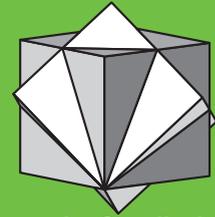


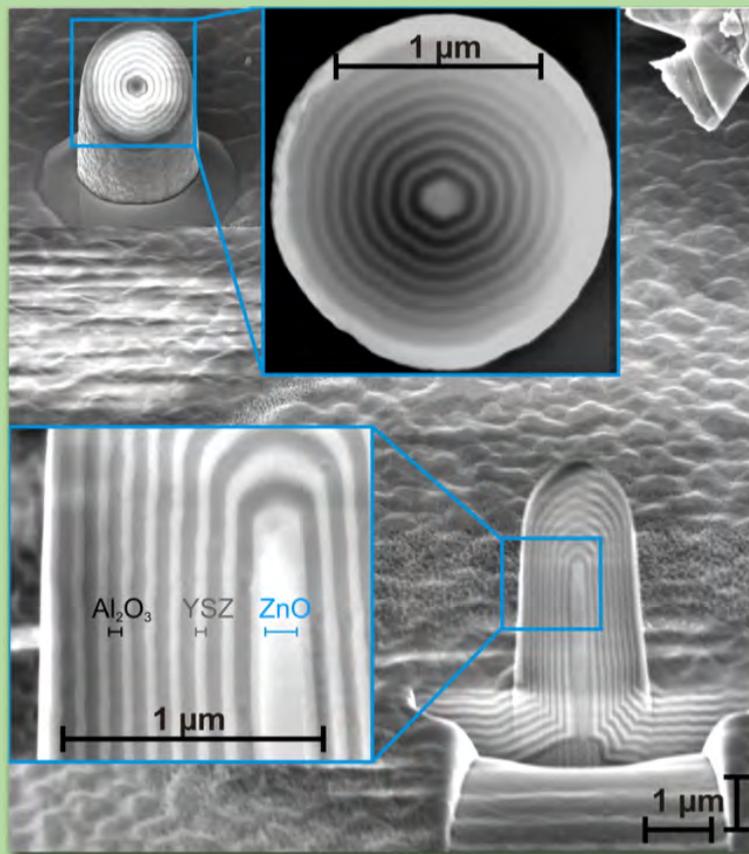


ISSN 2193-3758

Mitteilungsblatt  
Nr. 98 / 2014



Deutsche Gesellschaft  
für Kristallwachstum und  
Kristallzüchtung e.V.

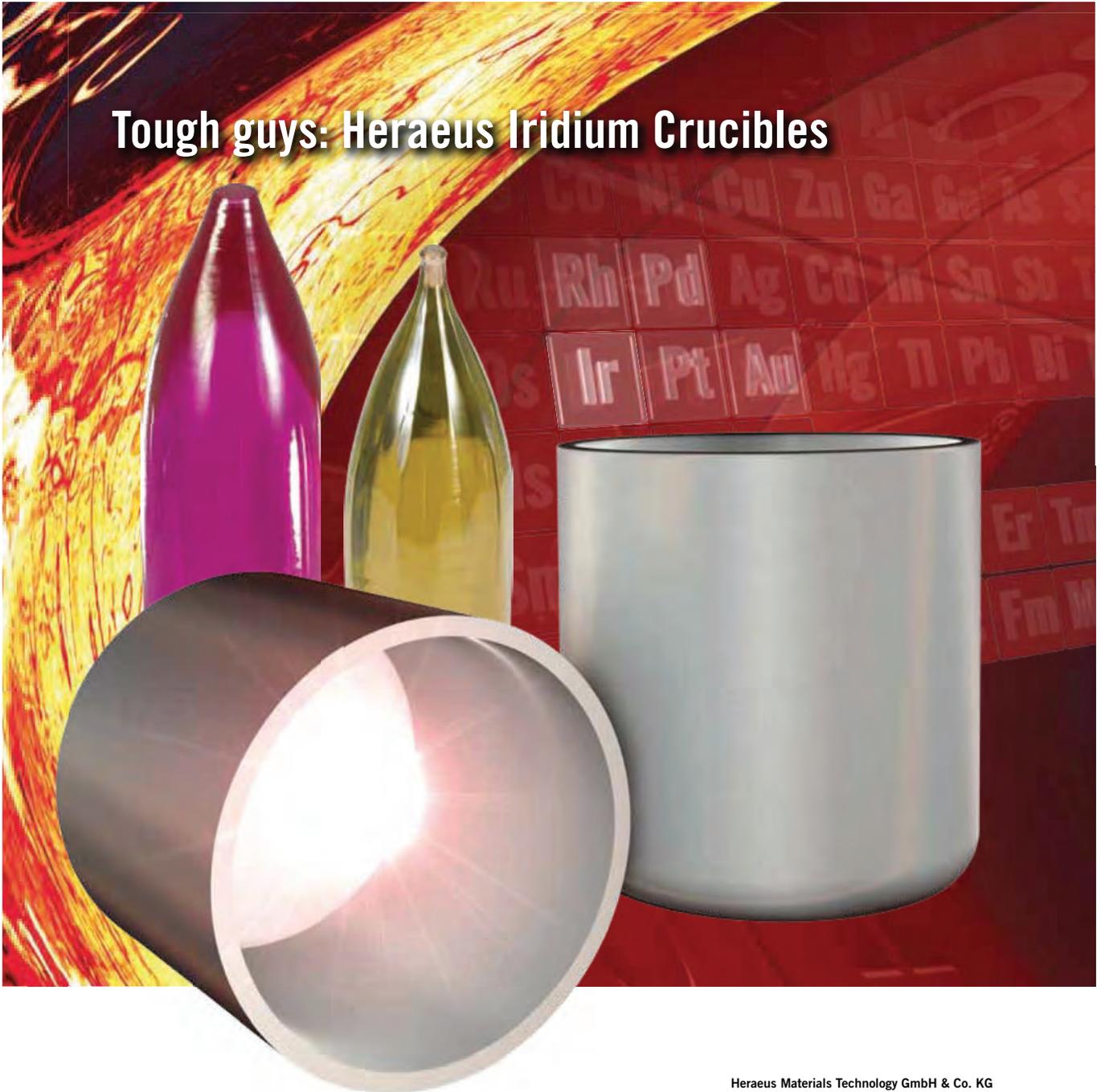


## Inhaltsverzeichnis

Der Vorsitzende / Editorial . . . . .	3
DGKK intern . . . . .	5
DGKK Personen . . . . .	12
DGKK Nachrichten . . . . .	16
DGKK Forschung . . . . .	25
Über die DGKK . . . . .	28
Tagungskalender . . . . .	29

# Heraeus

## Tough guys: Heraeus Iridium Crucibles



### Precious Metals

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

[www.pt-labware.com](http://www.pt-labware.com)

### Heraeus Materials Technology GmbH & Co. KG

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

## Der Vorsitzende

### Liebe Kolleginnen und Kollegen,

das Jahr 2014 wurde von der UN-Generalversammlung zum Internationalen Jahr der Kristallographie erklärt. In diesem Zusammenhang hat die DGKK gemeinsam mit der DGK den Schulwettbewerb „Wer züchtet den schönsten Kristall“ gestartet. Der Wettbewerb ist jetzt schon ein riesiger Erfolg. Es haben sich über 300 Schulgruppen angemeldet, die zurzeit alle noch ihre Kristalle züchten und den Kristallzüchtungsprozess optimieren. Im Herbst wird dann feststehen, welche Schulgruppen die schönsten Kristalle gezüchtet haben. Für die Idee, das Konzept und die Umsetzung des Schulwettbewerbs möchte ich mich schon jetzt bei Peter Gille und seinem Team bedanken. Durch den Wettbewerb haben wir mehr als 1000 Schülerinnen und Schüler für die Kristallzüchtung interessieren können.

In der ersten Hälfte des Jahres 2014 hat die Deutsche Kristallzüchtungstagung (DKT) in Halle stattgefunden, wo die neusten Ergebnisse vorgestellt wurden und Sie Ihre Kontakte zu den Kolleginnen und Kollegen pflegen konnten. Im Umfeld der DKT traf sich zum dritten Mal die junge DGKK (jDGKK). Mit rund 40 Teilnehmern bei jedem Treffen ist die jDGKK bereits jetzt eine feste Größe in der DGKK-Familie. Weiterhin fanden auf dem EMRS-Meeting in Lille mehrere Symposien mit Bezug zur Kristallzüchtung statt, die von DGKK-Mitgliedern organisiert wurden. Zu Beginn der Weltmeisterschaft trafen sich in Berlin außerdem etwa 120 Teilnehmer aus der ganzen Welt zum 6. International Workshop on Crystal Growth Technology (IWCGT-6), der federführend von den Kolleginnen und Kollegen des Leibniz-Institut für Kristallzüchtung veranstaltet wurde. Mein Dank gilt an dieser Stelle allen Organisatoren. Die Veranstaltungen waren ein großartiger Erfolg,

nicht nur was das wissenschaftliche, technische Programm betrifft, sondern auch im Hinblick auf Networking.

An dieser Stelle möchte ich im Namen aller DGKK-Mitglieder nochmals Wolf Aßmus und Manfred Mühlberg nachträglich ganz herzlich zu ihren runden Geburtstagen gratulieren. Beide waren in unserer DGKK ganz aktive Mitglieder und sind es immer noch. Leider muss ich ihnen aber auch berichten, dass einige Mitglieder verstorben sind, insbesondere einer der Gründungsväter der DGKK, Siegfried Haussühl. Unser Mitgefühl gilt deren Familien und Freunden.

Mit dem Jahr 2014 hat der neue DGKK-Vorstand die Arbeit aufgenommen mit dem Ziel, die Außerdarstellung der DGKK weiter zu verbessern, die Verbindungen zu Schwestergesellschaften zu stärken und intern klare und transparente Strukturen zu schaffen. In diesem Zusammenhang möchte ich Sie um Vorschläge für den DGKK-Preis, der 2015 wieder vergeben werden kann, und für die IOCG-Preise, die 2016 verliehen werden, bitten.

Zum Schluss finden Sie neben dem MB98 auch die erste Auflage des DGKK-Branchenatlas „Kristallzüchtung und Epitaxie in Deutschland“. Der Branchenatlas enthält mehr als 200 Einrichtungen, die auf dem Gebiet der Kristallzüchtung in Deutschland aktiv sind. Ich hoffe, dass er Ihnen hilfreich ist, um die geeigneten Ansprechpartner für das jeweilige Kristallzüchtungsproblem zu finden.

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

Ihr

Jochen Friedrich

## Inhaltsverzeichnis

Der Vorsitzende .....	3
Editorial .....	4
Titelbild .....	4
DGKK-intern .....	5
Protokoll der Mitgliederversammlung 2014 .....	5
Die Jahrestagung der DGKK aus studentischer Sicht .....	7
3. Seminar der jDGKK in Halle (Saale) .....	10
DGKK-Personen .....	12
Prof. Dr. Wolf Aßmus zum 70. Geburtstag .....	12
Nachruf für Siegfried Haussühl .....	13
DGKK-Nachrichten .....	16
Orientierungshilfe für Solarzellen .....	16

Improved quality control of silicon carbide epiwafers .....	17
Kostengünstigere Galliumnitrid-Herstellung .....	18
Bericht von der IWCGT-6 in Berlin .....	20
Die Zukunft der Technologie der Kristallzüchtung .....	22
Bericht zum E-MRS Spring Meeting 2014 in Lille (Frankreich) .....	23
Anmerkungen zum Symposium „U“ auf dem E-MRS Spring Meeting 2014 in Lille .....	24
Neue Mitglieder 2014 .....	24
DGKK-Forschung .....	25
Glaskeramiken - Zusammenspiel von Glas und Kristall .....	25
Über die DGKK .....	28
Arbeitskreise der DGKK .....	29
Tagungskalender .....	29

## Editorial

Passend zur Ferienzeit können wir Ihnen die aktuelle Ausgabe des DGKK-Mitteilungsblattes vorlegen - nicht ganz ohne den Hintergedanken, dass wir damit vielleicht helfen, den einen oder anderen Regenschauer im Urlaub zu überbrücken.

Der Schwerpunkt dieser Ausgabe liegt, neben dem Protokoll der letzten Mitgliederversammlung (Seite 5), auf der ausführlichen Würdigung des Lebenswerkes von Prof. Siegfried Haussühl (Seite 13). Des Weiteren gibt es zwei Artikel von Master-Studenten, die ein Stipendium für den Besuch der DKT 2014 in Halle bekommen haben. Katja Rießle berichtet über die DKT 2014 und das unmittelbar davor stattgefundenere Treffen der jungen DGKK (Seite 7), und Fabian Krahl gibt einen Einblick in das Thema seiner Master-Arbeit: Glaskeramiken (Seite 25). Aber auch sonst gibt es einige interessante - zum Teil auch recht frische - Nachrichten aus den Laboren

der Kristallzüchter.

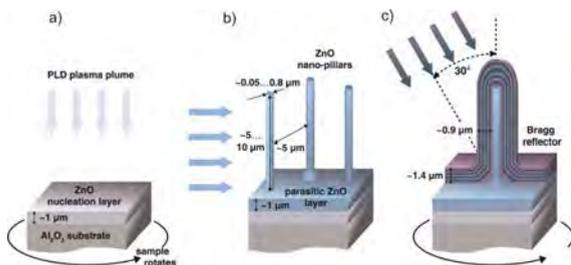
Übigen, notieren Sie sich doch bitte schon einmal den 15. Oktober in Ihrem Kalender. Für diesem Tag ist der Redaktionsschluss für die kommende Ausgabe 99 diese Heftes geplant. Das ist eine gute Gelegenheit, den einen oder anderen Artikel, der für unsere MitgliederInnen interessant sein könnte, bei uns einzureichen. Mit anderen Worten - Artikel, titelseitenverdächtige Fotos und Berichte über erfolgreich abgeschlossene Magister- und Promotionarbeiten zu den Themen der DGKK sind stets willkommen und helfen, das rechtzeitige Erscheinen der nächsten Ausgabe abzusichern.

Wir wünschen Ihnen eine erholsame Urlaubszeit und viel Spaß beim Lesen dieser neuen Ausgabe des Mitteilungsblattes.

Uwe Rehse

## Titelbild

Das Titelbild zeigt Scanning-Electron-Microscopy (SEM)-Aufnahmen einer konzentrischen Ummantelung eines ZnO-Nanodrahtes mit einer periodischen Schichtstruktur bestehend aus Yttrium-stabilisiertem  $ZrO_2$  (YSZ) und  $Al_2O_3$ . Diese Struktur fungiert als Bragg-Reflektor und wurde an der Universität Leipzig in der Arbeitsgruppe von Prof. Grundmann hergestellt [1]. Der Bragg-Reflektor dient als dielektrischer Spiegel und bildet zusammen mit der ZnO-Nanodraht-Kavität einen optischen Fabry-Perot-Resonator, eine sogenannte Mikrokavität. Licht, das im Kavitätsmaterial erzeugt wird, interferiert für einen bestimmten Wellenlängenbereich, der sog. Stoppbande, in den Schichten des Bragg-Reflektors destruktiv und kann somit die Struktur nicht verlassen. Für die Wellenlängen, deren Vielfaches dem Durchmesser der ZnO-Nanodraht-Kavität entspricht, kommt es zur Ausbildung von stehenden Wellen und einer Erhöhung der elektromagnetischen Feldstärke sowie der Lebensdauer der Photonen in der Struktur. Dies sind die sog. Kavitätsmoden, für die Licht in einem sehr schmalen Spektralbereich innerhalb der Stoppbande in den Außenraum abgestrahlt wird und die vielfältige Anwendungen erlauben. So werden solche Mikrokavitäten z. B. für gängige Halbleiterlaser oder zur Erzeugung von Quantengasen, den Exziton-Polariton-Bose-Einstein-Kondensaten eingesetzt. Die Verwendung der hier gezeigten konzentrischen Strukturen auf Nanodrähten ermöglicht eine weitere Miniaturisierung solcher Bauelemente und die Untersuchung neuartiger physikalischer Effekte in eindimensionalen Nanosystemen. Die Herstellung erfolgt mittels gepulster Laser-Abscheidung (PLD) mit einem 248 nm KrF-Excimer-Laser.



Die drei Schritte zum Erzeugen eines Nanodraht-Mikrokavität mit konzentrischen Bragg-Reflektoren.

Als Substrat wurde Saphir benutzt, auf dem zunächst eine etwa 1 µm dicke  $c$ -orientierte ZnO-Schicht bei einer Substrattemperatur von 750 °C und einem Sauerstoffdruck von 0.002 mbar abgeschieden wurde. Anschließend wurden ZnO-Nanodrähte bei einem Argondruck von 100 mbar und einer Substrattemperatur von 650 °C gewachsen. Während der Strom des PLD-Plasmas im ersten Schritt normal zur Oberfläche war, wurde im zweiten ein Strom parallel zur Oberfläche appliziert (siehe Abbildung). Mit diesem Prozess konnten Nanodrähte mit Längen im Bereich von 5-10 µm und Durchmesser im Bereich von 50-800 nm hergestellt werden.

Der Abstand der Nanodrähte lag zwischen 5 und 10 µm. Im dritten Schritt wurden die Nanodrähte mit der periodischen YSZ/ $Al_2O_3$ -Schale beschichtet (YSZ: Yttrium-stabilisiertes  $ZrO_2$ ). Dieses erfolgte bei kleinem Sauerstoffdruck (0.002 mbar) und geringer Substrattemperatur (150 °C). Durch die geringe Temperatur wird sichergestellt, dass die Schichten amorph und nicht kristallin sind, da kristalline Schichten für solche Strukturen zu hohe Grenz- und Oberflächen-Rauigkeiten aufweisen. Der Einfallswinkel des Plasmastrahls betrug 30° zur Oberflächennormale, und das Substrat rotierte mit 1.5 rpm. Auf dem planaren ZnO wächst eine parasitäre Schicht. Das Titelbild zeigt die gewachsene Struktur im Detail.

