zu erfassen.

Das Akronym ParSiWal steht für „Bestimmung der kritischen Einfanggeschwindigkeit von Partikeln bei der gerichteten Erstarrung von Solarsilizium im Weltall“. ParSiWal ist eines der wissenschaftlichen Experimente, die während des Fluges der Forschungsrakete TEXUS 51 durchgeführt werden. In dem seit 1976 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung

(BMBF) und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über das DLR-Raumfahrtmanagement geförderten TEXUS-Programm („Technologie-Experimente unter Schwerelosigkeit“) wird mit Hilfe von Forschungsraketen für etwa sechs Minuten Experimentierzeit eine annähernde Schwerelosigkeit erreicht. Die Forschungsrakete startet von Esrange bei Kiruna in Nordschweden und erreicht in ihrem ballistischen Flug eine Gipfelhöhe von bis zu 270 Kilometern. Die Nutzlast landet etwa 20 Minuten nach dem Start am Fallschirm und wird anschließend per Hubschrauber geborgen.

Das ParSiWal-Experiment wird in einer mit Lampen beheizten Ofenanlage, der sogenannten ELLI-Anlage, durchgeführt. Die Anlage wurde bereits mehrfach erfolgreich als Nutzlast in Texas-Raketen für Kristallzüchtungsexperimente eingesetzt. Vor der Mission wird dazu ein zylindrischer Siliziumstab mit 8 Millimetern Durchmesser in die Ofenanlage eingesetzt, der ein Depot an Partikeln unterschiedlicher Größe enthält. Kurz nach Erreichen der Schwerelosigkeit wird in dem Siliziumstab in der Umgebung des Partikel-Depots durch eine Induktionsspulenheizung eine flüssige Schmelzzone erzeugt. Nachdem die Partikel durch sogenanntes Magnetfeldrühren in der Schmelzzone verteilt werden, wird der Siliziumstab verfahren. Dadurch bewegt sich die Schmelzzone durch den Stab und somit auch die Fest-flüssig-Phasengrenze. Durch Variation der Verfah- bzw. Kristallisationsgeschwindigkeit während des Fluges hoffen die Fraunhofer-Forscher, die kritische Einfanggeschwindigkeit für die Partikel bestimmen zu können. Vor dem Ende der schwerelosen Flugphase wird die Lampenheizung ausgeschaltet, so dass die Schmelzzone komplett erstarrt, bevor die Nutzlast am Fallschirm wieder auf der Erde landet. Die Auswertung des Experimentes erfolgt dann im Labor, wo zum Beispiel die Partikelverteilung im Siliziumstab vermessen wird.

Bis zum Flug ist einiges vorzubereiten, damit das Experiment reibungslos ablaufen kann. Es müssen verschiedene Siliziumstäbe für Voruntersuchungen, für Referenzexperimente auf der Erde und für das eigentliche Flugexperiment vorbereitet werden. Darüber hinaus sind die Charakterisierungsmethoden zu etablieren, um später das Flugexperiment auswerten zu können. In Voruntersuchungen im Labor müssen verschiedene Versuchsparameter ausgetestet werden, so dass sich ein optimaler Pro-

zessablauf für das TEXUS-Experiment ergibt. Parallel zu den Experimenten gilt es, durch die Entwicklung geeigneter Theorien und Simulationstechniken ein tiefergehendes Verständnis über die Wechselwirkung zwischen den Partikeln und der sich bewegenden Phasengrenze zu gewinnen.

All diese Arbeiten erfordern unterschiedlichste Kompetenzen und Erfahrungen. Deshalb kooperieren die Forscher vom Fraunhofer IISB mit den Experten vom Kristallographischen Institut der Universität Freiburg, die bereits mehrfach Siliziumkristalle unter Schwerelosigkeit gezüchtet haben, und mit Wissenschaftlern vom Lehrstuhl für Material- und Prozesssimulation der Universität Bayreuth sowie vom Institut für Chemische Verfahrenstechnik und Materialwissenschaft der Universität von Minnesota, USA. Die Teams aus Bayreuth und Minnesota sind ausgewiesene Spezialisten in der numerischen Modellierung, speziell in der Mehrskalensimulation, die notwendig ist, um die Wechselwirkung der Partikel mit der sich bewegenden Phasengrenze beschreiben zu können.

Das ParSiWal-Projekt ist Bestandteil des Programms Forschung unter Weltraumbedingungen des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt e.V. (DLR) und wird vom DLR-Raumfahrtmanagement für die nächsten drei Jahre mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

Für die Erlanger Forscher wird es das 8. Weltraumexperiment auf dem Gebiet der Kristallzüchtung seit 1983 sein. Zudem wird die in Erlangen am Fraunhofer IISB entwickelte Software CrysMAS<sup>®</sup>, die Temperaturverteilungen in Ofenanlagen berechnet und ein aufwendiges Qualifizierungsverfahren bei der Europäischen Raumfahrtagentur ESA durchlaufen hat, seit nunmehr einigen Jahren erfolgreich von Experimentatoren aus ganz Europa eingesetzt, um materialwissenschaftliche Experimente auf der Internationalen Raumstation zu unterstützen.

#### **Ansprechpartner:**

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

## **Neue Mitglieder 2011/2012**

Wir begrüßen ab dem 01.12.2011 als neue Mitglieder (Stand 11.05.2012):

Herr Prof. Thomas Hannappel	Technische Universität Ilmenau
Herr M.Sc. Krzysztof Kachel	Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) Berlin
Herr Dr. Manfred Kaiser	Mering
Herr Dr. Sylla Lamine	Solarworld Innovations GmbH Freiberg
Herr Dipl.-Min. Alexeev Pavel	Bosch Solar Wafers GmbH Arnstadt
Herr Dr. Mikael Syväjärvi	Linköping University Schweden
Herr Dr. Thomas Wagner	Intego GmbH Erlangen
Frau Dip.-Ing. Natalija van Well	Goethe-Universität Frankfurt/Main
Herr Dipl. Min. Michael Woll	Universität zu Köln

## 26 20 Jahre Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)

Am 20. März 2012 feierte das Leibniz-Institut für Kristallzüchtung sein 20-jähriges Jubiläum. Das IKZ wurde offiziell zum 1. Januar 1992 mit 52 Mitarbeitern als Serviceeinrichtung in der Blauen Liste gegründet. Es ging aus dem Technikum für Kristallzüchtung des ehemaligen Zentrums für wissenschaftlichen Gerätebau (ZWG) der Akademie der Wissenschaften der DDR hervor. Darüber hinaus wurde die Gruppe „Züchtung von II-VI-Kristallen“ des Zentralinstituts der Elektronenphysik (ZIE) sowie die Oxidkristallzüchtung des Zentralinstituts für Optik und Spektroskopie (ZOS) der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR aufgenommen.

