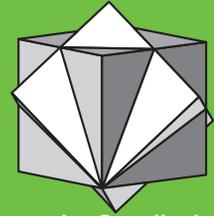




ISSN 2193-3758

Mitteilungsblatt  
Nr. 103 / 2017



Deutsche Gesellschaft  
für Kristallwachstum und  
Kristallzüchtung e.V.



---

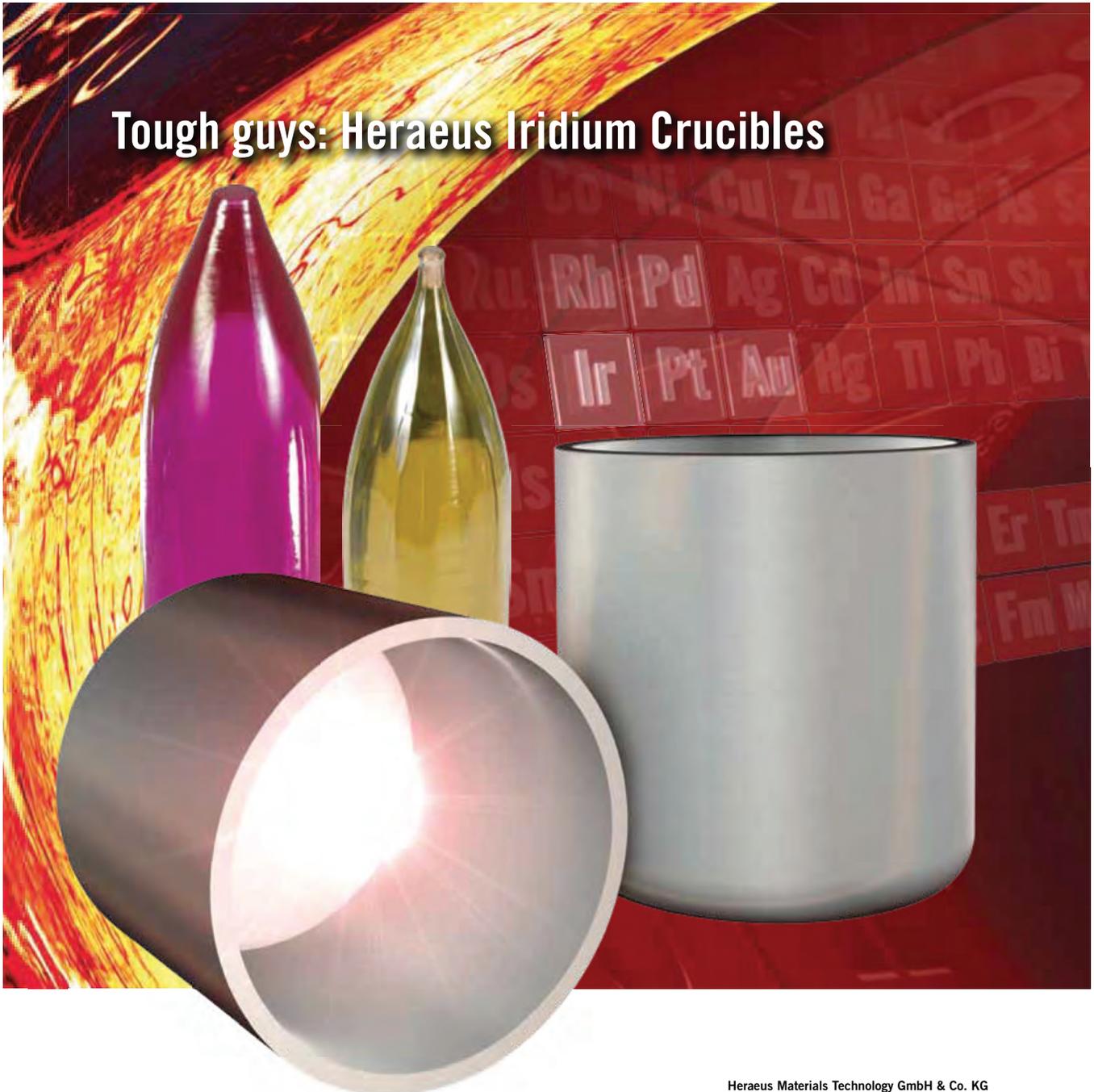
## Inhaltsverzeichnis

Der Vorsitzende / Editorial . . . . .	3
DGKK intern . . . . .	5
DGKK Personen . . . . .	14
DGKK Nachrichten . . . . .	19
DGKK Fokus . . . . .	29
Über die DGKK . . . . .	33
Tagungskalender . . . . .	34

---

# 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,

die internationale politische Lage ist zurzeit eher unübersichtlich und nicht gerade zukunftsweisend und auch in der Solarbranche ist die Lage (immer noch) kritisch.