Die raue Oberfläche im Übersichtsbild wird durch eine zusätzliche dünne Platinschicht verursacht, die Aufladungseffekte im SEM vermeiden hilft. In der rechten unteren Ecke ist eine aufgeschnittene Säule zu sehen. Die YSZ-Schichten sind hell, die  $Al_2O_3$ -Schichten sind dunkel. Genauer ist dieses im vergrößerten Ausschnitt links davon zu sehen. In der oberen Hälfte ist eine Säule horizontal angeschnitten. Die hexagonale Grundfläche der ZnO-Nanodraht-Kavität als Kern ist in der Vergrößerung deutlich zu erkennen.

[1] Rüdiger Schmidt-Grund, Helena Hilmer, Annekatrin Hinkel, Chris Sturm, Bernd Rheinländer, Volker Gottschalch, Martin Lange, Jesus Zúñiga-Pérez, and Marius Grundmann; Two-dimensional confined photonic wire resonators – strong light-matter coupling; Phys. Status Solidi B 247 (2010), 1351.

**DGKK-intern****Protokoll der Mitgliederversammlung 2014****Anwesende:****DGKK Mitglieder:**

S. Aswartham, W. Aßmus, M. Bickermann, A. Cröll, K. Dadzis, A. Danilewsky, P. Dold, A. Erb, T. Flade, Ch. Frank-Rotsch, B. Freudenberg, J. Friedrich, P. Gille, M. Hahne, J. Härtwig, A. Hess, M. Heuken, T. Jauß, F.-M. Kießling, F. Krahl, C. Kreller, R. Lauck, W. Löser, K.-D. Luther, B. Meisterernst, G. Meisterernst, A. Miller, W. Miller, F. Mosel, M. Neubert, D. Oriwol, Ch. Reimann, St. Riepe, K. Rießle, F. Ritter, P. Rudolph, S. Schimmel, R. Schöndube, S. Schütt, J. Schwerin, R. Sorgenfrei, T. Sorgenfrei, J. Stenzenberger, L. Sylla, J. Tonn, A. Vogt, N. von Well, P. Wellmann, B. Weinert, Th. Wolf, U. Wunderwald, S. Wurmehl

**Gäste:**

Ch. Blum, P. Bönisch, M. Ernst, F. Hofherr, A. Köhler, R. Kunert, G. Lippert, F. Zobel

**Ort:**

Vorlesungssaal des Leibniz-Instituts für Agrarentwicklung, Halle (Saale)

**Zeit:**

Mittwoch, 13. März 2014, 19:00 Uhr

**TOP 1 Begrüßung und Feststellen der Beschlussfähigkeit**

Es sind 52 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 und gratuliert den Jubilaren des letzten Jahres.

M. Mühlberg feierte den 65. Geburtstag und W. Aßmus seinen 70. Geburtstag.

Er weist weiterhin auf das 50-jährige Bestehen des kristallographischen Instituts in Freiburg hin, welches am 31.10.-01.11.14 mit einem Festkolloquium feierlich begangen wird.

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

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

A. Muiznieks (Riga)

G. Pensl (Erlangen)

V. Ruth (Oldenburg)

A. Maier

S. Haussühl (Düren)

H. G. Brion (Göttingen)

und dem Preisträger des DGKK-Preises 2013 A. Krost (Magdeburg), welcher seit Monaten vermisst wird.

**TOP 2 Bericht des Vorsitzenden**

Der Bericht des Vorsitzenden beginnt mit einer Übersicht über Veranstaltungen, die unter Schirmherrschaft und Beteiligung der DGKK im letzten Jahr stattgefunden haben.

Insgesamt haben über 1300 Teilnehmer an diesen Veranstaltungen teilgenommen. Diese hohe Beteiligung beruht insbesondere auf die im August 2013 in Warschau mit Erfolg stattgefundenene ICCG-17 mit 690 Teilnehmern. Er weist auf die noch in 2014 und 2015 geplanten Veranstaltungen hin.

Die DGKK ist gegenwärtig auf der internationalen Ebene gut sichtbar. Die DGKK arbeitet mit anderen Verbänden und Organisationen zusammen, beispielsweise mit dem European Network on Crystal Growth, welches sich während der ICCG-17 in Warschau traf und sein neues Exekutivkomitee gewählt hat. W. Miller wurde zum Vorsitzenden des Exekutivkomitees gewählt. Die nächste europäische Kristallzüchtungskonferenz ECCG-5 findet zusammen mit einer Schule im September 2015 in Bologna, Italien statt.

Bei der Zusammenarbeit mit der Internationalen Organisation für Kristallzüchtung (IOCG) bemängelt der Vorsitzende die Information zu den nationalen Verbänden und regte einen Newsletter an.

Die DGKK setzt die langjährige Zusammenarbeit mit der International Union of Crystallography und der Deutsche Gesellschaft für Kristallographie fort. Die DGKK beteiligt sich 2014 im Jahr der Kristallographie gemeinsam mit der DGK an einem weltweiten Schülerwettbewerb. Alle näheren Informationen zu diesem Schulwettbewerb der DGKK „Wer züchtet den schönsten Kristall“ sind an die Mitglieder per Newsletter mit der Bitte um Weiterverbreitung verschickt sowie Informationen an die Zuständigen für Schülerwettbewerbe der Bundesländer verteilt worden.

Der Vorsitzende informiert über den kritischen Zustand der Bundesvereinigung MatWerk, einem Zusammenschluss von über 30 Vereinigungen auf dem Gebiet der Materialwissenschaften, dem die DGKK 2007 beigetreten ist. Die DGKK wird die Entwicklungen verfolgen und ggf. den Austritt vorbereiten.

Die DGKK hat sich im Berichtszeitraum auch für die Aus- und Weiterbildung engagiert, so wurde im August 2013 die International Summer School on Crystal Growth ISSCG-15

in Danzig mit Unterstützung der DGKK sehr erfolgreich organisiert und durchgeführt. Im Vorfeld der DKT-2014 fand wieder ein Treffen der Jungen DGKK statt, hierbei wurde eine stabile Teilnehmerzahl von 35 erreicht. Die DGKK unterstützte die Weiterbildungsveranstaltungen durch Gewährung von Reisekostenzuschüssen.

Der Vorsitzende dankt Frau S. Bergmann für die Betreuung der DGKK-Homepage sowie U. Rehse und W. Miller für die Erstellung des Mitteilungsblattes. Er erinnert noch einmal daran, stets Beiträge zu Pressemitteilungen, Zusammenfassungen zu abgeschlossenen Arbeiten und Berichte zu relevanten erschienenen Veröffentlichungen einzureichen. Es ergeht der Aufruf zur Unterstützung und Mitarbeit bei der weiteren Gestaltung des MB's.

Im Jahr 2015 wird das hundertste MB erscheinen, dieses wird langfristig vorbereitet. Hierzu hat sich bereits ein Redaktionsteam gefunden, ihm gehören W. Miller, J. Friedrich, G. Müller, W. Aßmus, M. Mühlberg, P. Rudolph an.

Der Vorstand hatte sich, wie bereits auf der Mitgliederversammlung 2013 berichtet, zum langfristigen Ziel gesetzt, die Außendarstellung der DGKK zu verstärken. Hierzu ist eine DGKK-Broschüre erarbeitet und in einer ersten Auflage von 500 Stück gedruckt worden. Der Vorsitzende dankt Herrn Thomas Richter (Fraunhofer IISB) für seine Unterstützung bei der Erstellung der DGKK-Broschüre. Im Anschluss verteilt der Vorsitzende an alle Anwesenden ein Exemplar der Broschüre. Weiterhin ist der Branchenatlas, welcher eine Zusammenstellung der in Deutschland tätigen Unternehmen, Institute und Universitäten darstellt, fertiggestellt worden und steht jetzt exklusiv den Mitgliedern zur Verfügung. Die Anwesenden erhielten bereits vorab auf der Mitgliederversammlung ein Exemplar, der Versand an alle Mitglieder erfolgt als Beilage im MB 98/14.

Der Vorsitzende berichtet anschließend über durch DGKK interne durchgeführte Aktionen, so ist eine „Erinnerungsaktion“ von ausstehenden Mitgliedsbeiträgen erfolgreich durchgeführt worden und auch einige säumige Mitglieder, deren Adressen z.T. nicht mehr ermittelbar sind, wurden gemäß Satzung aus der Gesellschaft ausgeschlossen. Die Aktualisierung der Mitgliederdatenbank ist begonnen worden, und es stehen neue aktualisierte Antragsformulare zur Verfügung. Neumitglieder können bei Wunsch auch mit Bild im MB vorgestellt werden.

Die Werbung von DGKK-Firmenmitgliedern ist vorangetrieben worden und zeigt erfreulich positive Reaktionen durch Beitritte von Firmen und Instituten.

Zum Jahreswechsel 2013/2014 hat der DGKK-Vorstand gewechselt, zuvor hat am 5. Dezember in Erlangen eine gemeinsame Sitzung des alten und neuen Vorstandes stattgefunden. P. Rudolph, K. Dupré, B. Freudenberg und P. Gille sind aus dem Vorstand ausgeschieden, der Vorsitzende bedankt sich herzlich bei den ehemaligen Vorstandskollegen.

### TOP 3 Bericht der Schriftführerin

Im Berichtszeitraum hat sich die Mitgliederzahl um 18 Mitglieder verringert. Dies ist aber durch die 2013 erfolgte Mahnaktion bedingt. Es gab 2014 insgesamt **26 Beitritte**, dies sind mehr als in den Vorjahren.

DGKK-Mitgliederstand beträgt zum 01.03.2014:

**376 Mitglieder, davon 334 Vollmitglieder, 27 Studenten und 15 Firmen.**

### TOP 4 Bericht des Schatzmeisters und der Kassenprüfer

Der Kassenstand der DGKK beträgt zum 31.12.2013:

Sparkasse Karlsruhe:	14.464,73 Euro
Festgeldeinlagen:	12.314,77 Euro
	26.779,50 Euro

Der Kassenstand hat sich im Vergleich zu 2013 um 4.243,23 Euro erhöht. Die Zuflüsse stammen dabei zum größten Teil aus den erhöhten Einnahmen der Mitgliedsbeiträge, durch die Zahlungseingänge säumiger Mitglieder und aus Überschüssen von Tagungen.

Die Hauptausgaben 2013 erfolgten für die Zahlung von Preisgeldern (6.000 Euro) und den Druck des Mitteilungsblattes.

P. Wellmann stellt einen Ausgabeplan für 2014 vor, der einen nahezu ausgeglichenen Haushalt vorsieht. Es sind insbesondere Ausgaben für den Druck des Mitteilungsblattes, Preisgelder und Reisekostenzuschüsse geplant. Er ermuntert die Mitglieder Anträge einzureichen und weist auch auf die Möglichkeit hin, an europäischen Austauschprogrammen teilzunehmen und hierzu einen Zuschuss zu beantragen.

Die Vorbereitung auf das SEPA-Lastschriftverfahren ist erfolgt, und die Beiträge werden ab 2014 entsprechend abgebucht.

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

Der Bericht von F. Ritter bestätigt eine korrekte Kassenführung und lobt die vorbildliche Buchführung mit nachvollziehbaren Zuordnungen der Ausgaben zu Beschlüssen.

### TOP 5 Entlastung des Vorstandes

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

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

### TOP 6 Diskussionen über Tagungen und Symposien

Es wird vorgeschlagen, die Deutsche Kristallzüchtungstagung (DKT) 2015 in Frankfurt/Main durchzuführen.

C. Kreller, vorgesehener Tagungsleiter, nennt als Termin der DKT 2015 den **04.-06. März 2015** an der Universität Frankfurt im Campus Riedberg, stellt kurz den gegenwärtigen Stand

der Vorbereitung vor und bekräftigte seine Bereitschaft zur Organisation. Er würde sich freuen, wenn er wieder viele Teilnehmer auch in Frankfurt begrüßen könnte. Es ist auch ein Treffen für die junge DGKK geplant.

Dazu erfolgt eine einstimmige Annahme bei einer Enthaltung. Nachfolgend erfolgt eine Diskussion zu möglichen Tagungs-orten für das Jahr 2016.

Es wurde angeregt, eine gemeinsame Tagung mit den tschechischen Kollegen durchzuführen. Es hat hierzu auch schon Kontakte nach Prag gegeben. Die gemeinsame Tagung soll möglichst in Grenznähe durchgeführt werden, es werden hierzu verschiedene Optionen geprüft.

## TOP 7 Berichte zu den DGKK – Arbeitskreisen

### *Epitaxie von III/V – Halbleitern:*

M. Heuken berichtet über die Aktivitäten dieses großen Arbeitskreises. Im Jahr 2013 trafen sich ca. 120-130 Teilnehmer in Ilmenau. Der nächste Arbeitskreis ist im Dezember 2014 in Magdeburg geplant.

### *Arbeitskreis Massive Verbindungshalbleiter:*

P. Wellmann: Der letzte Arbeitskreis fand in Erlangen Anfang Oktober mit ca. 40 Teilnehmern statt. Das Highlight des Arbeitskreises war der eingeladene Vortrag zur Germanium-Züchtung durch einen Vertreter der Firma Umicore. Er ist mit einem jährlichen Treffen gegenwärtig stabil. Das nächste Treffen findet im Oktober 2014 in Freiberg statt.

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

A. Erb (Garching) hat 2013 die Leitung des Arbeitskreises von W. Löser übernommen, er stellt sich vor und berichtet vom letzten Treffen, welches in Wien in Zusammenarbeit mit den österreichischen Kollegen stattfand. Das nächste Treffen ist am 23./24.10.2014 in München (Garching) geplant.

### *Kinetik:*

W. Miller berichtet, dass das Treffen mit nur 20 Teilnehmern im November 2013 in Berlin stattfand. Der Schwerpunkt lag dabei auf oxidischen Schichten. Das nächste Treffen ist für den 28./29.09.2014 in Ilmenau geplant und wird von Th. Hannel organisiert.

### *Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung:*

Der Arbeitskreis ruht zurzeit und hat sich 2013 nicht getroffen.

### *Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik:*

J. Friedrich berichtet, dass der Arbeitskreis sich 2013 nicht getroffen hat. Es ist aber geplant, den Arbeitskreis unter Führung der FEE Idar-Oberstein fortzuführen.

### *Industrielle Kristallzüchtung:*

G. Meistererndt berichtet vom 1. Treffen dieses neuen Arbeitskreises in Miltenberg. Der Arbeitskreis fand großes Interesse bei den 70 Teilnehmern.

Das nächste Treffen ist für Anfang November 2014 geplant und soll voraussichtlich in Freiberg stattfinden. Der genaue Termin steht noch aus, soll aber rechtzeitig bekannt gegeben werden. Der Arbeitskreis ist auf Initiative von A. Seidl im letzten Jahr ins Leben gerufen worden, er gibt aufgrund beruflicher Veränderungen seine Sprecherrolle des AK ab. Das Organisationsteam wurde vergrößert und es gehören ihm jetzt F. Mosel, K. Dupré, B. Freudenberg, L. Sylla unter der Leitung von G. Meisererndt an.

### *Junge DGKK*

Die Junge DGKK traf sich, wie bereits in den letzten Jahren, im Vorfeld der DKT. Es konnte ein sehr interessantes Programm mit 4 vorlesungsartigen Vorträgen und 2 Postersitzungen gestaltet werden. Es nahmen insgesamt 35 junge Wissenschaftler am Treffen teil.

J. Friedrich dankt allen Arbeitskreissprechern.

## TOP 8 Verschiedenes

Es liegen keine weiteren Anfragen von Seiten der Mitglieder vor.

J. Friedrich schließt um 20:35 Uhr die Mitgliederversammlung und bedankt sich bei allen Anwesenden.

Christiane Frank-Rotsch

Jochen Friedrich

Schriftführerin der DGKK

Vorsitzender

## Bericht von der Jahrestagung der DGKK aus studentischer Sicht

K. Rießle, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Die diesjährige DGKK-Jahrestagung fand vom 12.3.-14.3.2014 in der mitteldeutschen Stadt in Halle an der Saale statt. Halle, bekannt durch seine Salzgewinnung und eine der ersten Formen der angewandten Kristallisation, zählt heute mit dem Weinberg-Campus zu einer der größten deutschen Ansiedlungen von Forschungs- und Lehreinrichtungen. Zu den klassischen Schwerpunkten gehören die Elektronen- und

Transmissionsmikroskopie, welche durch die wichtigen Themen der Materialwissenschaften und der Kristallisation, z.B. im Bereich der erneuerbaren Energien, erweitert werden.

Einen Tag zuvor, am 11.3., traf sich erneut die Junge DGKK am Fraunhofer CSP (Center für Silizium-Photovoltaik) für das 3. Seminar über aktuelle Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Kristallzüchtung und Epitaxie. Hierbei konnten junge

Bachelor/Master Studenten und angehende Doktoren ihre Forschungsprojekte in den vielen verschiedenen Bereichen anhand eines Posters präsentieren. Zusätzlich zu den Postern wurden von lehrenden Dozenten einige interessante Vorträge zum Seminarthema gehalten. Den Einstieg übernahm Prof. P. Rudolph (CTC Berlin) mit dem Thema „Grundzüge des Kristallwachstums“, gefolgt von Prof. P. Dold (Fraunhofer CSP) mit „Wachstumskinetik in-Situ beobachtet“ und „Silizium – vom Rohstoff zur industriellen Kristallisation“. Anschließend fand der erste Teil der Poster Session statt, welcher genügend Zeit ließ, um über die Poster zu diskutieren und Fragen zu stellen. Ein weiterer Vortrag zum Thema „Kristallzüchtung unter Weltraumbedingungen“ hielt Prof. A. Cröll (Kristallographie Uni Freiburg) als interessanter Übergang zur zweiten Poster Session. Diesen Vortrag fand ich besonders spannend, da hier die Kristallzüchtung durch die etwas anderen Versuchsbedingungen und Voraussetzungen völlig neue Möglichkeiten aufzeigt und meiner Meinung nach die Forschung so ein neues interessantes Versuchsfeld erhält. Abschließend wurde der erste Tag mit einem Vortrag über „Aktuelle Herausforderungen für die Kristallzüchtung“ von Prof. P. Rudolph beendet. Ein gemeinsames Abendessen rundete den ersten Tagungstag der jungen DGKK perfekt ab.