Höhepunkt der Veranstaltung waren die offiziellen Reden von Zeitzeugen und Wissenschaftlern, die eng mit dem IKZ verbunden waren oder es bis heute noch sind. Herr Prof. Wenzl gab einen Einblick in die „wilde“ Gründerzeit, in der er als damaliger Vorsitzender der DGKK die Vereinigung der Kristallzüchter aus Ost und West erlebte. Als Vorsitzender des Gründungskomitees begleitete er das IKZ von der ersten Idee für ein Institut aus Teilen der Akademie bis hin zu den konkreten Verhandlungen, die in der Folge zur Gründung führten. Dr. Falk Fabich ergänzte die Geschichte aus seiner Sicht als Geschäftsführer des Forschungsverbands Berlin e.V., Träger von acht wissenschaftlichen Instituten - darunter das IKZ. Ursprünglich nur für eine Übergangszeit von zwei Jahren eingerichtet, hat sich dieses Verbundmodell als überaus erfolgreich erwiesen und besteht auch heute noch. Die Bündelung der Aufgaben in einer gemeinsamen Verwaltung leistete in der Anfangszeit für die Institute eine wertvolle Unterstützung: Personalverträge mussten erstellt und abgeschlossen werden, das Finanz- und Rechnungswesen wurde aufgebaut, Bestellvorgänge wurden erledigt, auch wenn der Weg zum nächsten Faxgerät manchmal bis in einen anderen Stadtbezirk führte. Auf diese Weise konnten sich die Institute besser ihren inhaltlichen Aufgaben widmen, dazu gehörte auch die Suche nach einem Direktor für das neue Institut für Kristallzüchtung.

Diesem ersten Direktor, Herrn Professor Winfried Schröder, war ein großer Teil der Veranstaltung gewidmet. Herr Dr. Riemann schilderte die erste Zeit nun aus der Sicht des Wissenschaftlers und Kollegen. Er veranschaulichte die damalige Situation, in der es damals die Auflösung der Akademie zu bewältigen galt und die Anstrengungen, die erforderlich waren, um die Kompetenz und das Wissen - also die Menschen - in dem neuen Institut zu halten. Dieses Engagement trug maßgeblich zur Etablierung

des IKZ als anerkanntem Institut in der wissenschaftlichen Welt bei. Zum Gedenken an Winfried Schröder und in Anerkennung seiner Leistungen soll auch die Tafel beitragen, die auf der Feier im Beisein seiner Witwe Edith Schröder enthüllt wurde und die jetzt im Foyer des Instituts ihren Platz gefunden hat.

Die Feier sollte jedoch nicht nur einen wichtigen Rückblick auf die Gründungszeit, sondern auch die Perspektiven für die Zukunft des Instituts zeigen. Unverändert bleibt der Auftrag des IKZ – Forschung, Service und Ausbildung – den das Institut auf höchstem Niveau erfüllt. Erneut betonte Prof. Fornari die Bedeutung der kristallinen Materialien für unser Leben und die Gesellschaft. Es sei bedauerlich, dass an vielen Hochschulen die Lehrstühle für Kristallographie gestrichen worden seien, obwohl von Seiten der Industrie durchaus ein Bedarf an Wissenschaftlern und Mitarbeitern besteht, die die Grundlagen und die Technologie der Kristallzüchtung beherrschen. Durch die engere Zusammenarbeit mit den Universitäten wird das IKZ diese Ausbildungsmöglichkeiten kontinuierlich weiter ausbauen. Die anwendungsorientierte Forschung bezeichnete Prof. Fornari als Schlüssel zum hochqualitativen Service, der immer häufiger von Hochschulen und der Industrie in Anspruch genommen wird.

Der zweite Teil der Veranstaltung fokussierte sich daher auf wissenschaftliche Themen. Die Entwicklung von Züchtungstechnologien und die Kristallzüchtung von ein- und multikristallinem Silizium stellt traditionsgemäß eine der Säulen des IKZ dar. Herr Dr. Wilfried von Ammon fasste in seinem Vortrag die neuen Tendenzen in der Kristallzüchtung von Silizium zusammen und gab einen interessanten Einblick in die verschiedenen Züchtungsmethoden und die gegenwärtigen Herausforderungen auf diesem Gebiet. Anschließend führte Prof. Darell Schlom von der Cornell University die Zuhörer auf ein weiteres aktuelles Forschungsgebiet, das sogenannte Strain-Engineering. Die Abscheidung von Oxidschichten mit einer definierten Fehlanpassung zur Gitterkonstante des Substrats führt zu Verspannungen, durch die die physikalischen Eigenschaften der Schichten gezielt variiert werden können.

Auf diese Weise können beispielsweise ferroelektrische SrTiO<sub>3</sub>-Schichten erzeugt werden, obwohl das Material an sich keine ferroelektrischen Eigenschaften aufweist. Die spannenden Forschungsergebnisse, die in Kooperation mit der Gruppe Oxide am IKZ entstanden sind, könnten neue Wege in der Oxidelektronik eröffnen.

Die Feier schloss mit einem geselligen Teil und weiteren anregenden Diskussionen.



Prof. Wenzl (Bildmitte), der Vorsitzende des Gründungskomitees für das IKZ, im Gespräch mit Prof. Reif von der BTU Cottbus (links) und Herrn Weissenburg (rechts), der bis 2003 die Leitung der Konstruktion am IKZ inne hatte.

Foto: IKZ



Prof. Schlom (Cornell University, Ithaca, NY, USA) bei seinem Vortrag über die faszinierende Welt des Strain-Engineering mit Oxidschichten.

Foto: IKZ

## DGKK-Fokus

# Überlegungen zur Situation der Materialwissenschaften im allgemeinen und der Kristallzüchtung im besonderen

A. Winnacker

Centre for Advanced Materials Universität Heidelberg

Lehrstuhl Werkstoffe der Elektronik und der Energietechnik der Universität Erlangen

Bei dem Stichwort „Situation der Kristallzüchtung“ kommen den meisten von uns gewisse Probleme in den Sinn: Probleme der Förderung, Probleme der Sichtbarkeit und Außenwirkung, Probleme der Ausbildung, vielleicht auch der Abgrenzung (was gehört eigentlich alles dazu?). Darüber wollen wir in dieser Sitzung, so offenbar der Wunsch der Organisatoren, etwas nachdenken und diskutieren. Wir sind den Organisatoren zu Dank verpflichtet, dass sie dieses für unser Fach und - wie wir überzeugt sind – für die Technologieentwicklung in Deutschland und für unsere DGKK wichtige Thema auf die Tagesordnung genommen haben. Meinen Auftrag sehe ich darin, einen Startpunkt für eine Diskussion über die genannten Punkte zu markieren.