Im Mai dieses Jahres hat die Solarworld AG Insolvenz angemeldet und noch ist unklar, ob hier von der Produktion etwas überleben wird. Solche Entwicklungen schwächen die Materialforschung – gerade auch weil in der Materialentwicklung für die Solarbranche nicht unerhebliche Forschungskapazitäten in Deutschland aufgebaut worden sind. Hochwertige Endgeräte werden immer noch in Deutschland hergestellt. Und trotz aller Diskussionen um die Dieselmotoren trifft das insbesondere auch auf die Autoindustrie zu. Der Anteil der Elektronik im Auto wird sich weiter verstärken und so investiert Bosch 1 Mrd. Euro in ein neues Halbleiterwerk in Dresden.

Das ist sehr positiv, aber der kritische Punkt bleibt die Produktion der kristallinen Ausgangsmaterialien. Wir müssen aufpassen, dass die Expertise an dieser Stelle nicht verloren geht. Das betrifft gerade auch die universitäre Ausbildung in den Gebieten Kristallographie, Kristallphysik und natürlich Kristallzüchtung einschließlich der Wachstumskinetik. Dieses Problem war auch ein Thema bei unserer Telefon-Vorstandssitzung Anfang Juli und es wurden erste Ideen diskutiert, diesem Ausbildungsdefizit entgegenzuwirken.

Es betrifft uns natürlich nicht nur in Deutschland, sondern in ganz Europa. Insofern ist es gut, dass unsere französischen Kollegen aus der Kristallzüchtung innerhalb der Association Francaise de Cristallographie ihre Position wieder stärken und dort eine Gruppe zum Kristallwachstum gegründet haben. Der nächste 6<sup>th</sup> German-French Workshop on Oxide, Dielectric, and Laser single crystals 2017 (WODIL) ist bereits unter diesen Voraussetzungen organisiert worden. Ich hoffe, dieser Workshop wird von vielen DGKK-Mitgliedern besucht werden – auch wenn er mit Bordeaux als Veranstaltungsort etwas weiter von uns entfernt liegt.

Gut besucht war wieder unsere Kristallzüchtungstagung (DKT) in Freiburg, die wir zusammen mit unseren Kolleginnen und Kollegen von der Sektion Crystal Growth der Swiss Society for Crystallography durchgeführt haben. Sie hieß deshalb 5<sup>th</sup> German-Swiss Conference on Crystal Growth (GSCCG-5). Nachdem nach der Gründung der DGKK im Jahre 1970 einige gemeinsame Tagungen stattgefunden hatten, gab es nun eine Lücke von mehr als 40 Jahren. Vielleicht ist mit

dieser Tagung ein neuer Anfang für eine engere Zusammenarbeit gelegt. Ganz herzlichen Dank an die Organisatoren der Tagung, Tina Sorgenfrei, Stefan Riepe und Enrico Giannini! Im nächsten Jahr wird die DKT in Wien stattfinden, zum ersten Mal eine gemeinsame Tagung mit den Österreichern. Über die Aktivitäten in Österreich in Bezug auf Kristallzüchtung und Epitaxie ist bei uns nicht viel bekannt. Es ist das Anliegen, allen voran des Organisators der Veranstaltung, Andrey Prokofiev, dieses zu ändern. Vielleicht können mittelfristig neue Kooperationen mit den Einrichtungen in diesem Land aufgebaut werden, in dem vor rund 20 Jahren mit EUROCRYST die Einrichtung eines europäischen Großforschungsinstituts für Kristallzüchtung zur Debatte stand. Direkt vor der Konferenz wird auch wieder das Seminar der jungen DGKK stattfinden. Ludwig Stockmeier wird es gemeinsam mit seinem österreichischen Kollegen Sami Dzaber organisieren.