Vor dem Start der DKT 2014 (Deutsche Kristallzüchtungstagung) wurde für die junge DGKK noch eine Technikums-Führung am Fraunhofer CSP angeboten. Zuerst wurden die einzelnen Schritte zur Herstellung von multikristallinen Ingots bis hin zu den fertigen Wafern gezeigt und näher erläutert. Das Ziel hierbei ist es, die Wafer so dünn wie möglich zu fertigen, optimal sind 160-200  $\mu\text{m}$ . Diese eignen sich am besten für die Photovoltaik-Bereiche, welche am Fraunhofer CSP immer weiter erforscht und für spezielle Kundenwünsche erprobt und angepasst werden. Die beste Leistungsgarantie ist dabei eine 5%ige Leistungsabnahme innerhalb der nächsten 20-25 Jahren, welche durch die Durchführung von intensiven Tests, in verschiedensten „Extrem“-Bereichen (wie Wetter, äußere Einflüsse usw.) der unterschiedlichen Solarmodule, gewährleistet wird. Eine weitere interessante Fragestellung, mit der sich das Fraunhofer CSP Institut beschäftigt, ist das Thema Recycling von Solarmodulen. Am kostengünstigsten und effektivsten ist nach wie vor das thermische Recyceln, indem das gesamte Solarmodul verbrannt und anschließend gefiltert wird, um so wichtige Elemente und Minerale zurückzugewinnen. Ein weiterer wichtiger Punkt ist das Messen von Verunreinigungen im Silizium sowie die Spurenanalytik. Diese Vorgänge werden alle kontinuierlich am Fraunhofer CSP durchgeführt und dienen zur Verbesserung der Wafer-Qualität. Um der Führung einen abschließenden runden Schliff zu geben, wird auch die Grundvoraussetzung für das Herstellen von Wafern gezeigt, die Kristallzüchtung und die verschiedenen Züchtungsmethoden selbst. Hierzu werden die verschiedenen Züchtungsanlagen in den Bereichen Floatzone-, Czochralski- und VGF-Verfahren vorgestellt. Das Floatzone-Verfahren ist dabei das sauberste, aber auch teurere Verfahren für die Züchtung von einkristallinem qualitativ hochwertigem Silizium, während das günstigere VGF-

Verfahren für die multikristallinen Ingots der Solarmodule verwendet wird. Etwa 80% der heutigen Solarmodule bestehen aus multikristallinen Silizium-Wafern, wodurch in der Produktion viel Geld und Strom gespart wird. Ziel ist es jedoch, auch das Floatzone-Verfahren kostengünstiger für industrielle Zwecke anwenden zu können.

Im Anschluss an das Treffen der „Jungen DGKK“ eröffnete Peter Dold (Fraunhofer CSP) am Nachmittag des 12. März 2014 die Deutsche Kristallzüchtungstagung (DKT 2014) im Vorlesungssaal des Leibniz IAMO (Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien). Die Tagungsleitung hatten Peter Dold vom Fraunhofer CSP aus Halle, Peter Rudolph von der Crystal Technology Consulting aus Berlin und Roland Scheer von der Martin-Luther Universität aus Halle-Wittenberg. Das diesjährige achtköpfige Programmkomitee aus unterschiedlichen Städten erstellte ein vielfältiges und abwechslungsreiches Tagungsprogramm, bei dem interessante Vorträge aus den verschiedensten Themengebieten gehalten wurden. Die erste Session unter dem Thema „Plenarsession“ wurde von Roland Scheer geleitet und mit dem Vortrag über „Wachstum von Graphen auf Isolatoren“ als invited talk von G. Lippert vom IHP aus Frankfurt eröffnet. Weitere eingeladene Tagungsgäste, welche zu verschiedensten Themen Vorträge präsentierten, waren Dr. Jutta Schwarzkopf vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung aus Berlin, Dr. Christian Reimann vom Fraunhofer IISB aus Erlangen, Prof. Dr. Cornelius Krellner vom Physikalischen Institut der Goethe-Universität aus Frankfurt, Dr. Michael Neubert, ebenfalls vom IKZ aus Berlin, Prof. Dr. Thomas Heine von der Jacobs-Universität aus Bremen, Dr. Martin Dauelsberg vom AIXTRON SE aus Herzogenrath und Antoine Autruffe vom Department of Materials Science and Engineering, Norwegian University of Science and Technology aus Trondheim.

Die zweite Session an diesem Nachmittag beschäftigte sich mit dem Thema „Silicium I“ und wurde von Wilfried von Ammon geleitet. Die dritte und letzte Session für den ersten Tagungstag zum Thema „Kristalle mit quantenkritischen Phänomenen“ wurde von Jochen Friedrich geleitet und vom DGKK-Nachwuchspreisträger Saicharan Aswartham vom Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW) aus Dresden mit dem interessanten Vortrag „Crystal growth and physical properties of Fe based superconductors“ abgeschlossen.

Im Anschluss an den ersten Tagungstag fand noch die jährliche DGKK-Mitgliederversammlung statt, zu der alle Tagungsteilnehmer als Gäste eingeladen waren. Nach den üblichen Berichten des Vorsitzenden, der Schriftführerin, des Schatzmeisters und des Jahresrückblicks wurde über die Standorte und Termine der kommenden deutschen und internationalen Tagungen abgestimmt und diskutiert. So wurde beschlossen, dass die nächste DKT 2015 in Frankfurt am Main stattfinden wird.

Der Donnerstagmorgen setzte sich aus drei Vortragssessions zu den Themen „Schmelzdynamik“ (geleitet von Peter Rudolph), „Oxide und Chalkogenide“ (geleitet von Wolfram

Müller) und „Halbleiter großer Bandlücken“ (geleitet von Peter Wellmann) zusammen. Im Anschluss folgte eine zweistündige Poster Session, bei der insgesamt 24 Poster zu den verschiedensten Themen der Kristallzuchtung ausgestellt wurden. Hierbei konnte man mit den Ausstellern und anderen Interessierten über die Poster und Beiträge diskutieren, Fragen stellen und schließlich ein Poster für den Posterpreis prämiieren. Der 2. Tagungstag endete nach der Poster Session mit der letzten, von Tina Sorgenfrei geleiteten Vortrags Session zum Thema „Silicium II“.

Anschließend fand in der Heidemensa eine kleine Abschlussabendveranstaltung zum Ausklang statt. Hierbei wurde neben Danksagungen der diesjährige Posterpreis verliehen [Robert Menzel, *Silizium-Granulat-Eigentiegelverfahren – Ergebnisse erster Experimente und numerischer Simulation*]. Dazu gab es ein gesponsertes Abendbuffet und gute jazzige Musik.

Am Freitagvormittag gab es noch zwei letzte Vortrags Sessions zu den Themen „Epitaxie“ (geleitet von Michael Heuken) und „Silicium III“ (geleitet von Peter Dold), welche mit ein paar kurzen Schlussworten und einer Führung am Fraunhofer CSP abgeschlossen wurden. Somit fand die diesjährige Kristallzuchtungstagung einen schönen Ausklang, und wir

freuen uns auf die nächste Deutsche Kristallzuchtungstagung in Frankfurt am Main.

Abschließend möchte ich der DGKK recht herzlich danken, dass ich durch ihre finanzielle Unterstützung die Möglichkeit hatte, kurzfristig zu dieser Tagung zu reisen und daran teilzunehmen. Für mich bot diese Tagung einen tieferen Einblick in die Themen rund um die Kristallzuchtung, zeigte mir neue Orientierungsmöglichkeiten für die Zukunft und bestärkte mich darin, den richtigen Masterstudiengang gewählt zu haben. Besonders gut gefallen hat mir der familiäre Umgang untereinander, wodurch es leicht die Möglichkeit gab, neue interessante Kontakte zu knüpfen. Zwar konnte man als Student nicht jedem Vortrag zu 100% folgen, da teilweise recht spezielle Themen präsentiert wurden, doch konnte ich persönlich feststellen, dass die theoretischen Lehrinhalte des Studiums tatsächlich breite Anwendung in der praktischen Kristallzuchtung finden. Dennoch war für mich die Führung für die junge DGKK am Fraunhofer CSP ein persönliches Highlight, da hier die bereits im Studium gelernten Inhalte der Technik hautnah und in beeindruckender Größe vorgestellt wurden und man so einen interessanten Einblick in die moderne Technik der Kristallzuchtung erhalten hat.



# GERO

30-3000°C

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

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

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

**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)

### 3. Seminar der jDGKK in Halle (Saale)

Bericht zum 3. Seminar der jDGKK über aktuelle Forschungsarbeiten auf dem Gebiet Kristallzüchtung und Epitaxie am 11. & 12. März 2014 in Halle (Saale)

T. Sorgenfrei Kristallographie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

**Im Vorfeld der diesjährigen DKT fand inzwischen zum 3. Mal das Seminar der Jungen DGKK über aktuelle Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Kristallzüchtung und Epitaxie in Halle (Saale) statt. Bei der jDGKK handelt es sich um eine Initiative, die den wissenschaftlichen Austausch und die Kommunikation zwischen Nachwuchskristallzüchtern in Deutschland fördern möchte. Die Gründung und Idee dieser Initiative wurde auf der DKT 2010 in Freiburg erstmals vorgestellt, ist seither aktiv und veranstaltet seit 2012 regelmäßige Seminare.**



Gruppenbild der Seminarteilnehmer

Foto: M. Ernst

Das zweitägige Seminar mit über 30 Teilnehmern startete am 11.3.14 und fand in den Räumlichkeiten des Fraunhofer CSP statt. Eröffnet wurde die Veranstaltung durch eine kurze Begrüßung von Malte Ernst (CSP Halle), der dankenswerterweise die Organisation vor Ort und die Seminarleitung übernommen hat. Im ersten Teil des Seminars hielten Prof. Dr. P. Rudolph, Prof. Dr. A. Cröll und Prof. Dr. P. Dold Vorlesungen zu verschiedenen Themenbereichen aus Kristallzüchtung und Kinetik.

In den Pausen zwischen den Vorlesungen wurden zwei Postersessions abgehalten, die den Seminarteilnehmern die Gelegenheit gaben, ihre aktuellen Forschungsarbeiten vorzustellen und zu diskutieren und zudem neue Kontakte zu knüpfen. Das Programm war mit 20 Postern sehr vielfältig, und es wurden Beiträge aus vielen verschiedenen Disziplinen der Kristallzüchtung, -charakterisierung, Kristallographie und den Materialwissenschaften präsentiert.

Für den Abend wurde ein gemeinschaftliches Treffen in der

Innenstadt von Halle organisiert, welches von den meisten Seminarteilnehmern wahrgenommen und zum gegenseitigen Kennenlernen genutzt wurde.

Am nächsten Morgen fand dann eine geführte Besichtigung des Fraunhofer CSP statt, dessen Labore und Anlagen im industriellen Maßstab sehr beeindruckend waren.

Insgesamt war das Seminar eine bunte Mischung aus Vorlesungen und wissenschaftlichen Beiträgen aus den Themenbereichen Volumenkristallzüchtung, Epitaxie, Werkstoffwissenschaften, Photovoltaik und Physik und war aufgrund der Vielzahl an Beiträgen und der anschließenden Diskussionen sehr interessant. Mit diesem gegenseitigen Kennenlernen und dem Überblick über einerseits die Arbeitsgebiete der einzelnen Teilnehmer und andererseits die prinzipiellen Möglichkeiten zur Kristallzüchtung und Charakterisierung an den einzelnen Instituten konnten eine Basis für künftige Zusammenarbeit und Anlaufstellen für spezielle Fragen geschaffen werden. Die vielen positiven Rückmeldungen der Seminarteilnehmer und die stabile Teilnehmerzahl zeigen, dass die Initiative der jDGKK auf dem richtigen Weg ist und sich etabliert. Erfreulicherweise hat die Gesellschaft für Kristallographie (DGK) ebenfalls eine Initiative für Nachwuchswissenschaftler („Junge Kristallographen“) gegründet, und in Zukunft werden die jDGKK und die Jungen Kristallographen eine enge Zusammenarbeit, den gegenseitigen Austausch und auch die Organisation gemeinsamer Veranstaltungen anstreben.

Ganz besonderer Dank gilt zum Einen dem Vorstand der DGKK, der die Aktivitäten der jDGKK in jeder Hinsicht und vor allem finanziell unterstützt, und zum Anderen Ludwig Stockmeier (Fraunhofer THM), Malte Ernst (Fraunhofer CSP) und Frank Zobel (Fraunhofer CSP) für die Organisation dieses gelungenen Seminars.



Malte Ernst (Fraunhofer CSP) während der Eröffnung des Seminars, links neben ihm die Vortragenden (v.l.) Prof. Cröll, Prof. Dold und Prof. Rudolph

Foto: M. Ernst



Die beiden Postersessions fanden großen Anklang, und mit 20 Beiträgen waren viele unterschiedliche Bereiche aus Kristallzüchtung, -charakterisierung und Materialwissenschaften vertreten.

Foto: M. Ernst

Das Kristallographische Institut wurde im Jahre 1964 an der Albert-Ludwigs-Universität gegründet. Nach Prof. Dr. Siegfried Haussühl (1964-1966), Prof. Dr. Rudolf Nitsche (1968-1988) und Prof. Dr. Klaus W. Benz (1988-2003) ist seit 2003 Prof. Dr. Arne Cröll Inhaber des Lehrstuhls für Kristallographie. Daneben leitete von 1979 - 2006 Prof. Dr. Volker Krämer die Abteilung für Allgemeine und Analytische Kristallographie.

Im Jahr 1990 entstand das „Freiburger Materialforschungszentrum“ (FMF) mit maßgeblicher Beteiligung von Prof. Benz als einem der Gründungsdirektoren. Bis heute arbeitet die damals gebildete Arbeitsgruppe der Kristallographie sehr erfolgreich an der Züchtung und Charakterisierung von Halbleitermaterialien zur Strahlungsdetektion, nun unter der Leitung von Prof. Fiederle. Im Jahr 2008 konnte ein eigener englischsprachiger Master-Studiengang „Crystalline Materials“ eingeführt werden, der sich einer rapide wachsenden, internationalen Beliebtheit erfreut.

Die Hauptinteressen der Professur für Kristallographie liegen nach wie vor in der Züchtung und Charakterisierung von Einkristallen speziell zur Optimierung der Eigenschaften von Halbleitermaterialien, aber auch in der Untersuchung neuer Materialien, z. B. für Detektoren oder für die Energiekonversion. Hierzu werden Züchtungsexperimente unter terrestrischen und Mikrogravitationsbedingungen, auch mit externen Feldern, durchgeführt. Unterstützt werden die Experimente durch die numerische Simulation des Stoff- und Wärmetransportes in den Metall- und Halbleiterschmelzen. Zur Charakterisierung sind im Institut vor allem die klassischen Röntgenmethoden, Licht- und Rasterelektronenmikroskopie sowie Methoden zur Messung der elektronischen und optischen Eigenschaften verfügbar. Darüber hinaus werden Arbeiten an Synchrotron-Strahlenquellen zur in-situ Defekt-Dynamik (ANKA) und Hochdruckphasenumwandlungen (DESY) durchgeführt.

## Programm

Freitag, 31.10.2014

- 8.30 Uhr Prof. Dr. Gunther Neuhaus  
*Prorektor für Forschung der Albert-Ludwigs-Universität*
- 8.45 Uhr *Dekan der Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen*
- 9.00 Uhr Prof. Dr. Arne Cröll  
*Kristallographie, Uni Freiburg*
- 9.15 Uhr Prof. Dr. Klaus W. Benz  
*Kristallographie, Uni Freiburg & FMF*
- 9.45 Uhr Dr. Jochen Friedrich  
*Vorsitzender der DGKK, Fraunhofer IISB, Erlangen*
- 10.15 Uhr Kaffeepause
- 11.00 Uhr Prof. Dr. Wolfgang Schmahl  
*Vorsitzender der DGK, Kristallographie, LMU München*
- 11.30 Uhr Prof. Dr. Susan Schorr  
*Kristallographie, FU Berlin*
- 12.00 Uhr Prof. Dr. Peter Dold  
*Fraunhofer CSP, Halle*
- 12.30 Uhr Mittagspause
- 14.00 Uhr Prof. Dr. Peter Rudolph  
*CTC Berlin*
- 14.30 Uhr Prof. Jeffrey J. Derby  
*CEMS University of Minnesota*
- 15.00 Uhr Prof. Dr. Wolfgang Neumann  
*Editor-in-Chief CRT, Humboldt-Universität zu Berlin*
- 15.30 Uhr Kaffeepause
- 16.00 Uhr Prof. Dr. Harald Hillebrecht  
*Anorganische Chemie, Uni Freiburg*
- 16.30 Uhr Dr. Georg Bischofink  
*Robert Bosch GmbH, Stuttgart*

ab 19.00 Uhr gemeinschaftliche Abendveranstaltung

Samstag, 1.11.2014

- ab 10.00 Uhr Besichtigung der Labore der Kristallographie und des FMF & der ehemaligen Räumlichkeiten der Kristallographie in der Hebelstr. 25

## Anmeldung

Bitte melden Sie sich bis spätestens 31. Juli 2014 an.

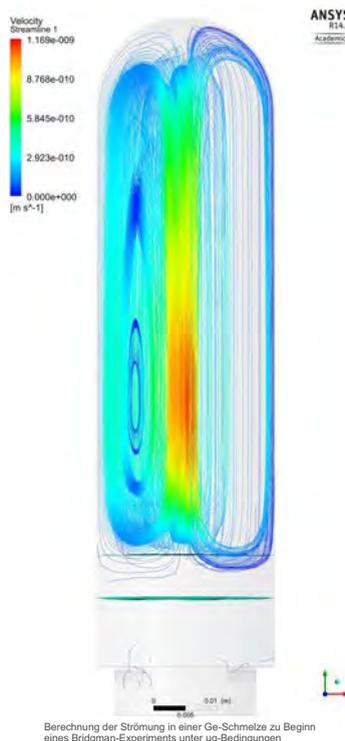
Tagungsort: Haus zur Lieben Hand  
Löwenstr. 16  
79098 Freiburg

(Freiburg Innenstadt, der Tagungsort ist in 10 min zu Fuß vom Freiburger Hbf zu erreichen.)