### 1. Fördersituation

Wenn wir den Verlautbarungen aus Politik und Wirtschaft glauben, müsste uns an sich um die Werkstoffforschung generell in Deutschland nicht bange sein.. Im Rahmenprogramm des BMBF „Werkstoffinnovationen“ für Industrie und Gesellschaft – WING“ heißt es gleich zu Beginn: *„Es scheint kaum etwas zu geben, was die Gesellschaft so prägt wie die Technik, und kaum etwas, was die Technik so prägt wie der Werkstoff.“* Und einige Sätze weiter: *„Die Materialforschung – zusammen mit den relevanten Gebieten der Chemie, der Nanotechnologie und der Verfahrenstechnik – kann deshalb in ihrer Bedeutung gar nicht hoch genug eingeschätzt werden. Neuartige Werkstoffe wirken in der Industriegesellschaft zunehmend als Wegbereiter für Wohlstand und Arbeitsplätze und verbessern die Wettbewerbsfähigkeit technologieorientierter Unternehmen.“*

Ich denke, es fällt nicht schwer, in diesem Kreise schon gar nicht, auch die Kristallzüchtung als Motor von Innovationen zu sehen. Sie kann mit einigen überzeugenden Belegen dafür aufwarten!

**1.** Auf der Basis der nitridischen Halbleiter AlN, GaN und InN können jetzt blaue und effiziente grüne Leuchtdioden hergestellt werden und damit über Konversionsleuchtstoffe auch weiße. Das hat große Bedeutung für die Technologiefelder Displays und Lighting. Halbleiterlaser sind bis in den blauen Spektralbereich hinein verfügbar. „Blue-ray“ ist auch unter wirtschaftlichem Gesichtspunkten ein wichtiges Ergebnis dieser Entwicklung. Es gibt Anzeichen dafür, dass nach dem Verbot der Glühlampe die Generation der Energiesparlampen wegen gravierender Probleme weitgehend übersprungen werden wird und wir direkt in das Zeitalter der LED – und OLED-Beleuchtung übergehen, letzteres übrigens auch das Ergebnis von Materialentwicklung.

**2.** Für das Hybridauto – das Elektroauto lassen wir als ferne Zukunftsvision einmal außen vor – spielt die Leistungselektronik und mit ihr das SiC eine bedeutende Rolle. Auch für die Hochtemperaturelektronik und für hohe Frequenzen bietet SiC ein bedeutendes Potential, das mit der immer besseren Verfügbarkeit des Materials auch zunehmend genutzt werden wird. Die 6-Zoll-Scheibe steht vor der Einführung, ein Triumph der

Kristallzüchtung.

**3.** Selbst im Zusammenhang mit dem Si, dem Klassiker, gibt es kristallzüchterische Innovationen von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Denken Sie an die stürmische Entwicklung im Bereich des Solarsiliziums, die wir gerade hier in Freiberg vor Augen haben.

Das sind spektakuläre Beispiele. Von Herrn Rudolph hörte ich gestern die Idee, man solle einmal ein modernes Auto oder ein Flugzeug darstellen und markieren, wo darin überall Kristalle eine Rolle spielen. Es käme wahrscheinlich eine eindrucksvolle Darstellung der technisch-wirtschaftlichen Bedeutung der Kristallzüchtung heraus.

Das Rahmenprogramm des BMBF und entsprechende Verlautbarungen haben also recht, wenn sie in der FuE der Funktionsmaterialien ein hohes wissenschaftliches und zugleich wirtschaftliches Interesse sehen, und die Kristallzüchtung als Teilgebiet darf das besonders auch für sich in Anspruch nehmen und muss das in ihrer Außendarstellung auch zur Geltung bringen. Dennoch muss man zunächst einmal als Problem feststellen:

**Reine Materialentwicklung und -herstellung ist selten wirtschaftlich rentabel.**

Auch das Rahmenprogramm kommt zu dieser Diagnose, die so glaube ich, an den Kern der Förderproblematik rührt: *Investitionen in die Materialforschung, so heißt es dort haben häufig einen grundsätzlichen Nachteil. Vielfach partizipiert der Werkstoffhersteller nur geringfügig an der späteren, oft hohen Wertschöpfung im Bauteil bzw. System, obwohl bei ihm der überwiegende FuE-Kostenanteil anfällt. Zudem benötigt der Markt meist nur geringe Werkstoffmengen, insbesondere bei Funktionswerkstoffen und Schichtmaterialien. Dies sind gravierende Investitionshemmnisse. Sie müssen durch partnerschaftliche Kooperationen in den Forschungsprojekten oder durch eine spätere Erfolgsbeteiligung überwunden werden.*

In diesem Zitat ist richtig das Problem angesprochen, dass der Werkstoff in der Regel nur die unterste Stufe der Wertschöpfungskette darstellt. Das Beispiel des Halbleitermaterials SiC soll die Situation illustrieren. An der Basis der Wertschöpfungskette steht die Herstellung von SiC-Einkristallen und den daraus geschnittenen Scheiben („Wafern“), wie sie beispielsweise von der Cree Corporation in den USA und der SiCrystal AG in Deutschland (Erlangen, jetzt Nürnberg) für den Weltmarkt geliefert werden. Auf der Basis dieses Werkstoffs stellen dann Bauelementlieferanten wie ehemals die SICED GmbH Erlangen oder die Infineon AG Bauelemente wie Schottky-Dioden oder Schaltelemente für hohe Ströme und Spannungen her. Diese Bauelemente wiederum sind Bestandteile von Systemen in Werkzeugmaschinen, Automobilelektronik und Antrieben, wie sie von großen Systemhäusern wie Siemens und Bosch auf den Markt gebracht werden. Hier ist in Zukunft mit starkem Einsatz von SiC-Komponenten zu rechnen.