Ich danke, dieses Seminar wird genauso erfolgreich wie das diesjährige in Freiburg, für dessen erfolgreiche Durchführung ich Ludwig Stockmeier danke.

Auch die Planungen für 2019 laufen bereits. Es ist geplant, eine gemeinsame Tagung mit der PWTk in Poznan durchzuführen. Ein erstes Gespräch zum Ablauf habe ich bereits mit der Vorsitzenden der PWTk, Frau Dabrosława Kasprowicz, in Poznan führen können und dabei habe ich auch das Gebäude der Konferenz besichtigen können. Es ist für Größe und Charakter unserer Veranstaltung sehr passend.

Wie bereits auf der Mitgliederversammlung in Freiburg bekannt gegeben, sind Anfang dieses Jahres der ehemalige Direktor des Instituts für NE-Metallurgie und Reinststoffe der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Klaus Hein, und das Gründungsmitglied der DGKK, Prof. Josef Liebertz verstorben. Das Lebenswerk dieser beiden großen Wissenschaftler wird in diesem Heft gewürdigt.

Einen anderen großen Wissenschaftler, immer (noch) aktiv und manchmal umstritten, konnten wir auf der Tagung in Freiburg ehren. Hans Scheel hat den DGKK-Preis 2017 bekommen. Herzlichen Glückwunsch! Der DGKK-Preis für Nachwuchswissenschaftler ging 2017 an Ludwig Stockmeier, dem ich herzlich gratuliere und alles Gute für seine weitere wissenschaftliche Karriere wünsche.

Ihnen wünsche ich eine schöne Sommerzeit und interessante Workshops der DDKK-Arbeitskreise im Herbst,

Ihr Wolfram Miller

## Inhaltsverzeichnis

Der Vorsitzende .....	3
Editorial .....	4
Titelbild .....	4
DGKK-intern .....	5
DKT 2017 und die Verleihung der DGKK-Preise .....	5
Protokoll der Mitgliederversammlung 2017 .....	8
Neue Mitglieder 2017 .....	11
Jubilare und Jubiläen .....	11
Effiziente Strom-Licht-Wandlung mit III/V-Halbleitern .....	12
DGKK-Personen .....	14
Hans J. Scheel on the occasion of his 80 <sup>th</sup> birthday .....	14
Josef Liebertz * 02.06.1929 – † 09.01.2017 .....	15

In memoriam: Prof. Klaus Hein .....	17
DGKK-Nachrichten .....	19
Bericht zur ISSCG-16 und ICCGE-18 (Japan, Sommer 2016) .....	19
5. Erlangener Symposium über Kristallzüchtung .....	22
Sonderausstellung "KRISTALLE! in Nürnberg .....	23
Gründung des Zentrums für Lasermaterialien am IKZ Berlin .....	24
Bericht von der IWCGT-7 .....	26
Bericht zur IWCGT-7 .....	28
DGKK-Fokus .....	29
Galliumoxid attackiert Siliziumcarbid und GaN .....	29
Über die DGKK .....	33
Arbeitskreise der DGKK .....	34
Tagungskalender .....	34

## Editorial

### Verehrte Leserinnen und Leser,

ich glaube, so aktuell waren wir noch nie: das Ende der IWCGT-7 liegt noch keine 4 Wochen zurück und schon gibt es zwei lesenswerte Beiträge dazu: die Übersicht von Matthias Bickermann aus der Sicht des Veranstalters auf Seite 26 und der Bericht von Nora Wolff auf Seite 28: Sie erhielt für ihre Teilnahme eine finanzielle Unterstützung von der DGKK und fertigte dazu umgehend den dafür erbetenen Artikel an. Die Kehrseite dieser Aktualität ist, dass wir durch das Warten auf die fest zugesagten Berichte mit unserer aktuellen Ausgabe spät dran sind. Ich bin mir aber sicher, dass wir damit der

Winterausgabe keine Artikel weggenommen haben und sehe schon gespannt Ihren Beiträgen entgegen.

Ansonsten wird die aufmerksame Leserschaft schon bemerkt haben, dass es dieses Mal recht eng im Heft zugeht: ein geeigneteres druckgerechtes Layout ließ sich dieses Mal leider nicht finden.