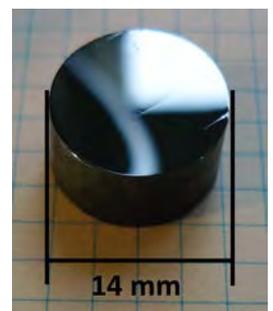
Tagungsbeitrag: 50,-€ (inkl. Abendveranstaltung)

Anmeldung & weitere Informationen:  
[www.krist.uni-freiburg.de](http://www.krist.uni-freiburg.de)

Kontakt: [tina.sorgenfrei@fmf.uni-freiburg.de](mailto:tina.sorgenfrei@fmf.uni-freiburg.de)



Dik-Aufnahme eines Sn<sub>2</sub><sup>+</sup>-Blättchens



polierte Scheibe eines Bridgman-SnS-Kristalls

## Organisation

Prof. Dr. Arne Cröll  
Dr. Andreas Danilewsky  
Prof. Dr. Michael Fiederle  
Dr. Tina Sorgenfrei

## DGKK-Personen

### Prof. Dr. Wolf Aßmus zum 70. Geburtstag

Franz Ritter, Goethe-Universität Frankfurt/M.

Im März dieses Jahres ist Prof. Dr. Wolf Aßmus 70 Jahre alt geworden.

Seit 1976 ist Wolf Aßmus Mitglied der DGKK. Schon 1 Jahr früher hatte er als noch junger Wissenschaftler Aufbau und Leitung des Kristall-Labors des Physikalischen Instituts der Goethe-Universität in Frankfurt übernommen. Die Kristallzucht hatte damals bereits beträchtliche Tradition in Frankfurt mit Aktivitäten in verschiedenen Organisationseinheiten der Universität und dem „Frankfurter Kristallverein“ als lockerem Zusammenschluss der auf diesem Gebiet tätigen Wissenschaftler. Unter Wolf Aßmus wurde die Kristallzucht rasch zu einem der Arbeitsschwerpunkte am Physikalischen Institut und sicherte die Materialbasis für das Institut, vor allem aber für den entscheidend wichtigen Sonderforschungsbereich 65 „Festkörperspektroskopie“ Frankfurt/Darmstadt.

Thematisch war der Arbeitsgruppenaufbau durch Wolf Aßmus gekennzeichnet durch Hinwendung zu den schwierig zu züchtenden intermetallischen Seltenerd-Legierungen und dem dafür erforderlichen Technologieaufbau. Seitdem sind in Deutschland Arbeitskreistreffen auf dem Gebiet der intermetallischen Einkristalle ohne die Mitwirkung seiner Arbeitsgruppe fast nicht denkbar.

Wegen der reaktionsfreudigen Metallschmelzen war es notwendig, alle relevanten Prozessschritte unter Schutzgas und im „kalten Tiegel“ bzw. tiegelfrei durchzuführen. Die Verwendung tiegelfreier Schmelzverfahren wurde daraufhin zum „Markenzeichen“ für die von Wolf Aßmus in Frankfurt betriebene Kristallzucht.

Bei den metallischen Schmelzen bedeutete dies Schwebeschmelzen aus dem Kaltschmelztiegel vom Hukin-Typ, bei Isolatoren wurde von Wolf Aßmus das „Skullschmelzen“ genannte Sinterkrustenschmelzen technologisch stark weiterentwickelt.

Durch die Expertise auf dem Gebiet hochreiner Schmelzen aggressiver oder sehr hochschmelzender Materialien eröffneten sich für Wolf Aßmus vielfältige Kooperationsmöglichkeiten mit Industrieunternehmen auf dem Gebiet der Schmelztechnologie. Die Zweigleisigkeit des Labors, Zucht von Kristallen für die Grundlagenforschung, daneben aber auch Kooperationen mit Industrieunternehmen auf meist verfahrenstechnischem Feld, war ein großer Vorteil für die Studenten in der Arbeitsgruppe, die so Einblicke in ein breites Spektrum möglicher Berufstätigkeit auf ihrem Forschungsfeld bekamen. Dem Sonderforschungsbereich aus der Anfangsphase sollten noch drei weitere und daneben mehrere Schwerpunktprogramme folgen. Die erfolgreiche Symbiose aus aktiver Festkörperforschung mit darin eingebundener methodenreicher Kristallzucht führte bei Wolf Aßmus zu mehr als 300 Publikationen auf verschiedenen Gebieten der Festkörperphysik, Materialforschung und Kristallzucht. Die Verleihung der Gerald Kucera Professur 2003 würdigte seinen Beitrag

zur Etablierung des starken Festkörperphysikstandorts an der Goethe-Universität in Frankfurt

Wolf Aßmus war von 2006 bis 2009 Vorsitzender unserer DGKK, die Forschungslandschaft auf dem Gebiet der Kristallzucht in Deutschland prägt er auch über Gutachter- und Beiratstätigkeit seit längerem signifikant mit.

Vielleicht noch erstaunlicher als diese beruflichen Erfolge ist für mich aber, dass es Herr Aßmus geschafft hat, in einer Zeit, da die Zahl der an Universitäten betriebenen Kristallzuchtungslabors immer geringer wurde, die Existenz eines solchen Labors in einem Fachbereich Physik dauerhaft zu etablieren.

Das von ihm als jungem Wissenschaftler aufgebaute Frankfurter Kristall- und Materialentwicklungslabor wurde von Wolf Aßmus stets so erfolgreich hinsichtlich seines Forschungsprogramms positioniert, dass dieser Laborbereich mit Erreichen seines beruflichen Ruhestands vor zwei Jahren nicht „abgewickelt“ wurde, sondern es stattdessen wieder zur Ausschreibung einer der Kristallzucht und Materialentwicklung gewidmeten Professur kam. Die auf der gerade vergangenen Kristallzüchtertagung in Halle von Prof. Cornelius Krellner als tatkräftigem Nachfolger ausgesprochene Einladung zur Tagung im nächsten Jahr in Frankfurt am Main dokumentiert am deutlichsten diesen Erfolg.

Offenbar ist die Arbeit auf dem Gebiet der Kristallzucht aber auch Wolf Aßmus selbst gut bekommen. Er kommt im Rahmen einer Seniorprofessur nach wie vor regelmäßig zur Mitwirkung in Gremien, Lehrveranstaltungen und Fachgesprächen in die Universität. Weiterhin nimmt er an den seinerzeit von ihm ins Leben gerufenen jährlichen Wanderausflügen der Kristallzuchtungsgruppe in den Allgäuer Alpen teil. Angesichts der im Kristallzüchterleben erworbenen Fitness muss er dort, um der von ihm geführten Studentinnen und Studenten willen, bisweilen etwas in seinem Ehrgeiz gebremst werden.

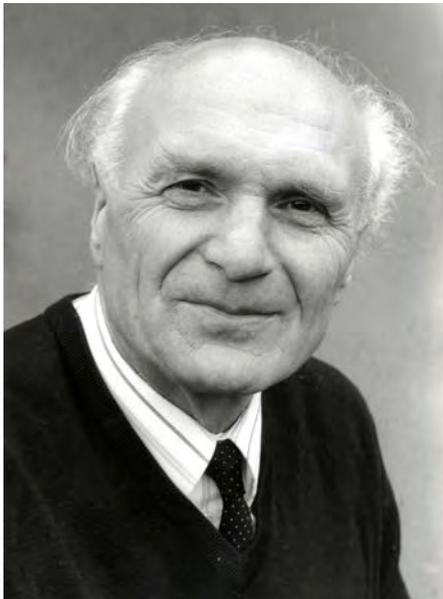
Wir wünschen Wolf Aßmus natürlich, dass es gesundheitlich noch lange so weitergeht



Prof. Wolf Aßmus am Gipfelkreuz des hohen Ifen

## Nachruf für Siegfried Haussühl

L. Bohatý, Universität zu Köln



Siegfried Haussühl (25.11.1927 – 07.01.2014)

Am 7. Januar 2014 verstarb in seinem siebenundachtzigsten Lebensjahr Siegfried Haussühl, einer der herausragenden Persönlichkeiten der Kristallographie seiner Generation. Er prägte die Kristallographie in den Bereichen Kristallphysik und Kristallzüchtung in Deutschland über ein halbes Jahrhundert wie kein Anderer. Die Deutsche Gesellschaft für Kristallographie würdigte 1998 sein wissenschaftliches Lebenswerk durch die Verleihung der Carl-Hermann-Medaille.

Siegfried Haussühl wurde in Mittelfranken, in Gunzenhausen, am 25. November 1927 geboren und wuchs in Nagold auf, wo er die Volksschule und ab 1937 die dortige Oberschule besuchte. Noch keine 16 Jahre alt wurde er im Herbst 1943 als Flakhelfer eingezogen, kam anschließend zum Heer und geriet am Kriegsende im April 1945 in amerikanische Kriegsgefangenschaft, aus der er erst im Herbst 1946 entlassen wurde. Zurück in Nagold setzte er die Schulausbildung fort und legte im März 1948 die Reifeprüfung ab.

Naturwissenschaftlich breit interessiert begann er an der Universität in Tübingen im WS 1948/1949 mit dem Studium der Chemie, wandte sich jedoch bald der Physik zu. Hier an der Universität Tübingen konnte er auch seine große Liebe zur Mathematik pflegen. Nach Ablegen der Vorprüfung im Diplomstudiengang Physik im Sommersemester 1951 bot ihm Walter Kossel ein Thema für seine Diplomarbeit mit dem Titel *Elektroneninterferenzen an dünnen MoS<sub>2</sub>-, CdJ<sub>2</sub>- und PbJ<sub>2</sub>-Einkristallen im konvergenten Bündel* an - ein Thema, das sowohl eine Herausforderung für den Experimentator beim Einsatz der von Kossel und Möllerstedt entwickelten Technik der Durchstrahlung von Kristallproben im konvergenten Elektronenstrahlbündel mittels einer in der Kossel-Gruppe aufgebauten Apparatur darstellte, als auch ein tiefes Verständnis

der dynamischen Theorie der Elektronenbeugung verlangte. Spätere Studenten von S. Haussühl konnten davon als Hörer der während seiner aktiven Hochschullehrerzeit immer wieder angebotenen Spezialvorlesung über Elektronenbeugung erfahren. Im Sommer 1953 schloss er das Diplomstudium der Physik ab und suchte ein geeignetes Thema für seine Doktorarbeit.

Während der Diplomarbeit kam S. Haussühl zum ersten Male mit Kristallen in Berührung – im Weiteren wurden Kristalle und ihre Eigenschaften zum Zentrum seines wissenschaftlichen Interesses. 1952 wurde der Mineraloge und Kristallograph Kurt Spannenberg, zu dessen Arbeitsgebieten Kristallwachstum, aber auch physikalische Kristalleigenschaften und ihre Gesetzmäßigkeiten gehörten, auf den Lehrstuhl der Mineralogie in Tübingen als Nachfolger von R. Nacken berufen. S. Haussühl hatte bereits während seiner Diplomarbeit Kontakte zum Mineralogischen Institut, weil er von dort die Proben von MoS<sub>2</sub> für seine Elektronenbeugungsversuche erhalten hatte. K. Spannenberg schlug S. Haussühl eine Doktorarbeit über elastische Eigenschaften isotyper Kristalle vor. Untersuchungen von Eigenschaften isotyper Kristalle bieten die Möglichkeit, die mit dem Austausch von strukturellen Bausteinen einhergehenden Änderungen der Eigenschaften unmittelbar zu erfassen und damit den Zugang zum Verständnis von Struktur-Eigenschaft-Gesetzmäßigkeiten zu ebnet. Thema der Doktorarbeit bei K. Spannenberg waren die elastischen Eigenschaften der isotypen Reihe der Alkalihalogenide vom NaCl-Typ. Die Faszination des Elastischen entsprang für S. Haussühl aus der fundamentalen Bedeutung der elastischen Eigenschaften für das Verständnis des kristallinen festen Körpers. Die theoretischen Arbeiten von Max Born und Kun Huang (*Dynamical Theory of Crystal Lattices, 1954*) sowie von Günther Leibfried (*Gittertheorie der mechanischen und thermischen Eigenschaften der Kristalle, 1955*) waren in dieser Zeit hochaktuell.

In der 1956 abgeschlossenen Doktorarbeit *Die elastischen Eigenschaften der Alkalihalogenide des Steinsalz-Typus* wird bereits deutlich, was den Wissenschaftler Siegfried Haussühl auszeichnete: Untersuchungen wurden nur an mit größter Sorgfalt hergestellten Präparaten aus Kristallen hoher Qualität durchgeführt, wobei die Präzision der gewonnenen Daten durch eine Weiterentwicklung der eingesetzten Methoden weiter gesteigert wurde. Das von ihm während seiner Doktorarbeit entwickelte „verbesserte Schaefer-Bergmann-Verfahren“ der Beugung von Lichtwellen an stehenden Ultraschallwellen ist ein Beispiel dafür. Dabei klammerte er auch schwierige, experimentell nicht leicht handhabbare, beispielsweise stark hygroskopische Kristalle nicht aus. Es sollten möglichst alle Mitglieder der isotypen Reihe unter gleichen Bedingungen, d.h. „aus einem Guss“ untersucht werden. Einkristalle der nicht-hygroskopischen bzw. weniger hygroskopischen Alkalihalogenide konnten gekauft werden, große Einkristalle der schwer zu züchtenden Alkalihalogenide LiBr, NaBr,

Nal, RbCl, RbBr und RbI züchtete S. Haussühl gemeinsam mit H. Leibssle (der die piezooptischen Eigenschaften der Alkalihalogenide bearbeitete) aus der Schmelze nach dem Kyropoulos-Verfahren. Entwicklung von geeigneten Methoden der Präparation dieser hygroskopischen und plastisch leicht deformierbaren Kristalle mit hohen Planparallelitätsanforderungen an die Präparate verdeutlichen die außergewöhnlichen experimentellen Fähigkeiten von S. Haussühl bereits in diesen frühen Jahren.

Nach Abschluss der Doktorarbeit wurde er wissenschaftlicher Mitarbeiter und später Wissenschaftlicher Assistent am Mineralogischen Institut der Universität Tübingen, dessen Leitung nach dem Tode von Kurt Spannenberg im Januar 1957 ab November 1957 Wolf von Engelhardt übertragen wurde. In Tübingen habilitierte sich S. Haussühl 1960 im Fach Mineralogie mit der Arbeit *Struktur und Eigenschaften der Alaune*, in die er mehr als 60 Alaunarten, ihre Wachstumseigenschaften, die Züchtung großer Individuen sowie dielektrische und elastische Eigenschaften einbezog. Nach den detaillierten Untersuchungen der Alkalihalogenide in seiner Doktorarbeit und den folgenden Untersuchungen der isotypen Kristalle vom CsCl-Typ und der Guanidiniumaluminiumsulfat-Hexahydrat-Gruppe erwies sich die Familie der Alaune mit ihren drei strukturellen Varianten und den vielfältigen Substitutionsmöglichkeiten (des Kaliums und des Aluminiums durch zahlreiche einwertige und dreiwertige Kationen, des Schwefels durch Selen und von  $H_2O$  durch  $D_2O$  in der Struktur der „Stammsubstanz“  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ) als eine wichtige Quelle, um Gesetzmäßigkeiten von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, insbesondere für elastische Eigenschaften zu erarbeiten. Die hier gewonnenen, auf sorgfältigen experimentellen Untersuchungen basierenden Erkenntnisse fanden zuerst ihren Niederschlag in der 1967 publizierten Arbeit über die Abweichungen von den Cauchy-Relationen, in der er qualitative Regeln für diese Abweichungen aufstellte und eine elegante, die Analyse erleichternde Darstellung der Abweichung durch einen Tensor zweiter Stufe einführte, und stellen den Ausgangspunkt seiner Analyse elastischer Kristalleigenschaften dar, die schließlich zu den in den 90er Jahren publizierten S-Werten und ihrem quasi-additiven Verhalten führte.

Zum 1. April 1964 nahm er den Ruf auf den außerordentlichen Lehrstuhl für Kristallographie an der Universität Freiburg an, eine Ernennung zum Ordentlichen Professor erfolgte im April 1966. Wenige Monate später folgte er am 1. August 1966 dem Ruf auf den neu eingerichteten Lehrstuhl für Kristallographie an der Universität zu Köln. Köln wurde seine wissenschaftliche Wirkungsstätte für die nächsten vierzig Jahre. Für das neue Institut für Kristallographie waren Räume in einem im Frühjahr 1966 fertig erstellten Gebäude an der Zulpicher Str. 49b vorgesehen, das vom Mineralogen Karl Jasmund initiiert und geplant worden war und in dem auch das Mineralogisch-Petrographische Institut seine Räume hatte.

S. Haussühls Doktor- und Habilitationsarbeit stehen am Anfang eines langen, wissenschaftlich fruchtbaren und konsequent beschrittenen Weges, dessen Ziel das Erfassen der Vielfalt von und eine Vertiefung des Verständnisses für elastische, thermo- und piezoelektische Kristalleigenschaften war.

Dabei war es ihm ein wichtiges Anliegen, auch Kristalle niedriger Symmetrie in seine, meist durch kristallchemische Überlegungen motivierten Untersuchungen mit einzubeziehen. Hier war es notwendig, die Mess- und Auswertestrategien für die Bestimmung aller Komponenten des elastischen Tensors und seiner Druck- und Temperaturabhängigkeit zu entwickeln und zu optimieren. Als Folge dieses Strebens wurden 1969 in seinem Institut zum ersten Male alle 21 unabhängigen Komponenten des Elastizitätstensors eines triklinen Kristalls, des Kupfersulfat-Pentahydrats, mit hoher Genauigkeit bestimmt. In den darauf folgenden Jahren wurden in Köln derartige Bestimmungen an einer Vielzahl trikliner und monokliner Kristalle durchgeführt.