Das Problem für die Entwicklung der neuen Funktionsmaterialien-

28 en liegt nun oft darin, dass die Industrie in Deutschland in der Regel nicht entlang der gesamten Wertschöpfungskette integriert ist, wie das beispielsweise in Japan häufig der Fall ist. Vielmehr werden die einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette von getrennten Herstellern abgedeckt. Wieder sollen die Verhältnisse am Beispiel des SiC-Marktes illustriert werden. Die Firma Cree Corporation in den USA ist Hersteller des Grundmaterials SiC und der darauf basierenden Bauelemente zugleich. Die Firma SiCrystal AG in Nürnberg liefert ausschließlich das Grundmaterial, das dann vom Bauelementhersteller und weiter vom Systemhaus genutzt wird. Auch andere Halbleiterhersteller, wie FCM hier in Freiberg, verfolgen dezidiert diese Strategie, welcher der Gedanke zugrunde liegt, man solle nicht Konkurrent der eigenen Kunden sein. Die Konsequenz dieser fehlenden vertikalen Integration ist, dass die Herstellung auf jeder Stufe rentabel sein soll. Für die Materialentwicklung und –herstellung ist dies aber eine sehr problematische und in Grunde auch sachfremde Forderung. Die Materialherstellung selbst stellt eine Schlüsseltechnologie dar, die in der Regel nur ein kleines Marktvolumen repräsentiert, auf dem u.U. ein um Größenordnungen umfangreicherer Markt aufbaut. Insofern ist die Forderung, dass die Materialentwicklung und –herstellung selbst rentabel sein soll, eigentlich unsinnig. Ihre Rentabilität muss aus der Rentabilität der Bauelemente und der darauf aufbauenden Systeme gespeist werden.

Hinzu kommt, dass die Materialforschung sich häufig in einem anderen Zeitmaßstab vollzieht als die Produktentwicklung. Sie ist häufig Vorfeld- und Grundlagenforschung von entsprechend langfristigerem Charakter.

Diese Situation der Materialforschung, die insbesondere auch auf die Kristallzüchtung weitgehend zutrifft, ist im Zitat aus dem Rahmenprogramm an sich richtig wiedergegeben, es werden aber nicht konsequent die Folgerungen daraus gezogen, wenn es zum Schluss nur heißt: *Dies sind gravierende Investitionshemmnisse. Sie müssen durch partnerschaftliche Kooperationen in den Forschungsprojekten oder durch eine spätere Erfolgsbeteiligung überwunden werden.*

Das BMBF fördert letzten Endes Systeme. Die Glieder am oberen Ende der Wertschöpfungskette sind die Systemfirmen, Siemens, Bosch, die Automobilfirmen, Kommunikationsfirmen. Die „partnerschaftliche Kooperation“ mit dem Bauelement-Hersteller oder gar dem „Systemhaus“, die im Rahmenprogramm postuliert wird, gelingt selten, wie viele von uns hier aus eigener Erfahrung bestätigen können. Diese müssten ja einen Teil der Förderung teilen und setzen diesem bedauerlichen Opfer die Erwartung entgegen, dass das Material schon irgendwie vom Himmel fällt. Die Vorstellung gar, die Firma Osram könne mit einem Entwickler und Hersteller von GaN ein Abkommen über eine spätere Erfolgsbeteiligung schließen, übersteigt meine Phantasie, nicht aber offenbar die eines Ministerialrats im BMBF, offenbar ein mit stärkerer Phantasie begabter Berufsstand! Die öffentlichen Fördereinrichtungen müssen den Weg zurückfinden zu einer stärkeren direkten Förderung des Materials. Große Förderprogramme zur Entwicklung eines bestimmten Materials oder Materialtyps wie z.B. GaN oder die photorefraktiven Materialien, wie sie in den USA immer wieder aufgelegt werden, existieren bei uns nicht.

Es ergeben sich aus dieser Situation die folgenden Grundsätze einer vernünftigen, an die deutschen Verhältnisse angepassten Förderpolitik, zutreffend auch für die Kristallzüchtung:

1. Da die werkstoffrelevante Industrie ist i.a. nicht vertikal integriert ist, somit muss die Förderpolitik gezielt die Materialbasis einschließen. Sie muss alle Aspekte, also Werkstoff, Bauelement und System umfassen.
2. Der Werkstoff muss als Schlüsseltechnologie gesehen werden, d.h. die Förderung der Materialforschung darf sich nicht kurzfristig an Gewinn- und Arbeitsplatzzahlen am unteren Ende der Wertschöpfungskette orientieren.
3. Die Werkstoffforschung muss in besonderer Weise langfristig angelegt sein und Grundlagenforschung mit umfassen.
4. Die Werkstoffforschung benötigt einen zeitlichen Vorlauf vor der Bauelement- und Systementwicklung. In dieser Phase kann die Förderpolitik noch keinen vollen Einsatz von Bauelement- und Systemindustrie erwarten.
5. Die Förderpolitik darf angesichts des explorativen Charakters der Werkstoffforschung nicht vorzeitig auf einen Partner und ein Verfahren setzen. Entgegen der gängigen Förderpolitik ist auf diesem Gebiet Pluralismus gefragt. Es hat sich in der Vergangenheit immer wieder als ein Fehler erwiesen, dass das BMBF in seiner Förderpolitik nur auf einen Partner setzen will, vor allem dann, wenn es nach gründlicher Prüfung und langem Nachdenken der falsche war. Prof. Eicke Weber hat in der Eröffnungsveranstaltung mit Recht von der positiven Konkurrenz gesprochen, die auch in der Forschung walten muss!

## 2. Sichtbarkeit und Außenwirkung

Es ist eine wichtige Aufgabe für die Fachgesellschaften, solche Überlegungen zur wissenschaftlichen Förderpolitik zu vertreten und in die öffentliche Diskussion möglichst wirksam einzubringen. Was kann die DGKK dazu beitragen? Nun, die DGKK ist eine der wenigen funktionierenden Fachgesellschaften, aber: Sie ist fein, aber klein. Man braucht in einem System wie der deutschen und mehr noch der europäischen Förderszene, wo ein großes Rad gedreht wird, starke Verbündete. Man muss, wie es so schön heißt, „vernetztes“ sein. **Über ihre Vernetzung muss die DGKK nachdenken.** Unter diesen Umständen wirkt es sich nachteilig aus, dass es in Deutschland eigentlich keine nationale Materialforschungsgesellschaft gibt. Die DGM (die deutsche Gesellschaft für Materialkunde) hat sich zwar vor etlichen Jahren von dem Namen „Deutsche Gesellschaft für Metallkunde“ verabschiedet, aber inhaltlich ist wenig geschehen, sie kann ihre Herkunft nicht verleugnen. Auch die DVM (Deutscher Verband für Materialforschung und –prüfung) fühlt sich weitgehend den Konstruktionswerkstoffen verpflichtet. Diese Fokussierung auf die Konstruktionswerkstoffe (Stahl, Beton, Leichtbau... ) strahlt auch auf eine an sich für uns interessante Institution aus, die acatech (die deutsche Akademie für Technikwissenschaften), die sich unter ihrem Gründer Milberg sehr wirksam als Technologieberater der Regierung in Szene gesetzt hat. Sie hat im Rahmen ihres „Themennetzwerks Materialien“ eine Studie zur Situation der Materialforschung in Deutschland publiziert, in der ich selbst für die Werkstoffe der Elektrotechnik zu Wort gekommen bin, aber der starke Fokus auf die Konstruktionswerkstoff war nicht zu vermeiden.