Eine gute Zeit über die Sommermonate und - falls zutreffend, einen erholsamen Urlaub - wünscht Ihnen

Uwe Rehse

## Titelbild



Bild: Fraunhofer IISB

Das Titelbild zeigt unterschiedlich dotierte "bunte" YAG-Kristalle mit einem Durchmesser zwischen 50 und 80 mm und Längen zwischen 140 und 300 mm aus dem Forschungsinstitut für mineralische und metallische Werkstoffe - Edelsteine/Edelmetalle GmbH (FEE) in Idar-Oberstein.

Neben Nd:YAG-Kristallen, die man in vielen Festkörperlaser findet, werden am FEE Er:YAG- und Cr; Tm, Ho:YAG-Kristalle und Rubin-Kristalle für Laseranwendungen im Medizinbereich sowie Kristalle für den Bau optischer Isolatoren oder als nichtlineare Elemente für Ultrakurzpuls-Laser hergestellt.

Einige dieser schönen „bunten“ Kristalle aus dem FEE sind nun als Teil einer umfangreichen Sammlung synthetisch hergestellter Kristalle für technische Anwendungen am Fraunhofer IISB öffentlich zugänglich.

<sup>®</sup>  
**CARBOLITE**  
**IGERO** 30-3000°C

part of **VERDER**  
scientific

## Hochtemperaturöfen bis 3.000 °C

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



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

[www.carbolite-gero.de](http://www.carbolite-gero.de)

## DGKK-intern

### DKT 2017 und die Verleihung der DGKK-Preise

Wolfram Miller, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) Berlin

Nach der Gründung der DGKK gab es eine enge Zusammenarbeit mit der Sektion Kristallwachstum der Schweizerischen Gesellschaft für Kristallographie. Zwischen 1970 und 1975 gab es drei gemeinsame Tagungen und 1976 fand die Kristallzüchtungstagung zusammen mit der 1st European Conference on Crystal Growth in Zürich statt.

Nach vierzig Jahren gab es nun wieder eine gemeinsame Konferenz, die 5th German-Swiss Conference on Crystal Growth in Freiburg. Die Organisation wurde vom Fraunhofer-Institut ISE, verantwortlich Stephan Riepe, und der Universität Freiburg, verantwortlich Tina Sorgenfrei, übernommen. Auf Schweizer Seite zeichnete Enrico Giannini von der Universität Genf für die Organisation verantwortlich. Zwei Tage trafen sich 128 Teilnehmer im Vorlesungssaal der Chemischen Fakultät. In insgesamt 8 Blöcken wurde die ganze Bandbreite des Gebietes präsentiert.

Interessant waren hierbei die Vorträge der Kollegen aus der Schweiz, die sich insbesondere mit der Kristallisation von neuen Materialien beschäftigen. Dieses wurde in der Session „Novel Materials“ sichtbar, wo drei Vorträge von schweizerischen Institutionen kamen: über skyrmonische  $\text{CuOScO}_3$ -Kristalle von der EPFL in Lausanne, über Phasenübergänge von  $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CuSi}_2\text{O}_6$  vom Paul-Scherrer-Institut in Villingen und über Kristallzüchtung von supraleitenden Materialien von der Universität Bern.

Eine weitere Richtung ist die Kristallisation von Protein-Kristallen, die für die Strukturanalyse mittels Röntgenstrahlung benötigt werden. May Marsh vom Paul-Scherrer-Institut berichtete in einem eingeladenen Vortrag über die Tricks bei der Züchtung, insbesondere die Nukleation und das weitere Wachstum in unterschiedlichen Parameterbereichen durchzuführen. Einer der Schwerpunkte war die Siliziumzüchtung, hier insbesondere auch für photovoltaische Anwendungen. Für den Eröffnungsvortrag konnte Matthias Künle von Infineon in Villach gewonnen werden, der über die Herstellung von Silizium-Schichten für die MOSFET-Produktion berichtete. Der Vortrag gab einen schönen Einblick, wie ein solches Thema forschungsmäßig aus industrieller Sicht angegangen wird. Zwei weitere Vorträge aus der Industrie, präziser von der Siltronic AG, gab es durch Götz Meisterer über Floatzonen-Züchtung und Walter Heuwieser über die Herausforderungen der Czochralski-Züchtung großer Silizium-Einkristalle unter Berücksichtigung der Anforderungen des Wafermarkts. Auf dem Weg zu kleineren (Schalt)-Strukturen ist es notwendig, neue Konzepte zu erforschen.