Darüber hinaus stellte er für seine Forschungsaktivität ein sehr breit angelegtes Programm über den Zusammenhang von Struktur und Eigenschaften auf: Über das zunächst vorrangig behandelte elastische Verhalten hinaus bezog er nun thermische, pyroelektrische, dielektrische und piezoelektrische Eigenschaften sowie Effekte der klassischen höheren Optik wie elektrooptische und piezooptische Effekte, aber auch die optische Frequenzverdopplung mit ein. Für die Durchführung seines „Tübinger Programms“, wie er seinen wissenschaftlichen Fahrplan in späteren Jahren manchmal bezeichnete, war die Herstellung von Einkristallen guter Qualität sowie der Aufbau von Apparaturen für die Präzisionsmessungen der Kristalleigenschaften eine wichtige Voraussetzung. Deshalb war er stets auch an einer Verbesserung der experimentellen Techniken zur Untersuchung von tensoriellen Effekten, auch solcher höherer Ordnung, sehr interessiert. Besondere Aufmerksamkeit widmete er nicht-zentrosymmetrischen Kristallen und ihren Eigenschaften. In diesem Zusammenhang müssen seine Untersuchungen der Iodate und Bromate genannt werden, insbesondere die Entdeckung der sehr beachtlichen nichtlinearen optischen Koeffizienten und der piezoelektrischen Konstanten des hexagonalen Lithiumiodats,  $LiIO_3$ , aber auch das trigonale Kaliumbromat,  $KBrO_3$ , und das hexagonale saure Aluminiumiodat,  $Al(IO_3)_3 \cdot 2HIO_3 \cdot 6H_2O$ .

Während er zunächst Kristalle mit strukturellen Phasenumwandlungen ausklammerte, widmete er sich später diesem Thema und der damit einhergehenden thermo- und piezoelektischen Eigenschaften explizit. Ein erster Höhepunkt dieser Untersuchungen war unzweifelhaft die Entdeckung des unerwarteten anomalen thermoelastischen Verhaltens von Kaliumcyanid, KCN, dessen elastische Scherkonstante  $c_{44}$  sich während der Abkühlung verkleinert und gar gegen den Wert Null kurz vor dem Erreichen der durch Einfrieren von Freiheitsgraden der CN-Gruppe gekennzeichneten Phasenumwandlung bei etwa 154 K strebt.

Umfangreiche Untersuchungen weiterer Alkalimetallcyanide und von Mischkristallen zwischen Alkalimetallcyaniden und -halogeniden lieferten eine experimentelle Grundlage für das theoretische Verständnis dieses Verhaltens. Ein dem des KCN analoges Verhalten der Kristalle von  $Ni(NO_3)_2 \cdot 6NH_3$  war ein weiteres von ihm publiziertes Beispiel eines solchen anomalen Verhaltens.

Über viele Jahre wurden in seinem Institut lichtinduzierte Phasenübergänge und metastabile Zustände in Natrium-Nitroprussid,  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5(\text{NO})] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , und später auch in anderen Nitroprussiaten und analogen Ruthenium-Verbindungen experimentell detailliert untersucht und damit wesentliche Beiträge zum Verständnis dieser Phänomene erarbeitet.

Es gibt wohl keinen zweiten Wissenschaftler, der eine so unglaubliche Zahl von unterschiedlichen Kristallarten in großen (d.h. mindestens  $1 \text{ cm}^3$ ) Individuen möglichst hoher, durch die Ansprüche der Kristallphysik diktiert Qualität gezüchtet hat, wie S. Haussühl. Von einfachen und komplexen anorganischen Verbindungen, über Salze organischer Säuren bis hin zu reinen organischen Molekülverbindungen reicht die Palette seines Kristallschatzes, wobei er praktisch das ganze Periodensystem einbezogen hatte. Die publizierten Ergebnisse seiner kristallphysikalischen Untersuchungen lassen erahnen, welchen Umfang die Früchte seiner kristallzüchterischen Tätigkeit erreichten, denn die Basis jeder seiner kristallphysikalischen Messung waren große Einkristalle. Die Züchtung aus niedrigtemperierten Lösungen - nicht nur wässrigen, sondern auch aus unterschiedlichen Alkoholen und Xylol, um einige weitere zu nennen - war seine hauptsächlich, jedoch nicht ausschließlich angewandte Methode. Bereits 1964 berichtete er in einer Arbeit mit dem Titel *Das Wachstum großer Einkristalle* über eigene Beobachtungen und Erfahrungen, die von ihm „bei der Herstellung von etwa 1500 großen Einkristallen aus über 120 verschiedenen Kristallarten und bei Kristallisationsversuchen an zahlreichen anderen Substanzen gesammelt wurden.“ Die Zahl der Kristalle und der Umfang der Verbindungen erhöhten sich in den folgenden Jahren um ein Vielfaches!

Da jede Verbindung eigene optimale Bedingungen für ihre Kristallisation besitzt, wurden unzählige Vorversuche durchgeführt. Gemeinsam mit seinen Mitarbeitern gelang S. Haussühl eine Entwicklung von Lösungszüchtungsapparaturen und eine Optimierung hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit in Dauerversuchen sowie ihrer Eignung für Substanzen unterschiedlicher Zusammensetzung. Eine nahezu universell anwendbare Strategie der Lösungszüchtung bei niedrigen Temperaturen, die manchmal „die Kölner Methode“ genannt wird, wurde und wird weiterhin von seinen Schülern praktiziert. S. Haussühl verstand es, das Interesse an der Kristallzüchtung bei vielen seiner Mitarbeitern zu wecken, und so blieb es nicht aus, dass im Institut für Kristallographie in Köln das Arsenal an großen Einkristallen einen sehr beachtlichen Umfang erreichte.

S. Haussühls besonderes Interesse galt auch der Perfektion der mit seiner Methode gezüchteten Kristalle. Schon in den frühen 1960er Jahren äußerte er die Überzeugung, dass seine Kristalle, insbesondere auch die organischen Kristalle, zumindest bereichsweise völlig frei von Baufehlern gezüchtet werden können. Dies wurde später in Köln durch die röntgentopographischen Untersuchungen seines Doktoranden Helmut Klapper eindrucksvoll bestätigt.

Als Hochschullehrer konnte er die Teilnehmer seiner Veranstaltungen begeistern und mitreißen. In seinen herausra-

genden Vorlesungen vermittelte er dem Zuhörer in strenger Art und Weise, lückenlos in einer Kette der nacheinander folgenden Schritte die Grundlagen, die zu einem Erfassen und Beherrschen des behandelten Gebietes notwendig waren. Er vermittelte alle mathematischen und physikalischen Werkzeuge zum praktischen Arbeiten mit Kristallen. Hier unterschieden sich seine Vorlesungen grundsätzlich in ihrer Art von einer beschreibenden Darstellung der Kristallographie – so wie es zu seiner Zeit leider an manchen Orten noch üblich war – kontrastreich. Für uns, seine Schüler, waren und sind seine didaktischen Fähigkeiten ein Vorbild. Seine Bücher, z.B. die *Kristallphysik*, bieten dagegen eine sehr konzentrierte Darstellung des Stoffes, die dem Anfänger den Zugang nicht leicht macht, für einen Erfahrenen jedoch stellen seine Bücher eine wertvolle Fundgrube dar.

Mit gleicher Leidenschaft, mit der er seine Forschung betrieb, suchte S. Haussühl bereits Ende der 1960er Jahre nach Wegen, eine deutsche kristallographische Gesellschaft zu gründen. Die Zeit war jedoch noch nicht reif, es gelang ihm nicht, die notwendige Mehrheit der Kollegen zu überzeugen. Deshalb initiierte er dann gemeinsam mit Kollegen aus dem Hochschulbereich und der Industrie, die an grundsätzlichen Fragen des Kristallwachstums, aber auch an den praktisch-angewandten Aspekten der Kristallzüchtung interessiert waren, unter anderen J. Liebertz, R. Nitsche und J. Grabmaier, die 1970 erfolgte Gründung der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK), derer erster Vorsitzender er wurde. Die älteren seiner Schüler erinnern sich gerne der lebendigen und vielseitigen Tagungen der DGKK in den 1970er Jahren sowie an die mehrfach in Köln und Bonn veranstalteten Kurse zur Kristallzüchtung.

Von 1977 bis 1987 gestaltete S. Haussühl als einer der Herausgeber (Editors-in-Chief) insgesamt 36 Bände der Zeitschrift für Kristallographie (Bände 146 bis 181) – all die Jahre gemeinsam mit H.G. von Schnering mit der Assistenz von W. Hönle - bis er nach zehn Jahren den Stafettenstab an H. Schulz, München, übergab.

Während seiner gesamten aktiven Hochschullehrerzeit und auch nach seiner Emeritierung 1993 bis zu seiner schweren Erkrankung im Frühjahr 2006 nützte S. Haussühl jede freie Minute für experimentelles Arbeiten. Die Ergebnisse, ein enormer Datenschatz tensorieller Kristalleigenschaften, fanden ihren Niederschlag in mehr als 300 referierten Publikationen, seine Erfahrungen flossen in vier, im Verlag Physik & Verlag Chemie bzw. Wiley VCH Verlag erschienene Lehrbücher (*Kristallgeometrie*, *Kristallstrukturbestimmung*, *Kristallphysik* und *Physical Properties of Crystals*) ein. In einer Zeit, in der in den meisten kristallographischen Instituten die Strukturforschung im Zentrum der wissenschaftlichen Aktivitäten stand, hat S. Haussühl durch die intensive wissenschaftliche Pflege der Felder des Kristallwachstums und der physikalischen Kristalleigenschaften die materialwissenschaftlich orientierte Kristallographie mit nachhaltiger Wirkung auf die nachfolgende Generation geprägt.

Für hilfreiche Beiträge zu diesem Nachruf möchte ich den Kollegen Prof. Dr. Helmut Klapper und Prof. Dr. Horst Küppers herzlich danken.

## DGKK-Nachrichten

### Orientierungshilfe für Solarzellen – Preisgekrönte Forschung an multikristallinen Siliziumwafern

**Auf der E-MRS-Tagung 2014 in Lille wurde Herr Toni Lehmann vom Fraunhofer THM in Freiberg mit dem „E-MRS Symposium W Graduate Student Award“ ausgezeichnet. Der Wissenschaftler konnte zeigen, dass bei bestimmten Gefügeeigenschaften von multikristallinen Siliziumwafern nur noch 1% der Waferoberfläche so genannte Versetzungscluster beinhaltet. Bei multikristallinen Standardwafern hingegen beträgt der Flächenanteil mit diesen schädlichen Kristallfehlern mehr als 10%. Mit seinen Forschungsergebnissen liefert Herr Lehmann wichtige Erkenntnisse darüber, in welche Richtung sich der industrielle Herstellungsprozess für multikristalline Siliziumwafer künftig entwickeln sollte. Mit einem derartig optimierten Siliziummaterial lassen sich Solarzellen mit noch höheren Wirkungsgraden herstellen und damit auch die Kosten für die Erzeugung von Photovoltaikstrom weiter senken.**

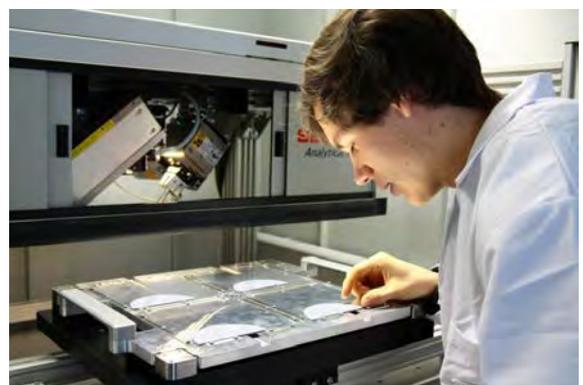
Die Gewinnung von Photovoltaikstrom erfolgt heutzutage überwiegend mit Siliziumsolarellen. Basis der Solarzellen sind Siliziumscheiben – so genannte Wafer – die aus großen Siliziumkristallen gefertigt werden. Die Siliziumkristalle werden industriell nach dem Prinzip der gerichteten Erstarrung aus einer Siliziumschmelze hergestellt. Verfahrensbedingt kommt es dabei in den Kristallen zur Ausbildung einer multikristallinen Gefügestruktur mit unterschiedlich großen und verschieden orientierten Körnern. Außerdem entstehen im Silizium strukturelle Kristallfehler in Form so genannter Versetzungscluster. Die Versetzungscluster senken die Ladungsträgerlebensdauer innerhalb der einzelnen Kristallkörner herab und limitieren damit den Wirkungsgrad der aus den Wafern hergestellten Solarzellen. Bislang gab es aber keinen statistisch belegbaren Zusammenhang zwischen dem Auftreten der Versetzungscluster und den Gefügeeigenschaften der multikristallinen Wafer.

Am Fraunhofer THM in Freiberg untersuchte Herr Lehmann mit einem sogenannten Korndetektor die Korngrößen in industriell hergestellten multikristallinen Siliziumwafern. Ein von dem Forscher mitentwickeltes röntgenbasiertes Metrologiegerät, ein so genannter Laue-Scanner, erlaubte die Bestimmung der Kornorientierung im Kristallmaterial. Anschließend konnte Herr Lehmann durch einen optischen Photolumineszenz-Scanners die Versetzungscluster auf den Waferoberflächen detektieren und deren Auftreten eins zu eins mit der Kornorientierung korrelieren.

Im Ergebnis der systematischen Untersuchungen ergab sich ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Auftreten spezifischer Kornorientierungen und dem Flächenanteil der Versetzungscluster auf einem Wafer. So treten die schäd-

lichen Versetzungscluster bevorzugt in  $\langle 111 \rangle$ - und  $\langle 112 \rangle$ -orientierten Kristallkörnern auf, da hier besonders viele Gleitebenen aktiviert werden können. Jedoch spielt die Größe der Körner dabei keine Rolle. Wenn die genannten Orientierungen nicht vorkommen, weisen sowohl Wafer mit kleinen Korngrößen als auch Wafer mit größeren Körnern verhältnismäßig wenige Versetzungscluster auf.

„Für diese herausragende wissenschaftliche Arbeit haben wir Herrn Lehmann vom Fraunhofer THM auf der E-MRS Frühjahrstagung, die 2800 Teilnehmer hatte, im Symposium W 'Kristalle für Energieerzeugung, -wandlung und -speicherung' mit dem E-MRS Symposium W Graduate Student Award ausgezeichnet“, erläutert Prof. Jeff Derby von der Universität Minnesota, USA, der dieses Symposium gemeinsam mit Kollegen aus Japan und Deutschland organisierte.



EMRS-Preisträger Toni Lehmann vom THM Freiberg bestückt seinen Laue-Scanner mit Forschungsproben von Solarwafern. Mit dem Laue-Scanner lassen sich die Kornorientierungen in multikristallinen Siliziumwafern detektieren.  
Foto: Fraunhofer THM

#### Ansprechpartner:

Dr. Jochen Friedrich, Fraunhofer IISB

## Improved quality control of silicon carbide epiwafers by a new, fast, and contactless inline inspection tool

**A new, fast, and contactless Defect Luminescence Scanner (DLS) for photoluminescence imaging of 4H-SiC epiwafers was developed under coordination of Fraunhofer IISB together with Intego GmbH. This DLS system enables a more efficient optimization of the production process of SiC epiwafers as well as an inline quality control along the device production chain. This will contribute to a cost reduction of the material and device production, and helps accelerating the further commercialization of SiC power devices.**

With respect to structural defects, such as micropipes or other dislocation types, and their densities in substrates and epilayers, the material quality of Silicon Carbide (4H-SiC) has been improved greatly within the last years. But still, the performance of especially SiC bipolar devices and the yield of device production may be limited by residual structural defects in the epiwafers. Such defects originate in the substrate material or are generated during the epitaxial process like, e.g. down-fall particles, stacking faults, and dislocations.

Up to now several characterization methods are well established for identification and distribution of such defects on the wafer level, but they are destructive (defect selective etching), cost-intensive (synchrotron x-ray topography) or time-consuming (both defect selective etching and x-ray topography). Hence, they are not suitable for a fast inline quality control of the material preparation and device production. As a non-destructive, contactless method allowing for identification of structural defects of 4H-SiC at room temperature, the photoluminescence (PL) technique is well known. In PL images, structural defects appear either as bright or dark items on the "grey" SiC background as 4H-SiC itself shows a low PL intensity due to its indirect band gap.

But, so far no PL setup exists which is fast enough for an inline defect analysis on full waferscale within a production environment. This obstacle has now been solved in the frame of the "SiC-WinS" project, funded by the

Bavarian Research Foundation (BFS) under contract number AZ-1028-12. Together with the metrology specialist Intego Vision Systeme GmbH, the new PL imaging tool called defect luminescence scanner (DLS) was designed and fabricated under coordination of Fraunhofer IISB. The DLS allows for short PL measurement cycles and high throughput of SiC epiwafers at a high lateral resolution of 5  $\mu\text{m}$ .

The DLS system is installed at Fraunhofer IISB and consists of a UV laser operating at 325 nm wavelength for PL excitation, a sample stage for scanning the SiC epiwafer, and an electron multiplying charge-coupled device (EMCCD) camera for fast image recording at a high signal-to-noise ratio. The high lateral resolution of 5  $\mu\text{m}$  is achieved by a magnifying objective lens in front of the camera. For identification of defect types by their spectral fingerprints, different band-pass filters are installed. The DLS system can determine the defect types and their distribution on SiC epiwafers up to 150 mm diameter in less than 30 minutes. A routine for automated defect identification and counting in order to predict directly the device yield per epiwafer is currently in development.

Fraunhofer IISB performs service measurements with the new DLS system and identifies the defects and their distribution on SiC epiwafers on the full waferscale for epi houses and device manufacturers.

### Ansprechpartner:

Dr. Jochen Friedrich, Fraunhofer IISB



Figure 1: Operator loading a 100 mm SiC epiwafer in the defect luminescence scanner at Fraunhofer IISB. © Fraunhofer IISB

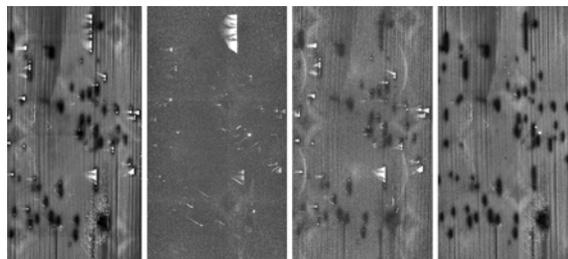


Figure 2: Example for spectral fingerprints of defects in 4H-SiC epiwafer: "panchromatic" image with full spectral range, band-pass filter in blue, green and red ranges (images from left to right, respectively). © Intego GmbH / Fraunhofer IISB

## Kostengünstigere Galliumnitrid-Herstellung – Neues Anlagenkonzept für Hochleistungshalbleiter

Galliumnitrid gilt als Halbleitermaterial der Zukunft. Doch noch ist die Herstellung sehr teuer. Gemeinsam mit Forschern aus der Industrie haben Wissenschaftler vom Fraunhofer THM in Freiberg ein neues Anlagenkonzept entwickelt, welches die Herstellungskosten von GaN deutlich senkt. Damit ergeben sich Chancen auf neue Arbeitsplätze am Halbleiterstandort Freiberg.