Unsere „kleine aber feine“ DGKK steht also vor der Frage: Soll sie versuchen, den deutschen Fachgesellschaften eine stärkere Fokussierung auf die Funktionswerkstoffe und ihr eigenes Metier zu geben und über diesen Hebel ihren Einfluss geltend machen, oder soll sie – das ist die Alternative, die ich anspreche – gleich den Weg über Europa gehen?

Wir haben eine recht gut organisierte und funktionierende EMRS. Sie macht durch ihre Tagungen, aber auch durch ihre Publikationsorgane, zunehmend Boden gut gegenüber der MRS. Man hört, dass ihre Stimme in Brüssel etwas gilt, wobei zusätzlich zu bedenken ist, dass die europäischen Programme auch stark rückwirken auf die deutschen des BMBF. Mit der europäischen Förderszene haben freilich die meisten von uns ihre speziellen Erfahrungen gemacht, und wir erleben derzeit eine gewisse Europaskepsis. Es sind eben Partner dabei, und in der Vergangenheit mussten diese beim Erkämpfen von Projekten obligatorisch mitgenommen werden, deren Stärke mehr in der Produktion von Olivenöl und Ouzo liegt. Aber wie es so ist mit Europa: Die Verhältnisse wandeln sich, wenn auch ganz langsam, im Schnecken-tempo. Denken sie an die Grants des European Research Councils, die nach Leistung und nicht nach Proporz vergeben werden und fast den Prestigestatus der Leibnizpreise errungen haben. Ein ganz neuer Gedanke für die europäische Förderszene! Die Musik wird zunehmend in Brüssel spielen, ob wir das wollen oder nicht. Angesichts der positiven Situation der EMRS und der allgemeinen politischen Entwicklung liegt es für die DGKK nahe, hier, über die EMRS, ihre Hebelwirkung anzusetzen und eine solche anzustreben. Darüber ist nachzudenken. Ich finde es gut, dass Herr Kollege Wellmann im Exekutivrat der EMRS aktiv wird.

### 3. Ausbildung

Neben diesen forschungspolitischen Interessen hat die DGKK auch eine wichtige Aufgabe im Bereich der akademischen Lehre. Sie muss dafür Sorge tragen, dass Kompetenz in ihrem Fach „nachwächst“. Es ist evident, dass in den letzten Jahren die akademische Lehre auf dem Gebiet der Kristallzüchtung in Deutschland einen herben quantitativen Rückschlag zu verzeichnen hat. Ich muss es hier nicht aufzählen, wo an deutschen Universitäten kristallzüchterische Aktivitäten und die zugehörige Lehre verloren gegangen sind, der Blick auf die Tagungsprogramme der Arbeitskreise und der Gesamtgesellschaft zeigt es.

Auch im Bereich der akademischen Lehre stellen sich die beiden Fragen:

Welche Standpunkte soll die DGKK zur Geltung bringen, und wie soll sie diese effizient zur Geltung bringen?

Zu beiden Fragen einige Anmerkungen:

Die DGKK muss ein Auge darauf haben, dass die kristallzüchterische Kompetenz an den Universitäten nicht weiter abnimmt, besser sogar wieder zunimmt. Konkret bedeutet dies, dass an einigen Standorten, drei oder vier, Professuren zur Kristallzüchtung erhalten bleiben. Gerade das lässt sich leicht im Auge behalten. Wo sind solche Professuren neu zu besetzen, wo werden materialwissenschaftliche Professuren ausgeschrieben, die gut auch mit Kristallzüchtern besetzt werden könnten? Das kann man ja Jahre voraus verfolgen. Bei der Diskussion über Fortführung oder Schaffung solcher Professuren kann sich die Kristallzüchtung darauf berufen, dass grundsätzliche Fragen der Materialwissenschaft wie die der Strukturbildung der Materie, Transportphänomene an Grenzflächen usw. sozusagen exemplarisch und modellhaft am Fall der Kristallentstehung und des Kristallwachstums dargestellt werden können. Das mag zwar in der Argumentation helfen, grundsätzlich ist aber zu beachten, dass an unseren Universitäten, ob wir das gutheißen oder nicht, Professuren nach der Aktualität des Forschungsgebietes

und nicht nach didaktischen Gesichtspunkten besetzt werden. Gerade die Spitzenuniversitäten halten es so. Es kommt also auch hier darauf an, die Bedeutung des Faches hervorzuheben und seine fortdauernde Aktualität sichtbar zu machen. Ich komme darauf gleich in meinem letzten Punkt der Abgrenzung des Faches noch einmal zurück.

Die DGKK wäre aber schlecht beraten, wenn sie nur ihr Fach im engeren Sinne an den Universitäten im Auge hätte, gerade auch unter dem Gesichtspunkt der Gewinnung von Verbündeten muss sie auch die Gesamtsituation der Materialwissenschaften mit vertreten. Ich will in diesem Zusammenhang nur auf einen Gesichtspunkt hinweisen, dem man sich widmen muss: Wir haben, nicht erst seit der Etablierung des Bachelor/Mastersystems, aber vermehrt seitdem, einen Wildwuchs an materialwissenschaftlichen Studiengängen, und – schlechter noch – einen Wildwuchs an pseudomaterialwissenschaftlichen Studiengängen. Nicht zuletzt entsteht letzterer dadurch, dass vielerorts an naturwissenschaftlichen Fakultäten aus der Festkörperphysik heraus ein materialwissenschaftlicher Studiengang aufgebaut wird, um den Wünschen der Studierenden nach einer anwendungsorientierten Ausbildung entgegen zu kommen. Günstigstenfalls sind so Studiengänge der „Angewandten Naturwissenschaft“ entstanden. Materialwissenschaften sind aber eine Ingenieurwissenschaft und kein Zweig der Physik und Chemie. Sie gedeihen nur in einem ingenieurwissenschaftlichen Umfeld. Viele Fehlentwicklungen an deutschen Universitäten lassen sich in diesem Sinne analysieren. Von einem solchen Konflikt zwischen naturwissenschaftlicher und ingenieurwissenschaftlicher Sichtweise haben wir auch soeben im Zusammenhang mit der Vorgeschichte des Fraunhofer THM gehört.

Es ist offensichtlich, dass von dieser Verwechslung zwischen Angewandten Naturwissenschaften einerseits und einer ingenieurwissenschaftlich geprägten Materialwissenschaft andererseits das Gebiet der Funktionswerkstoffe, und speziell die Kristallzüchtung in besonderer Weise betroffen sind. Letztere muss sich darum auch besonders um diese Klarstellung bemühen, gerade auch im Zusammenhang mit Forschung und Lehre an den Universitäten.

Wenn man sich überlegt, wie nun solche Gesichtspunkte am effizientesten zu vertreten sind, so kommen wir wieder auf den Mangel an einer materialwissenschaftlichen Fachgesellschaft zurück. Europa wird uns an dieser Stelle wenig nutzen, die Bildung ist in Deutschland ja nicht einmal national, sondern föderal organisiert. Ich wundere mich immer, dass es in Deutschland, wenn schon keine materialwissenschaftliche Fachgesellschaft, dann nicht wenigstens so eine Art Fakultätentag gibt der Art, wie sie im Bereich von Elektrotechnik, Maschinenbau und anderen technischen Fächern in der einen oder anderen Form sehr effizient bei der Formulierung der akademischen Lehre in Erscheinung treten. Ein Fakultätentag „Werkstoffe“, vielleicht wäre das auch eine Stoßrichtung für die DGKK!

Wenn die DGKK darüber nachdenkt, wie sie ihr wissenschaftliches Gewicht erhalten und erhöhen kann, muss sie natürlich auch der Tatsache Rechnung tragen, dass die Wissenschaft sich ständig wandelt und weiterentwickelt.

Auch eine Gesellschaft wie die DGKK muss die Reichweite ihres Fachgebiets, seine Abgrenzung immer neu überdenken. Dazu zwei Gedanken:

## 30 4. Fachliche Abgrenzung

Ich denke, die DGKK ist auf dem richtigen Wege, wenn sie sich zunehmend das Thema „Nanopartikel“ zu eigen macht, und zwar ausdrücklich nicht nur, um in einem mächtigen Strom mitzuschwimmen. Dieser existiert zweifellos. Im Rahmenprogramm des BMBF hat das Thema Nanopartikel einen sehr hohen Stellenwert, ebenso in den europäischen Programmen. Eine Einbeziehung in die Programmatik der Kristallzüchtung ist aber auch unter sachlichen, wissenschaftlichen Gesichtspunkten ganz und gar gerechtfertigt. Grundfragen der Kristallzüchtung und des Kristallwachstums, wie Keimbildung, Stabilitätsfragen, Transport an und über die Grenzflächen begegnen uns in der Wissenschaft von den Nanopartikeln in Reinkultur. Allein das Thema, welche Phasen eines Kristalls in Nanodimensionen stabil werden, und welches ihre Eigenschaften sind, kann die Materialwissenschaften generationenlang beschäftigen! Es ist goldrichtig, dass das IKZ in Berlin die Nanopartikel in sein Arbeitsprogramm aufgenommen hat. Es ist noch hinzuzufügen, dass die Hybridsysteme, Nanopartikel in einer Matrix, und die begleitenden wissenschaftlichen Fragen mehr und mehr an Bedeutung gewinnen. Die DGKK sollte sich gezielt und verstärkt um die Nanopartikel kümmern!

Ein zweiter Punkt zur inhaltlichen Definition der Kristallzüchtung geht mir aufgrund meines persönlichen Wegegangs, der von den Verbindungshalbleitern zu den Materialien der organischen Elektronik führte, oft durch den Kopf. Ich darf ihn am Schluss anfügen. Man soll, man muss sich grundsätzlich einmal fragen: Wohin gehören eigentlich die organischen Halbleiter? Die hohe Bedeutung des Gebietes in der aktuellen Materialforschung ist evident, die acatech hat übrigens gerade auch eine vielbeachtete Stellungnahme zur Situation der organischen Elektronik in Deutschland abgegeben. Nun ist ja das, was beim Aufdampfen organischer Moleküle auf ein Substrat entsteht, oder das, was beim Abscheiden von Polymeren aus der Lösung entsteht, etwas deutlich anderes als ein Kristall. Und doch: ich sehe im Geschehen auf dem Gebiet der Organischen Elektronik eine folgerichtige Fortsetzung der Entwicklung der Verbindungshalbleiter. Die Materialien der organischen Elektronik definieren sich ganz stark über ihren Ordnungsgrad, der von der reinen Nahordnung wie beim  $\alpha$ -Si bis zu kristallinen Phasen reicht. Diese Morphologie bestimmt entscheidend die elektronischen Eigenschaften, die sich – sehr einfach formuliert – häufig aus dem Abstand von der

reinen Kristallinität des Materials ergeben. Hinzu kommt, dass auch in diesem Bereich die Hybridsysteme aus organischen und anorganischen Halbleitern immer wichtiger werden, und dass die Charakterisierungsmethoden beider Felder eng verwandt sind. Die DGKK sollte schon darüber nachdenken: Wohin gehören eigentlich die organischen Halbleiter? Ich fasse zusammen:

1. Auch die Fortschritte in der Kristallzüchtung sind der Motor von technisch und ökonomisch wichtigen Innovationen.
2. Angesichts der Industriestruktur in Deutschland ist eine gezielte Förderung der Material-FuE erforderlich. Ein integrativer Ansatz (nach Art der aktuellen BMBF-Strategie) erfasst die Materialbasis des Innovationsprozesses nur ungenügend und wird daher der Bedeutung der Neuen Materialien als Basistechnologie nicht gerecht. Eine wirksame Förderpolitik muss davon ausgehen, dass in der deutschen Industriestruktur Entwicklung und Herstellung neuer Funktionsmaterialien für Elektronik, Optik und Sensorik in der Regel nicht oder nur nach langer Vorlaufzeit rentabel sein kann.
3. Die wissenschaftlichen Gesellschaften im Bereich der Werkstoffkunde sind einseitig auf Konstruktionswerkstoffe ausgerichtet. Hier sind Ergänzungen in der programmatischen Ausrichtung der Gesellschaften erforderlich. Daran muss die DGKK mitwirken. Soll dies auf nationaler Ebene überhaupt versucht werden, oder soll dies gleich auf der europäischen Ebene geschehen?
4. Im Bereich der akademischen Lehre ist ein gewisser „Wildwuchs“ bei den materialwissenschaftlichen Studiengängen eingetreten, Zur Klärung empfiehlt sich u.U. ein „Fakultätentag Werkstoffe“.
5. Die DGKK muss über ihre „Reichweite“ nachdenken. Welche neuen Gebiete muss sie aufgreifen und in ihr Selbstverständnis aufnehmen?
6. Die DGKK, als eine kleine, aber als eine der wenigen funktionierenden Gesellschaften auf dem Gebiet der Funktionsmaterialien kann eine wichtige Rolle in der Formulierung einer Wissenschaftspolitik in Forschung, Entwicklung und Lehre übernehmen, wenn sie eine klare und überzeugende Programmatik entwickelt.