Fraunhofer-Mitarbeiter beim Vorbereiten eines GaN-Kristallzüchtungsexperimentes in der neuen HVPE-Anlage.

Foto: Fraunhofer THM

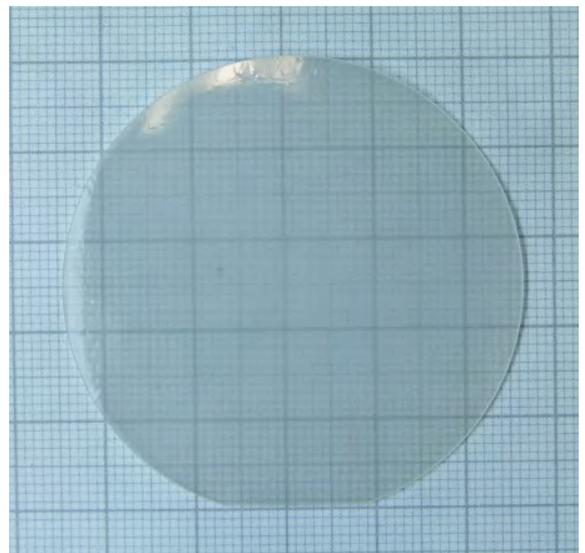
Galliumnitrid (GaN) ist ein wichtiges Halbleitermaterial. In Form weißer und blauer Leuchtdioden findet es Anwendung in energiesparenden Lichtquellen und als blaue Laserdioden im Bereich der Datenspeicherung. Beim effizienten Verstärken und schnellen Übertragen von Informationen spielen Transistoren aus GaN für den Mobilfunk eine wesentliche Rolle. Darüber hinaus wird GaN für verlustarme und hoch-effiziente Leistungsbauelemente zum Wandeln elektrischer Energie eingesetzt, zum Beispiel in Leistungswandlern bei der Photovoltaik oder in Elektrofahrzeugen.

GaN-Bauelemente basieren heute überwiegend auf einer hauchdünnen GaN-Schicht, die auf einem Trägersubstrat aus Saphir, Silizium oder Siliziumkarbid epitaktisch abgeschieden wurde. Nur in geringem Umfang werden GaN-Bauelemente auf einem durchgehenden GaN-Substrat hergestellt, obwohl die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit

solcher GaN-Bauelemente deutlich höher ist. Grund für den geringen Marktanteil ist der extrem hohe Preis für die GaN-Substrate. Bezogen auf das Gewicht ist ein GaN-Wafer mit einem Durchmesser von 100 mm heute fast zehnmals teurer als Gold.

Die Hauptursache für den hohen Preis sind die Schwierigkeiten bei der Produktion großer GaN-Einkristalle, aus denen die Substrate gefertigt werden. Aufgrund des hohen Schmelzpunkts von GaN von über 2500°C und wegen des hohen Dampfdrucks von mehr als 100 000 bar können die klassischen Verfahren zur Züchtung großer Kristalle nicht eingesetzt werden. Anders als beispielsweise Silizium- oder Galliumarsenid-Kristalle lassen sich GaN-Kristalle nicht kostengünstig durch Abkühlen der Schmelze herstellen.

GaN-Einkristalle stellt man heute vorwiegend nach dem sogenannten HVPE-Verfahren (Hydride Vapor Phase Epitaxy) her. Bei der HVPE-Methode reagiert zunächst gasförmiger Chlorwasserstoff mit flüssigem, ca. 880 °C heißem Gallium zu Galliumchlorid. Bei Temperaturen zwischen 1000 °C und 1100°C wird das Galliumchlorid in einer Reaktionszone in die Nähe eines GaN-Kristallkeims gebracht. Unter Kontakt mit einströmendem Ammoniak verbindet sich das Galliumchlorid mit dem Ammoniak unter Freisetzung von Chlorwasserstoff zu kristallinem GaN.



In der neuen HVPE-Anlage hergestelltes GaN.

Foto: Fraunhofer THM

Schon in der Vergangenheit ist es Experten der Freiburger Compound Materials GmbH (FCM) gelungen, GaN-Kristalle mit 50 mm Durchmesser und mit Dicken von einigen Millimetern herzustellen. Wissenschaftliche Analysen am Fraunhofer THM in Freiberg sowie am Fraunhofer IISB in Erlangen, einem Mutterinstitut des THM, haben dabei ergeben, dass die Materialeigenschaften und Herstellungskosten mit dem GaN-Material der Wettbewerber vergleichbar waren. Seit Ende 2011 entwickeln FCM- und Fraunhofer-Forscher in einem gemeinsamen Projekt das HVPE-Verfahren nun weiter, um die Herstellungskosten zu senken und dadurch die Kommerzialisierung der GaN-Substrate voranzutreiben.

„Die Kostensenkung bei der Herstellung von GaN-Substraten wird dabei über drei Wege verfolgt“, erklärt Dr. Jochen Friedrich, Sprecher des Fraunhofer THM. „Zum einen erlaubt ein völlig neues HVPE-Anlagenkonzept die gleichzeitige Herstellung mehrerer GaN-Kristalle während eines Versuchsdurchlaufs. Zum zweiten zeigen neu entwickelte Reaktor-Inneneinbauten aus neuen Materialien einen deutlich geringen Verschleiß gegenüber der extrem korrosiven Gasatmosphäre. Zum dritten misst ein direkt in das Anlagenkonzept implementiertes in-situ-Messverfahren erstmalig den Prozessverlauf direkt am wachsenden GaN-Kristall. Die Prozessent-

wicklung und die Prozesskontrolle lassen sich so wesentlich beschleunigen und verbessern.“

Die neue HVPE-Anlage des Fraunhofer THM ist seit Anfang 2014 in Freiberg in Betrieb. Schon nach sehr kurzer Zeit ist es mit der HVPE-Anlage gelungen, bei guter Materialqualität sowohl transparente GaN-Schichten als auch GaN-Kristalle mit Dicken im mm-Bereich herzustellen. Dank der bisherigen Ergebnisse sind die Forscher sehr zuversichtlich, die Qualität der GaN-Kristalle bis zum Herbst 2014 weiter zu verbessern und das Kostensenkungspotenzial der neuen Technologie zu demonstrieren. „Es wurde damit eine weitere wichtige Voraussetzung geschaffen, zukünftig auch GaN-Substrate auf dem sich bis 2020 verdreifachenden Markt anbieten zu können. Dazu trägt die mit dem Fraunhofer THM und weiteren Forschungspartnern abgestimmte GaN-Forschung am Standort Freiberg maßgeblich bei.“, erläutert Dr. Stefan Eichler, CTO von FCM.

Das Verbundprojekt wird durch das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Freistaats Sachsen gefördert.

#### **Ansprechpartner**

Dr. Jochen Friedrich, Fraunhofer IISB

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

## Bericht vom 6. International Workshop on Crystal Growth Technology (IWCGT-6) in Berlin

M. Bickermann, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) Berlin

Von 15.-19. Juni 2014 trafen sich in Berlin die weltweit führenden Experten zum sechsten Internationalen Workshop zur Kristallzüchtungstechnologie (IWCGT-6). Die vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) Berlin bereits zum zweiten Mal organisierte Fachtagung bietet eine einzigartige Gelegenheit für Forscher, Entwickler und Anwender aus der Industrie und den Forschungsinstituten, sich über Technologien und neue Entwicklungen in der angewandten Kristallzüchtung auszutauschen. Über 120 Teilnehmer aus 26 Staaten – viele Kollegen aus den USA, Japan, Russland, China, Frankreich, aber auch aus Tschechien, Polen, der Ukraine, Algerien oder Saudi Arabien – hörten sich an vier Tagen 28 Fachvorträge erfahrener Spezialisten an. Zudem stellten knapp 60 Teilnehmer ihre eigene Arbeit im Rahmen der beiden Posterpräsentationen vor, und sechs Firmen zeigten in einer Ausstellung oder mit Kurzvorträgen ihre aktuellen Entwicklungen. Die Tagung wurde von den Teilnehmern und den Organisatoren als großer Erfolg gewertet. Gelobt wurden insbesondere die Qualität der Fachvorträge und die offenen Diskussionen, aber auch das Format der Tagung, ihr inhaltlicher Fokus sowie die Organisation vor Ort.

Die Tagung begann am Sonntagabend mit einer Podiumsdiskussion zum Thema „Die Zukunft der Kristallzüchtungstechnologie – wie bringt man neue Technologien zur industriellen Anwendung?“. Unter der fachkundigen Moderation von Peter Rudolph und Jochen Friedrich standen Fachvertreter aus der Industrie und aus Forschungsinstituten Rede und Antwort. Ausgehend von den Fragen „Was bedeutet Kristallzüchtungstechnologie?“ und „Sind die Grundlagen der anwendungsorientierten Kristallzüchtung nicht schon längst wohlbekannt?“ (einhellige Meinung: Nein) wurde vor allem die Rolle von Universitäten und Forschungsinstituten bei der industriell orientierten Technologieentwicklung thematisiert. Einprägsam war hier der Beitrag von Xingming Huang vom chinesischen Hersteller JA Solar, der erst hervorhob, dass er die aktuellen Herausforderungen bei der Herstellung von Photovoltaik-Silizium allein mit firmeninterner Entwicklung zu lösen gedenke, sich aber dann doch dazu bekannte, dass er für Neuentwicklungen auf die Zusammenarbeit mit der Forschungswelt angewiesen wäre. Andere Diskussions Teilnehmer wiesen darauf hin, dass die Förderung der angewandten Kristallzüchtung auf Industrieaufträge und Kooperationen angewiesen sei, weil es abseits der Grundlagenforschung weltweit immer weniger staatliche Unterstützung gebe.

Derart auf die Tagung eingestimmt verfolgten die Teilnehmer an den darauf folgenden Tagen aufmerksam und ausdauernd das umfangreiche Vortragsprogramm. Dieses war gegliedert in Themensitzungen von jeweils 3–5 Fachvorträgen von 40 Minuten Dauer. Es konnten jeweils die in ihrem Feld führenden Spezialisten gewonnen werden, und die Vorträge waren allesamt erstklassig.

Das Interesse am Thema Silizium ist nach wie vor gewaltig, sowohl bei der Einkristallzüchtung als auch bei der Herstel-

lung von multikristallinem Silizium für die Photovoltaik. Die kommerzielle Nutzung der mittels Czochralski hergestellten 450 mm-Silizium-Kristalle verzögert sich aufgrund der immensen Kostenrisiken bei der Umrüstung der Wafer-Prozesslinien weiter (Steven Kimbel, SunEdison, USA). Beim Floating Zone-Verfahren wird der Ersatz der teuren Poly-Stäbe z.B. durch Granulat-Methoden (Wilfried von Ammon, ehem. Wacker Siltronic) oder „pre-pulled rods“ (Poster des Fraunhofer CSP Halle) erwogen. Der aktuelle Trend bei der Herstellung von multikristallinem Silizium geht zu einer über die Blockhöhe homogenen Korngröße („high performance“). Dies wird z.B. durch spezielle Tiegeldesigns erreicht, die eine vorteilhafte Keimbildung am Tiegelboden ermöglichen. Dagegen sieht es nicht so aus, als würde sich das „mono-like“ Silizium, also die gerichtete Erstarrung mit Keim, durchsetzen. Der etwas höheren Effizienz der Solarzellen stehen ein deutlich höherer Aufwand und eine signifikant geringere Ausbeute (aufgrund von Eisendiffusion in den Keim und anschließend in keimnahe Bereiche) gegenüber. Der niedrige Preis für Silizium-Rohmaterial lässt auch die „kerfless wafering“-Technologien (z.B. durch eine Zwischenschicht aus porösem Silizium), die von Sarah Kajari-Schröder (ISFH Hameln) vorgestellt wurden, oder eine großtechnische Anlage zur Protonenimplantation und Exfoliation (Noah Smick, GTAT, USA) als aktuell nicht wirtschaftlich erscheinen.

Oxidische Kristalle bestechen durch ihre Materialvielfalt. Aber der Eindruck, einzelne Verbindungen wären jeweils nur Nischenprodukte mit begrenztem kommerziellen Interesse, täuscht: Für die Militär- und Medizintechnik sowie in der Großforschung werden oftmals große Volumina an speziellen Kristallen benötigt, die teuer verkauft werden können und dann auch ausgedehnte Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten rechtfertigen. Im Workshop wurden die Herstellung und Anwendung nichtlinear-optischer Kristalle wie z.B. lithiumhaltige Gruppe-III-Chalkogenide (Ljudmila Isaenko, Mineralogisches Institut in Novosibirsk, Russland) sowie dotiertes  $\text{Lu}_2\text{O}_3$  als Laserkristall für den infraroten Wellenlängenbereich vorgestellt. Aus Sicht der Kristallzüchtung besonders beeindruckt hat hier Christian Kränkel von der Universität Hamburg mit einer Heat-Exchange-Methode mit Keimvorgabe zur Züchtung von  $\text{Lu}_2\text{O}_3$  im Rheniumtiegel bei Temperaturen über  $2200^\circ\text{C}$ . Die höhere strukturelle Qualität der Kristalle macht dieses teure Herstellungsverfahren auch wirtschaftlich interessant, trotz der Konkurrenz durch günstigere Hydrothermalmethoden. Ein sehr interessanter Vortrag über Szintillatorkristalle wurde von Merry Koschan (University of Tennessee, Knoxville, USA) gehalten. Sie beschrieb die Chronologie des wirtschaftlichen Erfolgs der Herstellung von  $\text{Lu}_2\text{SiO}_5$ -Kristallen inklusive den Technologietransfer vom Labor in die Industrie; diese Kristalle werden heute in PET-Scannern weltweit in großen Stückzahlen eingesetzt. Dagegen war dem Vortrag von Jun Luo (TRS Technologies, USA) zu entnehmen, dass die wichtigsten ferroelektrischen Kristalle für Sensor- und Relaxoranwendungen

noch bleibasiert sind. Leider blieb die Frage offen, wie diese Industrie auf die zunehmende Ächtung von Blei reagieren kann.

Kommerziell immer bedeutender werden (opto-)elektronische Bauelemente auf der Basis von Halbleitern großer Bandlücke wie SiC und GaN. 4H-SiC-Kristalle und Substrate mit 150 mm Durchmesser sind nun verfügbar, aber die Anwendung der SiC-Leistungselektronik kommt nur schleppend voran. Das liegt auch an den noch zu lösenden Problemen bei der Homoepitaxie bezüglich der Einhaltung strenger Spezifikationen zur Defektkonzentration und Homogenität der Dotierung, wie Patrick Berwian (Fraunhofer IISB, Erlangen) in seinem Vortrag zur Qualitätssicherung bei der SiC-Epitaxie eindrucksvoll zeigen konnte. Bei den nitridischen Halbleitern ist die Bauelementtechnologie weiterhin von der Volumenkristallzucht abgekoppelt. GaN-Volumenkristalle und -substrate sind jetzt kommerziell begrenzt verfügbar (Dirk Ehrentraut, Soraa Inc., USA und Tania Paskova, NCSU, USA, zur Ammonothermalzucht und zum HVPE-Verfahren) und werden für Hochleistungs-LEDs, Laser und Leistungselektronik in Betracht gezogen. Für die weitaus meisten Bauelemente werden jedoch weiterhin Saphir, GaAs, SiC sowie immer häufiger Silizium als Substrate verwendet. Aus der Gasphase hergestellte AlN-Kristalle (Zlatko Sitar, NCSU/Hexatech Inc., USA) stehen an der Schwelle zur Anwendung als Substrate für UV-C-Leuchtdioden und -Laser. Die Anwendung von weiteren Materialien in der Leistungselektronik ist noch Gegenstand aktueller Forschung, und die Herstellung von Volumenkristallen und Substraten ist dabei eine der größeren Herausforderungen, wie die Vorträge von Zbigniew Galazka, IKZ Berlin, zur Kristallzucht von halbleitenden Oxiden

wie  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$  und  $\text{SnO}$ , von Shinichi Shikata (AIST, Japan) zu großflächigen Diamantsubstraten mittels „Cloning“ und von Mikael Syväjärvi (Linköping University, Schweden) zur Herstellung von 3C-SiC-Schichten mittels Überwachsen von 4H-SiC-Keimen zeigten. Auch potentiell relevante Zukunftstechnologien wie die Herstellung von Graphen (sehr schöner Übersichtsvortrag von Andrea Ferrari, University of Cambridge, UK) und die Abscheidung von  $\text{MoSi}_2$ -Monolagen wurden auf der Tagung angesprochen.

Themen, die das Umfeld der industriellen Kristallherstellung beleuchten, waren ebenfalls mit Vorträgen vertreten. Benno Orschel (SunEdison, USA) berichtete über Möglichkeiten der prediktiven Regelung bei der Czochralski-Zucht. Jan-Freerks Rieken (PPM pure metals GmbH) sprach darüber, wie die Wirtschaftlichkeit der Wiederaufbereitung wichtiger Rohstoffe wie z.B. Arsen, Gallium, Germanium und Indium von äußeren Rahmenbedingungen wie z.B. dem Bergbau und den gesetzlichen Grundlagen zur Schadstoffentsorgung abhängt. Leider war kein Vortrag über die Kristallbearbeitung vertreten. Kaum ein Industrievertreter wird zu diesem sehr wichtigen, aber auch sensiblen Thema aus dem „Nähkästchen plaudern“ wollen, aber ein Übersichtsvortrag hätte die Tagung noch bereichern können. Aufgrund des überaus positiven Feedbacks wird sich ggfs. auf der nächsten IWCGT-Tagung, die 2017 wieder in oder bei Berlin stattfinden wird, eine Gelegenheit dazu finden. Ich möchte mich zum Schluss noch bei allen Fachkollegen, insbesondere aber auch bei dem lokalen Organisationsteam des IKZ, persönlich für die Unterstützung bei der Vorbereitung und der Durchführung der Tagung bedanken.