Ich hoffe, dass diese Überlegungen dazu einen kleinen Beitrag liefern können.

## Verstorbene Mitglieder

### Prof. Dr. Heinz Follner

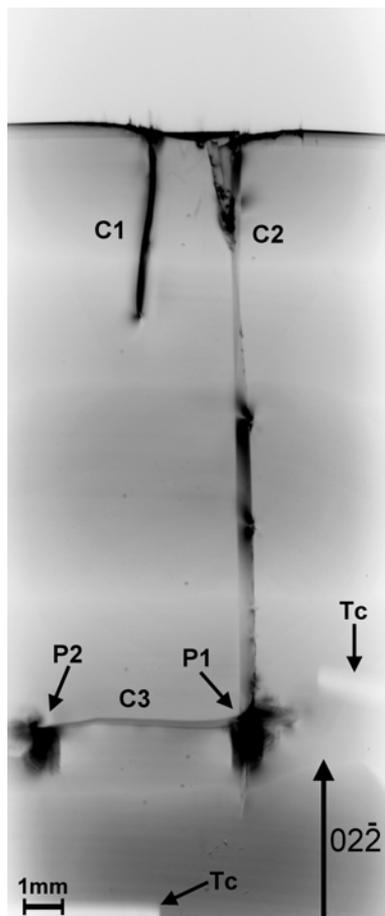
Kurz vor Fertigstellung dieser Ausgabe erreichte uns die Nachricht, dass Prof. Dr. Heinz Follner im Juni dieses Jahres verstorben ist. Heinz Follner habilitierte sich 1971 an der Technischen Universität Clausthal im Fach Kristallographie und Mineralogie. In den folgenden Jahren entwickelte er einen Lehr- und Forschungszweig auf dem Sektor der Strukturforschung organischer Verbindungen und veröffentlichte unzählige Artikel auf diesem Gebiet. 1975 wurde er zum außerplanmäßigen

und 1978 dann zum planmäßigen Professor am Mineralogisch-Kristallographischen Institut der TU Clausthal ernannt. Am 1.11.1981 trat er in die DGKK ein. Mit seinem altersbedingten Ausscheiden (und seines Kollegen Prof. Hans Hermann Otto) in 2003/2004 ging an der TU Clausthal die Ära des Studienganges Mineralogie zu Ende.

Wir werden Prof. Heinz Follner stets ein ehrendes Andenken bewahren.

## Abgeschlossene Promotion in der Kristallographie, Institut für Geowissenschaften, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Jochen Wittge: „In Situ Investigation of Defects in Semiconductors“



Das Bild zeigt das 02-2 Topogramm des während der In Situ-Experimente erzeugten Risses C3, bei Raumtemperatur.

Die Rissentstehung von C3 erfolgte bei 620°C. Sowohl um die ursprüngliche Rissspitze (P1) des Risses C2 als auch um die neu entstandene Rissspitze (P2) des Risses C3 sind während des Weiteren thermischen Heizprozesses Versetzungen entstanden. Die Positionen der zur Temperaturkontrolle verwendeten Thermolemente sind mit Tc gekennzeichnet.

### Abstract

Versetzungen und Slip Bands, welche durch schnelle thermische Prozesse an Mikrorissen und anderen Defekten in Silizium-Wafern entstehen, haben einen nachteiligen Einfluß auf die Eigenschaften von elektronischen Bauteilen. Viele dieser Defekte entstehen am Rand der Wafer. Die Charakterisierung dieser Defekte kann mittels Weiß-Strahl-Synchrotron X-ray diffraction imaging (auch bekannt als Weiß-Strahl-Synchrotron-Topographie) leicht durchgeführt werden. Für die Experimente wurden durch Nanoindentierung mit einer Berkovich- und einer Vickers-Spitze klar definierte Defekte auf der Oberfläche von Silizium-Wafern aufgebracht. Die aufgewandten Eindruckkräfte betragen dabei zwischen 100 und 600 mN für die Berkovich-Spitze und zwischen 2 und 50 N für die Vickers-Spitze. In der Nähe der Ecken der Eindrücke entstehen Mikrorisse, deren Länge linear von der verwendeten Eindruckkraft abhängig ist. Zur Beobachtung und Analyse der Versetzungen und Slip Bands, welche von diesen definierten Defekten ausgehen, wurde ei-

ne Reihe von Ex Situ- und In Situ-Experimenten sowohl an 200 und 300 mm Silizium-Wafern als auch an kleinen 20 x 20 mm<sup>2</sup> Proben durchgeführt. Für die Ex Situ-Experimente standen als Proben einige durch einen defekten industriellen Greifer beschädigte 300 mm Wafer zur Verfügung. Die 200 mm Wafer wurden dagegen mit definierten Defekten versehen und mittels eines industriellen RTA (rapid thermal annealing)-Ofens schnellen thermischen Prozessen unterzogen. Zusätzlich wurden Hochtemperatur In Situ-Experimente an 20 x 20 mm<sup>2</sup> Proben in einem Doppel-Ellipsoid-Spiegelofen [Dan2010] mit einem CCD-Kamera-System [Dan2008] an der Topo-Tomo-Beamline des Synchrotron ANKA in Karlsruhe durchgeführt. Die Proben wurden dabei schnellen thermischen Prozessen bis 1000°C mit hohen vertikalen und horizontalen Temperaturgradienten ausgesetzt. Hierbei wurde die Entstehung von Versetzungen und Slip Bands entlang der definierten Defekte beobachtet. Die Segmente der dabei erzeugten Versetzungsringe gleiten zu Beginn entlang von Paaren von {111} Ebenen, parallel zum höchsten Temperaturgradienten, mit konstanter Geschwindigkeit, sowie abhängig von der Eindruckstärke und der angelegten Temperatur nach einiger Zeit auch parallel zum niedrigeren Temperaturgradienten. Beim Ausstechen der Versetzungsringe auf der Rückseite der Probe wird des Weiteren eine Verdopplung der Geschwindigkeit der zurückbleibenden 60° Segmente beobachtet. Mit Hilfe der In Situ-Beobachtungen wird ein Modell für die Entstehung von thermisch induzierten Slip Bands entwickelt. Weiterhin wurde die Rissentstehung an bereits angebrochenen Proben mittels Ex Situ- und In Situ-Weiß-Strahl-Synchrotron-Topographie untersucht. Auf Grund dieser Beobachtungen wurde ein Parameter für den Waferbruch definiert, mit dessen Hilfe das Bruchverhalten vorhergesagt werden kann.

### Kurzlebenslauf:

Geburtsdatum:	16.03.1979
Geburtsort:	Offenburg
Gymnasium/Abitur:	Okengymnasium Offenburg
Studium:	2002 – 2009, Mineralogie, Albert Ludwigs Universität Freiburg
Diplomarbeit:	Charakterisierung definiert erzeugter Defekte in Silizium Wafern
Promotion:	2009 – 2012, Kristallographie, Institut für Geowissenschaften, Albert-Ludwigs Universität Freiburg
Seit 09/2011	Applikationsspezialist, Produktmanager Geschäftsfeld Material, Geschäftsbereich Industrial Carl Zeiss MicroImaging GmbH Göttingen

### Quellen:

[Dan2008] A.N. Danilewsky, A. Rack, J. Wittge, T. Weitkamp, R. Simon, H. Riesemeier and T. Baumbach: White beam synchrotron topography using a high resolution digital X-Ray imaging detector, Nucl. Instr. And Meth. in Phys. Res. B 266 (2008) 2035 - 2040.  
 [Dan2010] A.N. Danilewsky, J. Wittge, A. Hess, A. Cröll, D. Allen, P. McNally, P. Vagovic, A. Cecilia, Z. Li, T. Baumbach, E. Gorostegui-Colinas and M. R. Elizalde: Dislocation generation related to micro-cracks in Si wafers: High temperature in situ study with white beam X-ray topography, Nucl. Inst. Meth. B 268 (2010), 399-402.

## 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

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

### Stellvertretender Vorsitzender

Prof. Dr. Peter Rudolph  
Crystal Technology Consulting (CTC)  
Helga-Hahnemann-Str. 57, 12529 Schönefeld  
Tel.: 03379 / 444 253  
E-Mail: rudolph@ctc-berlin.de

### Schatzmeister

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: christiane.frank-rotsch@ikz-berlin.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  
Beratender Ingenieur  
Tel.: 0151 466 55 993  
Fax: 09561 329 631  
E-Mail: bernhard.freudenberg@t-online.de  
bernhard.freudenberg@sw-innovations.de

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

### Bankverbindung:

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

### Redaktion und Anzeigen:

Dr. Wolfram Müller  
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

### Redaktionsschluss:

15. Juni 2012  
ISSN 2193-374X (Druck)  
**ISSN 2193-3758 (Internet)**  
Gesetzt mit pdfL<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

### Nachrichten der DGKK, Stellenangebote, Stellengesuche:

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

### 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>

### 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 6  
 Universität Erlangen-Nürnberg  
 Martensstr. 7, 91058 Erlangen  
 Tel.: 09131 / 85 27635  
 Fax: 09131 / 85 28495  
 E-Mail: peter.wellmann@ww.uni-erlangen.de

### Arbeitskreis

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

Sprecher: Dr. Wolfgang Löser  
 Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden  
 Helmholtzstr. 20, 01069 Dresden  
 Tel.: 0351 / 4659 647  
 Fax: 0351 / 4659 480  
 E-Mail: w.loeser@ifw-dresden.de

### Arbeitskreis

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

Sprecher: Prof. Dr. Manfred Mühlberg  
 Institut für Kristallographie der Universität zu Köln  
 Greinstr. 6, 50939 Köln  
 Tel.: 0221 / 470 4420  
 Fax: 0221 / 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.: 0241 / 8909 154  
 Fax: 0241 / 8909 149  
 E-Mail: m.heuken@aixtron.com

### Arbeitskreis

#### „Kinetik“

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

### Arbeitskreis

#### „Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung“

Sprecher: Dr. Albrecht Seidl  
 Wacker SCHOTT Solar GmbH  
 Industriestr. 13, 63755 Alzenau  
 Tel.: 06023 / 91 1406  
 Fax: 06023 / 91 1801  
 E-Mail: albrecht.seidl@wackerschott.com

## Tagungskalender

### 2012

#### 27. August – 1. September 2012

*Romanian Conference on Advanced Materials (ROCAM)*  
<http://rocam.unibuc.ro>  
 and

*Summer School on Crystal Growth*  
<http://rocam.unibuc.ro/intschool/index.html>

#### **Brasov, Romania**

Leitung: Prof. Horia Alexandru (Universitatea din București)

#### 20. – 21. September 2012

*II. Deutsch-Französischer Oxidkristall-/ Dielektrika-Laserkristall-Workshop*

#### **Saint-Louis, Frankreich (bei Basel)**

Kontakt: Dr. Marc Eichhorn (ISL) [marc.eichhorn@isl.eu](mailto:marc.eichhorn@isl.eu)  
 oder  
 Prof. Manfred Mühlberg (U Köln)  
[manfred.muehlberg@uni-koeln.de](mailto:manfred.muehlberg@uni-koeln.de)

#### 10. – 11. Oktober 2012

*Workshop AK „Herstellung und Charakterisierung von massiven Halbleitern“*

#### **Freiberg**

#### 28. – 31. Oktober 2012

*7th International Workshop on Modeling in Crystal Growth*  
**Taipeh, Taiwan**

Leitung: Prof. Chung-Wen Lan (National Taiwan University)  
<http://iwmcg7.ntu.edu.tw/>

#### 19. – 21. November 2012

*gemeinsamer Workshop: AK „Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung“ und AK „Kinetik“*

#### **Potsdam**

### 2013

#### August 2013

*15th Summer School on Crystal Growth (ISSCG-15)*

#### **Danzig, Polen**

<http://science24.com/event/isscg15>

#### 11. – 16. August 2013

*17th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-17)*

#### **Warschau, Polen**

Leitung: Prof. Stanislaw Krukowski (High Pressure Center, Warschau),

Prof. Roberto Fornari (IKZ, Berlin)  
<http://science24.com/event/iccge17>

## Antrag auf Mitgliedschaft in der DGKK

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

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

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

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

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

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

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

Straße, Haus-Nr. : \_\_\_\_\_

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

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

**Privatanschrift :**

Straße, Haus-Nr. : \_\_\_\_\_

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

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

**Tätigkeit, Erfahrung charakterisieren**

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

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

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

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

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

### Lastschriftverfahren

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

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

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

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

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

# FURNACE TECHNOLOGY LEADERSHIP

**linn**  
High Therm



info@linn.de

www.linn.de



## Induction heating

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

## Crystal growth system

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

## Tube furnace

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



## Horizontal zone melting system

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

## Micro-Crystal growth system

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

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

## Tube furnace

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



**Special systems according to customer specifications!**

# 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.**