Gruppenbild der Teilnehmer der IWCGT-6

IFoto: IKZ / S. Heron

## Die Zukunft der Technologie der Kristallzucht

### Ein Bericht zur Podiumsdiskussion des 6. International Workshops on Crystal Growth Technology IWCGT-6

P. Rudolph, Crystal Technology Consulting, Schönefeld, und J. Friedrich, Fraunhofer IISB, Erlangen

**Vom 15. Juni bis 19. Juni trafen sich im Novotel Berlin-Tiergarten etwa 120 Kristallzüchtungsspezialisten aus Industrie und Forschung aus über 20 Ländern, vorrangig aus Deutschland, USA, Japan und China, zum 6. International Workshop on Crystal Growth Technology (IWCGT-6), der von Herrn Prof. Matthias Bickermann vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung unter der Schirmherrschaft der International Organisation of Crystal Growth (IOCG) hervorragend organisiert wurde.**

Der Workshop wurde mit einer Podiumsdiskussion gestartet, bei der es um die Zukunft der Technologie der Kristallzüchtung ging. An der Diskussionsrunde, die von Prof. Peter Rudolph (Crystal Technology Consulting, Berlin) und Dr. Jochen Friedrich (Fraunhofer IISB, Erlangen) moderiert wurde, nahmen jeweils ein Vertreter aus Industrie und Forschung aus USA, Europa und Asien teil, namentlich Dr. Norbert Thiel (PVA Tepla, Deutschland), Prof. Alexander Gektin (Institute for Single Crystals, Kharkov, Ukraine), Dr. Dirk Ehrentraut (Soraa, USA), Prof. Edith Bourret-Courchesne (Lawrence Berkeley National Laboratory, USA), Dr. Xingming Huang (JA Solar, China) und Prof. Koichi Kakimoto (Kyushu University, Japan).

In der zweistündigen Auftaktveranstaltung diskutieren die Podiumsteilnehmer zusammen mit dem zahlreich erschienenen Auditorium sehr angeregt, kurzweilig und durchaus kontrovers über die Definition von Technologie und Wissenschaft der Kristallzüchtung, zum Status und zur Zukunft der Kristallzüchtungstechnologie sowie zur Zusammenarbeit zwischen Industrie und Forschungseinrichtungen und den Fördermöglichkeiten in den verschiedenen Kontinenten und Ländern für die Kristallzüchtung.

Eine kurze und griffige Definition für Technologie und Wissenschaft (nicht nur) im Bereich der Kristallzüchtung kam aus dem Auditorium: Wissenschaft ist das „know why“ und Technologie ist das „know how“. In ähnlicher Richtung lässt sich die Definition der Kristallzüchtungstechnologie von Herrn Thiel interpretieren, der die Technologie als eine enge Kooperation zwischen Wissenschaft und Ingenieuren zur Optimierung der Züchtungsbedingungen und Übertragung in stabile Züchtungsanlagen („maturity“) sieht. Er sprach sich für zeitweilige Aufenthalte von Industriemanagern in akademischen Labors aus, um die Forschungen akzentuierter zu gestalten. Zentrale Aufgabe der Kristallzüchtungstechnologie sei seiner Ansicht nach die Kostensenkung bei gleichzeitiger Qualitätsverbesserung. Dieser Ansicht bzw. dieser Definition von Kristallzüchtungstechnologie konnte sich eine große Mehrheit

der Teilnehmer anschließen. Herr Huang dagegen ordnete die Weiterentwicklung der Kristallzüchtungstechnologie (im Bereich Silizium) allein der Industrie zu – die akademische Forschung hätte ihre Stärke ja fast ausschließlich in der Analytik der Kristalle. Dem wurde das japanische Beispiel einer engen Kooperation zwischen Industrie und Hochschule entgegengestellt, wonach die Unternehmen den akademischen Labors zeitweilig Maschinen und Mitarbeiter innerhalb eines industriegeförderten Vertrages überlassen.

Es herrschte generell Übereinstimmung in der auch vom Publikum rege wahrgenommenen Diskussion, dass die Züchtung von Volumenkristallen auch in Zukunft eine zentrale Stellung einnehmen muss und wird. Jedoch werden Aufgaben und Projekte immer stärker von der Anwendungsseite bestimmt und vorangetrieben. Die rein akademische Erforschung der Grundlagen der Kristallzüchtung wird leider wegen fehlender Fördermöglichkeiten zurückgehen, obwohl wichtige materialübergreifende Zusammenhänge auch heute noch nicht gelöst sind, wie z.B. die Beherrschung der Punktdefektsituation und Komplexbildung, die Stöchiometrieontrolle, die Beherrschung des Facettenwachstums und der Zwillingsbildung, die Versetzungsdynamik, der Einbau von Einschlüssen etc. Dabei liegt grundsätzlich in USA, Asien und Europa eine ähnliche Situation der zurückgehenden finanziellen Mittel für die Erforschung der Grundlagen der Kristallzüchtung vor.

Auch wurde intensiv das ewige Problem der Geheimhaltung, Publikationserlaubnis und Patentierung bei einer engen Zusammenarbeit zwischen Industrie und Forschung angesprochen. Hier scheint die Situation auf der ganzen Welt ebenfalls sehr ähnlich zu sein, mit teilweise zwar schwierigen und



Blick vom Podium ins Auditorium während der IWCGT-6-Podiumsdiskussion

langwierigen, aber eigentlich auch immer erfolgreichen Verhandlungen vor dem eigentlichen Projektstart.

Schließlich wurde auch darüber diskutiert, welche Chancen sich für die Herstellung großer Saphirkristalle für Smartphone-displays für die Kristallzüchtungsgemeinschaft ergeben. Im Raum stehen bekanntlich Tausende von Kristallzüchtungsanlagen. Jedoch ergab sich keine klare Meinung darüber, ob die angestrebten Kostenziele für die Saphirkristalle überhaupt

erreicht werden können, ob diese Aktivitäten nachhaltig sind oder ob zum Beispiel nur eine Generation von Smartphones damit ausgestattet werden würde, wenn überhaupt. Es wurden keine klaren Antworten gefunden.

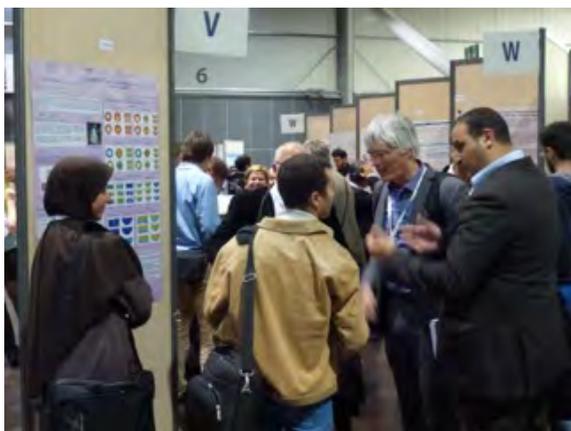
Insgesamt war unter den Workshop-Teilnehmern eine sehr gute Resonanz über diese Podiumsdiskussion zu verzeichnen, die damit einen gelungenen Auftakt für das weitere Programm von IWCGT-6 darstellte.

## Bericht zum E-MRS Spring Meeting 2014 in Lille (Frankreich)

Ch. Frank-Rotsch, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin

Beim diesjährigen E-MRS Spring Meeting wurden erstmalig in Kooperation mit der International Organization for Crystal Growth (IOCG) vier Symposien (T,U,V und W); zur Thematik "Crystal growth in material science" organisiert. Mein Bericht fokussiert sich auf das Symposium V „Effect of natural and forced convection in materials crystallization“. Die Behandlung von kristallzüchterischen Fragestellungen während der Frühjahrstagung der E-MRS fand breites Interesse und bot die Möglichkeit, auch mit Kollegen, welche nicht direkt auf dem Gebiet der Kristallzüchtung tätig sind, über die aktuelle Fragestellung zu diskutieren und auch neue Kontakte zu knüpfen. Die Beiträge des Symposiums V waren auf zwei Tage mit insgesamt 30 Vorträgen in 6 Sitzungen sowie einer Postersession verteilt. Die Themen des Symposiums waren dabei breit aufgestellt und reichten von klassischen Halbleitern bis hin zum Einsatz von externen Feldern bei der Kristallisation von Al-Verbindungen. Besonders hervorzuheben möchte ich den Beitrag von András Roósz, der eine Übersicht der Aktivitäten in der Forschungsgruppe in Miskolc (Ungarn) zur gerichteten Kristallisation von binären und ternären Al-Verbindungen

(z.B.: Al-Si, Al-Cu, Al-Si-Fe, Al-Si-Cu) unter Einfluss verschiedener Magnetfelder gab. Zur Thematik der Beeinflussung der Kristallisation von PV-Silicium gab es mehrere Beiträge, wie beispielsweise von Daniel Vizman aus Timișoara (Rumänien), der die Beeinflussung der Si-Schmelze mittels Elektroden vorstellte (siehe Abbildung). Den Schwerpunkt seines Vortrages stellten dabei Modellierungsergebnisse dar. Neben den Beiträgen zur Kristallisation von massiven Halbleitern und Metallen wurden auch grundlegende Erkenntnisse von Kristallisationsversuchen unter Mikrogravitation vorgestellt. Diese breite Mischung der Themen machte das Symposium sehr vielseitig und interessant, wobei die Teilnehmerzahl während der Vorträge stabil bei ungefähr 30 Personen lag. Bei den Vortragsthemen hielten sich experimentelle Resultate und Simulationsergebnisse die Waage. Zusammenfassend möchte ich das Symposium als gelungen bezeichnen und die sehr gute Organisation der Kollegen Kader Zaidat, Yves Delannoy, Yves Fautrelle und Elias Vlieg erwähnen, die das Symposium vorbereitet hatten.



Zwei der Organisatoren des Symposiums V (Kader Zaidat und Yves Delannoy vom SIMAP Frankreich, rechts im Bild) während der Posterdiskussion mit Faiza Mokhtari (Algerien)



Blick in den Vortragsraum während des Beitrages von Daniel Vizman

## Anmerkungen zum Symposium „U“ auf dem E-MRS Spring Meeting 2014 in Lille

M. Neubert, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin

Initiiert von Thierry Duffar (Grenoble) hatte das Symposium zweierlei im Fokus: Zum Einen den Stand der Erkenntnisse bei der Zwillingsbildung, zum Anderen Punktdefekte, besonders auch Eigenpunktdefekte und deren Rolle bei Nicht-Stöchiometrie-bedingten Effekten während der Kristallzüchtung. Das Programm zielte darauf, bzgl. beider Defektarten Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Halbleitern und Dielektrika zu diskutieren.

Nicht-Stöchiometrie-Untersuchungen haben in Halbleitern eine mehr als 30-jährige Tradition, vor allem im Hinblick auf deren strukturelle und elektrische Eigenschaften. Hierzu gab Peter Rudolph einen ansprechenden Überblick für II-VI und III-V Halbleiter, angereichert mit zahlreichem Material aus eigenen Arbeiten. Das Gegenstück lieferte S. Uda im ersten Vortrag des Symposiums mit einem Vortrag zu seinem erweiterten Stöchiometrie-konzept für oxidische Materialien. Einen aus meiner Sicht sehr interessanten Ansatz verfolgt I. Avetissov mit seiner Extraktionstechnik zur Bestimmung der tatsächlichen Ausdehnung des Stöchiometriegebietes. Im Gegensatz zu den meisten anderen Techniken wird hier in-situ (also bei den jeweils relevanten Temperaturen) gemessen sowie die tatsächliche chemische Ausdehnung des Stöchiometriegebietes bestimmt. Es verwundert folglich nicht, dass teils erhebliche Abweichungen zu den seit Jahrzehnten existierenden, auf die elektrische Aktivität der Eigenpunktdefekte basierenden Messungen bestehen. Einen weiteren Höhepunkt boten die Ausführungen von C.G. van de Walle zur Punktdefektsituation in Nitrid-Halbleitern.

Die anschließende „round table“ Diskussion fasst die in den Vorträgen präsentierten Gedanken nochmals zusammen. Im Ergebnis wurde übereinstimmend festgestellt, dass bezüglich der Stöchiometrie- bzw. Nicht-Stöchiometriesituation in den genannten Materialklassen die Gemeinsamkeiten bei weitem überwiegen und die Unterschiede eher in quantitativen

Bereichen zu suchen seien.

P. Lagerlof beschäftigte sich in seinem Vortrag hauptsächlich mit verschiedenen Mechanismen zur Bildung von Deformationszwillingen, vor allem in Saphir sowie der Abgrenzung zu Wachstumszwillingen.

In kubischen Halbleitern spielt der kohärente sog.  $\Sigma 3$ - oder auch  $180^\circ$ -Verdrehungswinkel um die  $\langle 111 \rangle$ -Achse die wichtigste Rolle. Im Gegensatz zu früheren Arbeiten wird auf diesem Gebiet heute hauptsächlich an multikristallinem PV Silizium gearbeitet (z.B. K. Fujiwara). Tiefe Einblicke zur Zwillingsbildung lieferten auch N. Mangelinck-Noel mit Ihren in situ, real-time Synchrotron-Untersuchungen an Silizium sowie I. Yonenaga anhand von Röntgen-Topographie-Untersuchungen.

Der Vortrag von V.A. Oliveira vom „Institut National de l'Energie Solaire“ (INES) in Frankreich zur Zwillingsbildungsproblematik in normalerstartem mc-Silizium wurden von den Organisatoren mit dem „Graduate Student Award“ ausgezeichnet.

In der, auch zum Thema Zwillinge abgehaltenen, „round table“ Diskussion wurde recht übereinstimmend formuliert, dass bezüglich der Wachstumszwillinge und deren Vermeidung nach wie vor viel Forschungsbedarf besteht. Seit den Erklärungsversuchen von Hurler/Voronkov vor 30 Jahren hat es keinen substanziellen Wissensfortschritt bzgl. dieser Problematik mehr gegeben. Offensichtlich sind auf der anderen Seite empirische Erkenntnisse, dass bei Halbleitern mit extrem niedriger Stapelfehler-Energie eine deutliche Korrelation zur thermischen Stabilität der Wachstumsanordnung besteht.

Einige eingeladene Beiträge hätten ohne die finanzielle Unterstützung von Sponsoren nicht gehalten werden können. Diesbezüglich gilt der ausdrückliche Dank: Freiburger Compound Materials (FCM), dem Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), InPact sowie FEE Idar-Oberstein.

## Neue Mitglieder 2014

Wir begrüßen seit dem 16.12.2013 als neue Mitglieder (Stand 15. Juli 2014):

Frau B.Sc. Katja Rießle	Universität Freiburg
Herr M.Sc. Ahmad Omar	IFW Dresden
Herr B.Sc. Jan Philipp Wöhrle	Universität Feiburg
Herr B.Sc. Philipp Schuh	Friedrich-Alexander-Universität Nürnberg-Erlangen
Herr M.Sc. Alexander Schulz	Leibniz Universität Hannover
Herr Dr. Thomas Straubinger	SiCrystal AG Nürnberg
Herr Dipl.-Ing. Hannes Stummer	IFW Dresden

FCT Ingenieurkeramik GmbH, Frankenblick

Mateck GmbH, Jülich

SILCHEM GmbH, Freiberg

In der letzten Ausgabe (Nr. 97 des DGKK-MB) ist uns ein Fehler unterlaufen: Herr Dr. Holger Neuhaus vertritt die SolarWorld Innovations GmbH, Freiberg, die ein Firmenmitglied der DGKK ist. Wir hatten Herrn Dr. Neuhaus irrtümlich als neues privates Mitglied ausgewiesen. Wir bitten diesen Fehler zu entschuldigen.

## DGKK-Forschung

### Glaskeramiken - Zusammenspiel von Glas und Kristall

F. Krahl, Freiburger Materialforschungszentrum - Albert-Ludwigs-Universität

#### Glaskeramiken - Eine Einleitung

Gläser sind die Antithese zu Kristallen, keine Fernordnung, kein einfach definierter Phasenübergang von der flüssigen zur festen Phase, sondern im Prinzip unterkühlte Schmelze. Trotzdem könnte es sich auch für Kristallzüchter lohnen, einen genaueren Blick auf Gläser zu werfen, insbesondere im Zusammenhang mit Kristallen, sogenannten Glaskeramiken.

Glaskeramiken sind in vielerlei Hinsicht interessant, eingesetzt werden sie z.B. schon in Anwendungen, die Lichtdurchlässigkeit und hohe Temperaturstabilität benötigen. Die wohl bekanntesten Beispiele sind Ceranglas, welches als Kochplatte und Zerodur, das in der Raumfahrt und in Spiegelteleskopen zum Einsatz kommt [1,2].

Die Besonderheit von Glaskeramiken sind kleine Kristalle, die in der Glasmatrix gewachsen sind und dem Verbundstoff bestimmte Eigenschaften geben, den das Glas alleine niemals haben könnte.

Im Fall von Ceran und Zerodur ist das ein Temperatúrausdehnungskoeffizient von quasi null, so dass die Verbundstruktur sich auch bei hohen Temperatursprüngen kaum ausdehnt oder zusammenzieht [1]. Im Verbund können Glas und Kristall damit Eigenschaften aufweisen, die alleine kaum möglich wären. So wird z.B. an Gläsern für Leuchtdioden geforscht, die blaues Licht durch fluoreszierende Kristalle in weißes Licht umwandeln [3]. Überhaupt ist die Veränderung der Wellenlänge zu kürzeren (up conversion) oder längeren Wellenlängen (down conversion) besonders in Hochenergiesystemen eine der Stärken von Glaskeramiken [4].

Die Anwendungsmöglichkeiten sind aber so vielzählig wie es Kristalle in Glasmaterialsystemen gibt. Dazu kommt die in bestimmten Bereichen stufenlose Justierbarkeit der Zusammensetzung des Glases, die gute Formbarkeit und deutlich geringere Herstellungskosten als bei Einkristallen.

Das Wachstum und die Größe der Kristalle in der Glasmatrix zu kontrollieren ist dabei die größte Herausforderung und bedarf, wie bei der Züchtung von Einkristallen, genauer Kontrolle der Wachstumsparameter. Der gängige Herstellungsprozess von Glaskeramiken ist zuerst die Herstellung von Glas und danach das kontrollierte Wachsen der Kristalle im Glas durch Tempern. Die Wachstumsmechanismen dabei sind sehr interessant und können sich je nach System erheblich unterscheiden. Durch Abschrecken können Momentaufnahmen in bestimmten Wachstumsstadien eingefroren und untersucht werden. Auch die Wachstumskinetik lässt sich durch die großen Viskositätsänderungen mit der Temperatur gut steuern, und gibt es auf diesem Gebiet, insbesondere dem der Nukleation eine Vielzahl an Veröffentlichungen. Trotzdem ist auch hier noch nicht alles verstanden.

Kleine Partikel der Elemente der Platingruppe z.B. katalysieren das Wachstum in Lithiumsilikatgläsern, wobei sie sich in der Schmelze auflösen, sich aber beim Erstarren als feine,

im Angströmbereich große Teilchen dispersiv im Glas verteilt wiederfinden [5]. Die Edelmetalle der Goldgruppe hingegen liegen bei schnellem Abkühlen ionisch gelöst in der Glasmatrix vor, kristallisieren aber durch Tempern auch zu kolloidal verteilten Partikeln, wenn sich zusätzlich noch Antimon oder Arsen im Glas befindet. Mit Cer dotiertem Glas lässt sich dieser Effekt durch UV- oder Röntgenlicht erreichen [5]. Diese Metallkolloide können wiederum als Nukleationspunkt für anwachsende Kristalle im Glas wirken. Auch andere Mechanismen sind möglich, so vermutet man, dass das gängige Nukleationsagens  $\text{TiO}_2$  in Magnesium-Alumosilikatgläsern die Keimbildung durch eine vorausgehende Phasentrennung begünstigt [5]. In anderen Schmelzzusammensetzungen, in denen man keine Phasentrennung beobachten kann, gibt es die Überlegung, dass die Zusätze zur Keimbildung die Grenzflächenenergie zwischen Kristall und Schmelze heruntersetzen und damit helfen, den kritischen Radius zur Keimbildung zu erniedrigen [5]. Auch die Morphologie der wachsenden Kristalle ist interessant, je nach Unterkühlung und/oder Chemismus der Schmelzlösung können die Kristalle kugelförmig, stängelig oder plättchenförmig wachsen [5].

Ein weiterer interessanter Aspekt ist die Tatsache, dass in manchen Schmelzen auch längeres Tempern keinen messbaren Unterschied in der Kristallgröße macht, Bocker et al. führen das auf zwei verschiedene Mechanismen zurück und unterscheiden zwischen Wachstum aus einer homogenen Schmelze und Wachstum in kleinen, durch Phasentrennung entstandenen Tröpfchen [3].

In homogenen Schmelzen, in denen die sogenannten Netzwerkbildner durch das Kristallwachstum rund um den Kristall angereichert werden, steigt die Viskosität im Umkreis des wachsenden Kristalls lokal an bis zu dem Punkt, an dem ein weiterer Transport von Atomen/Molekülen für das weitere Kristallwachstum gehemmt ist und die Kristalle nicht weiter wachsen. Dieses selbst induzierte Verhalten führt durch die Unterdrückung der Ostwaldreifung zu einer homogenen Verteilung von Nanokristallen [6].

In anderen Fällen findet eine Phasentrennung statt, die Minoritätsphase bildet kleine Tröpfchen in der restlichen Glas-schmelze. Innerhalb dieser Tröpfchen kommt es dann zur Kristallisation, [3] hier bildet die Tröpfchengröße die Obergrenze der Korngröße.

Wie in der Züchtung von Einkristallen auch, gibt es im Bereich der Glaskeramiken noch Raum für Forschung, was das Kristallwachstum, die Nukleationsmechanismen und die Korngrößenverteilung angeht.

#### Detektoren für thermische Neutronen

Das Interesse an Festkörperdetektoren für den Nachweis von thermischen Neutronen hat in den letzten Jahren stark zugenommen, da die Verfügbarkeit des  $^3\text{He}$  Isotops, wegen

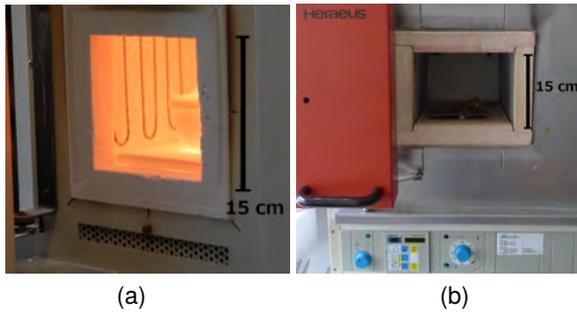


Abb. 1: Schmelzofen bei ca. 1100 °C (a) und Kühllofen (b)

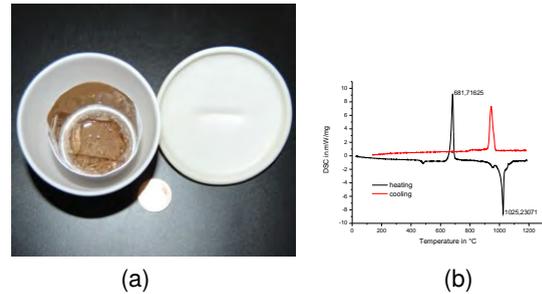
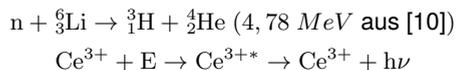


Abb. 2: Tiegel mit Glas (a) und DSC Kurve (b)

der starken Nachfrage des Grenzschatzes und der nuklearen Abrüstung (die Hauptquelle für  ${}^3\text{He}$ ) abnimmt. Gleichzeitig wächst, auch in der Forschung, die Nachfrage nach guten Detektoren für Experimente mit Neutronenstreuung, so wird beispielsweise in Lund (Schweden) gerade die European Spallation Source (ESS) gebaut, welche voraussichtlich 2019 die ersten Experimente starten wird und bis 2025 vollständig in Betrieb gehen soll [7,8].

Das Grundprinzip von Detektoren für thermische Neutronen ist der Neutroneneinfang und die anschließende Energie, die durch einen entstehenden Kernzerfall frei wird; die Zerfallsprodukte werden dann nachgewiesen. Am Freiburger Materialforschungszentrum soll der Nachweis durch den Zerfall des  ${}^6\text{Li}$  Isotops, welches durch die Reaktion mit einem thermischen Neutron zu einem  $\alpha$ -Teilchen und einem  ${}^3\text{H}$  zerfällt, erfolgen. Die bei diesem Kernzerfall entstehende Energie regt ein dreiwertiges Cer-Atom an, welches schlussendlich durch Elektronenübergänge zwischen den 5d und 4f Orbitalen Licht im Bereich von 380-400 nm abgibt [9]. Als Gleichung ausgedrückt:



Der große Nachteil von Glasszintillatoren gegenüber einkristallinen Szintillatoren oder rein keramischen Szintillatoren ist ihre geringe Lichtausbeute. So sind in einem Keramiksintillator aus LiF/ZnS:Ag Lichtausbeuten von bis zu 160.000 Photonen/neutron möglich und für  $\text{Cs}_2\text{LiLaBr}_6\text{:Ce}$  bis zu 180.000 Photonen/neutron. Cer-gedopte Lithiumsilikat-Gläser haben mit ca. 7.000 Photonen/Neutronen eine deutlich geringere Lichtausbeute [7].

Der Vorteil von Gläsern gegenüber Einkristallen sind ihre geringen Herstellungskosten und gegenüber der ZnS/LiF-Keramik die Lichtdurchlässigkeit, sowie die deutlich kürzere Abklingzeit des Signals [7]. Gläser können zudem vergleichsweise einfach großflächig und dank der Lichtdurchlässigkeit auch in genügender Dicke hergestellt werden, um einen guten Wirkungsquerschnitt für den Neutroneneinfang zu gewährleisten.

In Anbetracht der Erfolge und vor allem des Potentials von Glaskeramiken in der Photonik ist es nicht abwegig, dass auch Glasszintillatoren von Nanokristallen profitieren können. Die Lichtausbeute von Gläsern durch Nanokristallisation zu steigern haben Dosovitskiy et al. schon versucht umzusetzen und auch schon ansatzweise gezeigt, dass dies möglich

ist [11]. Der genaue Mechanismus für die leicht erhöhte Lichtausbeute ist allerdings noch nicht geklärt.

### Forschung in Freiburg

Am Freiburger Materialforschungszentrum der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg werden Strahlungsdetektoren von der Arbeitsgruppe Materialcharakterisierung und Detekorttechnologie hergestellt und erforscht. Auch Detektoren für Röntgenstrahlung mit  $\text{SrI}_2$  als Szintillatormaterial sind mit Erfolg, von der Züchtung der  $\text{SrI}_2$ -Einkristalle bis zum fertigen Bild, hergestellt worden [12].

Das neue Projekt für Neutronendetektoren auf Glasbasis in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Jülich hat sich zum Ziel gesetzt, die Eignung von Gläsern für bildgebende Neutronenmikroskopie zu untersuchen, vor allem im Hinblick auf die schon angesprochene Erhöhung der Lichtausbeute von Gläsern.

Die Glasherstellung wird in einem Nabertherm HT 04/17 Ofen (Abb. 1a) der Kristallographie durchgeführt.

Als Ausgangsstoffe dienen pulverförmiges  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{MgCO}_3$  und  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ , das optimale Verhältnis dieser Edukte wird noch untersucht. Das Ausgangsmaterial wird in einem Platintiegel (Abb. 2a) auf 1400 °C erhitzt und nach 2 Std. auf eine Metallplatte gegossen, um dann in den „Kühllofen“ (Heraeus M 110, Abb. 1b) zu kommen, in dem das Glas anschließend getempert wird.

Die Temperatur beim Tempern muss so gewählt werden, dass das Glas nicht komplett auskristallisiert (siehe den Peak bei 681 °C in Abb. 2b). Ist die Temperatur zu weit unterhalb der Glastemperatur  $T_g$ , so ist die Diffusion zu gering, und auch nach Tagen bilden sich noch keine Kristalle.

### Zusammenfassung

Glaskeramiken haben noch großes Potential in der Photonik, möglicherweise auch als Szintillatormaterial für die Detektion von thermischen Neutronen. In Freiburg haben wir begonnen daran zu arbeiten.

### Ansprechpartner:

Fabian Krahl  
 Freiburger Materialforschungszentrum  
 Albert-Ludwigs-Universität  
 Stefan-Meier Straße 21  
 79104 Freiburg im Breisgau.  
 email: fabian.krahl@saturn.uni-freiburg.de

## Literatur

- [1] <http://www.schott.com/hometech/german/products/ceran/description.html> eingesehen am 14.05.2014
- [2] [http://www.schott.com/magazine/german/archiv/download/info98/si098\\_03\\_astronomy.pdf](http://www.schott.com/magazine/german/archiv/download/info98/si098_03_astronomy.pdf) eingesehen am 15.05.2014
- [3] Christian Bocker, Janine Wiemert, Christian Rüssel; *The formation of strontium fluoride nano crystals from a phase separated silicate glass*. Journal of the European Ceramic Society 33 pages 1737-1745 [2013]
- [4] <http://www.glas1.uni-jena.de/Lehrstuhl+Glaschemie+I/Research.html> eingesehen am 15.05.2014
- [5] R.H. Doremus; *Glass Science* 2th ed.: John Wiley and sons, [1994]. Seiten 73-98
- [6] Somnath Bhattacharyya, Christian Bocker, Tobias Heil, Jörg R. Jinschek, Thomas Höche, Christian Rüssel, Helmut Kohl; *Experimental Evidence of Self-Limited Growth of Nanocrystals in Glass*. Nano letters Vol. 9 No. 6 2493-2496 [2009]
- [7] Carel W.E. van Eijk; *Inorganic scintillators for Thermal Neutron Detection*. IEEE Transactions on nuclear science Vol. 59 No. 5. [2012]
- [8] <http://europeanspallationsource.se/> eingesehen am 14.05.2014
- [9] B. V. Shul'gin, V. L. Petrov, V. A. Pustovarov, V. I. Arbuzov, D. V. Raikov, K. V. Ivanovskikh, and A. V. Ishchenko; *Scintillation Neutron Detectors Based on <sup>6</sup>Li-Silica Glass Doped with Cerium* Physics of the Solid State, Vol. 47, No. 8, 2005, pp. 1412-1415
- [10] G.F. Knoll; *Radiation detection and Measurement*. 4th ed.: John Wiley and sons, [2010]
- [11] Alexey E. Dosovitskiy, Georgy A. Dosovitskiy, Mikhail V. Korjik; *Development of the new generation of glass-based neutron detection materials*. Proceedings of SPIE Vol. 8507 [2012].
- [12] Leonard Alaribe, *Development of SrI<sub>2</sub>:Eu<sup>2+</sup> - Scintillators For Gamma Ray Spectroscopy and High Resolution X - Ray Imaging*, Phd Thesis, [2013] <http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/9099/pdf/doctorarbeit.pdf>

## 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**

## Über die DGKK

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

Die DGKK ist Mitglied der Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik e.V. (BV MatWerk). Die DGKK veranstaltet jährlich die Deutsche Kristallzüchtungstagung, gibt zweimal jährlich das DGKK-Mitteilungsblatt heraus und unterhält eine Web-Seite ([www.dgkk.de](http://www.dgkk.de)). Die Arbeit der Gesellschaft ist in Arbeitskreisen organisiert.

### 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](mailto:jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de)

### Stellvertretender Vorsitzender

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

### Schatzmeister

Prof. Dr. Peter Wellmann  
Institut für Werkstoffwissenschaften 6  
Friedrich-Alexander-Universität (FAU)  
Martensstr. 7, 91058 Erlangen  
Tel.: 09131 / 85 27635  
Fax: 09131 / 85 28495  
E-Mail: [peter.wellmann@ww.uni-erlangen.de](mailto: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](mailto:christiane.frank-rotsch@ikz-berlin.de)

### Beisitzer

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

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

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

### Bankverbindung:

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

### Redaktion und Anzeigen:

Dr. Wolfram Miller  
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)  
Tel.: 030 / 6392 3074  
Fax: 030 / 6392 3003

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

### Redaktionsschluss:

15. Juli 2014  
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](mailto:christiane.frank-rotsch@ikz-berlin.de)

### Anzeigenpreise:

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

### Internetredaktion:

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

E-Mail: [internet.redaktion@dgkk.de](mailto:internet.redaktion@dgkk.de)

Sabine Bergmann  
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)  
Tel.: 030 / 6392 3093  
Fax: 030 / 6392 3003  
E-Mail: [webmaster@dgkk.de](mailto: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.

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

## Arbeitskreise der DGKK

### Herstellung und Charakterisierung von Massiven Halbleiterkristallen

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

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

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

### Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik

Sprecher: 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

### Epitaxie von III-V-Halbleitern

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

### Wachstumskinetik und Nanostrukturen

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

### Industrielle Kristallzüchtung

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

### Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung

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

## Tagungskalender

### 2014

#### 11. – 12. September 2014

AK "Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik"  
 Idar-Oberstein

#### 29. – 30. September 2014

AK "Wachstumskinetik und Nanostrukturen"  
 Ilmenau  
<http://www.tu-ilmenau.de/pv/15-kinetik-workshop-der-dgkk/>

#### 08. – 09. Oktober 2014

AK "Herstellung und Charakterisierung von massiven Halbleitern"  
 Freiberg

#### 23. – 24. Oktober 2014

AK "Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelation"  
 München

#### 03. – 04. November 2014

AK "Industrielle Kristallzüchtung"  
 Thema: Messen & Regeln  
 Freiberg

#### 11. – 12. Dezember 2014

AK "Epitaxie von III-V-Halbleitern"  
 Magdeburg

### 2015

#### 04. – 06. März 2015

Deutsche Kristallzüchtungstagung (DKT) 2015  
 Frankfurt (Main)  
 Leitung: Cornelius Krellner  
<http://www.uni-frankfurt.de/50436189/DKT-2015/>

#### 05. – 08. Mai 2015

8th Intern. Workshop on Crystalline Silicon for Solar Cells (CSSC-8)  
 Bamberg  
 Leitung: Christian Reimann, Stephan Riepe, Wolfram Müller  
<http://www.cssc-workshop.com/>

#### 07. – 11. September 2015

International School on Crystal Growth  
 Bologna (Italien)  
 Leitung: Paola Prete

#### 09. – 11. September 2015

European Conference on Crystal Growth (ECCG-5)  
 Bologna (Italien)  
 Leitung: Anrea Zappettini, Guiseppe Falini  
<http://www.eccg5.eu/>

### 2016

#### 01. – 06. August 2016

The International Summer School on Crystal Growth (ISSCG-16)  
 Otsu, Shiga (Japan)

#### 07. – 12. August 2016

International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-18)  
 Nagoya (Japan)

# Antrag auf persönliche Mitgliedschaft in der DGKK

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

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

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

Ich bin Student, Schüler, Auszubildner

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

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

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

Straße, Haus-Nr.: \_\_\_\_\_

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

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

**Privatanschrift:**

Straße, Haus-Nr.: \_\_\_\_\_

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

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

**Tätigkeit, Erfahrung charakterisieren**

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

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

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

\_\_\_\_\_

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

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

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

Vermerke:

Mitgliedsnummer

Eintrittsdatum:   .   .

# FURNACE TECHNOLOGY LEADERSHIP

**linn**  
High Therm

info@linn.de

www.linn.de



## Crystal growth system

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

## Tube furnace

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



## Horizontal zone melting system

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

## Micro-Crystal growth system

Pulling of single crystalline fibers from the melt under inert gas or air. Fiber dimensions:  $\varnothing = 0,2 - 2,0 \text{ mm}$ ,  $l_{\text{max}} = 250 \text{ mm}$ . 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.



## Induction heating

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



**Special systems according to customer specifications!**

# 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 unique properties:

- 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