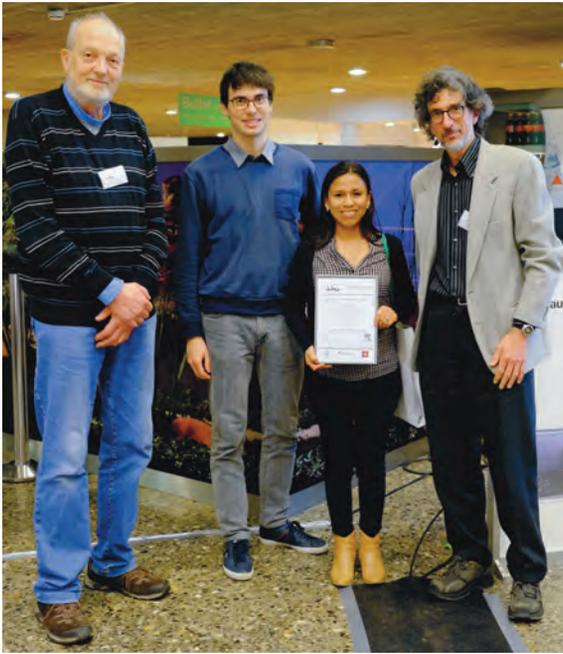


Die Organisatoren der DKT 2017, von links nach rechts: Enrico Giannini (Universität Genf), Tina Sorgenfrei (Universität Freiburg), Stephan Riepe (ISE Freiburg).

Fabio Isa von der ETH Zürich berichtete über die Erzeugung  $\mu\text{m}$ -großer Strukturen von  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  auf Silizium-Wafern durch vorherige Strukturierung des Wafers und vertikales Wachstum.

Die Züchtung von Oxid-Kristallen war dieses Mal durch fünf Vorträge vertreten. Neben dem eingeladenen Vortrag von C. Liebald (FEE) über Kristalle für Laser mit ultrakurzen Pulsen gab es zwei Vorträge aus dem IKZ, darunter einen zu numerischen Berechnungen bei der  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Züchtung. Außerdem zeigte Anton Jesche (Universität Augsburg) wie  $\text{Li}_2\text{IrO}_3$ -Kristalle durch einen isothermen Gasphasentransport aus zwei getrennten Edukten hergestellt werden können. Ferner gab es einen weiteren Vortrag aus dem Paul-Scherrer-Institut. Ekaterina Pomjakushina stellte eine Sauerstoff-Hochdruck-Anlage vor, in der besondere Metall-Sauerstoffkomplexe synthetisiert werden können, wobei Übergangsmetalle anomal hohe oder exotische Oxidationsstufen annehmen können. Breit vertreten war die Epitaxie. Mit der HVPE von GaN-Kristallen gab es hier einen weiteren Vortrag aus der Industrie. Bernd Weinert stellte die erfolgreiche Entwicklungsarbeit bei FCM vor.

Matthias Bickermann gab eine Übersicht über den Entwicklungsstand bei der Volumen kristallzüchtung von AlN und Nicolas Grandjean präsentierte die Arbeiten an der EPFL zu



Die Gewinnerin des Poster-Preises, Mirtha Pillaca (zweite von rechts), mit der Preis-Jury.

InGa<sub>N</sub>, respektive zum Einfluss des Wachstumsprozesses auf die atomare Unordnung, die für die hohe interne Quantenausbeute verantwortlich ist. Auch 4H-SiC war vertreten: in dem Beitrag vom IISB ging es um die Reduzierung von Punkt-Defekten durch Post-Epi-Prozessierung von kommerziell erhältlichen Wafern. Ein weiterer Vortrag vom EPFL in Lausanne entführte in die Welt der Nanodrähte: Es wurde gezeigt, wie man durch gezielte Prozessführung die Wachstumsrichtung von  $\langle 111 \rangle$  in  $\langle 112 \rangle$  ändern kann. Eingeladen war ferner ein Vortrag vom Fraunhofer IAF in Freiburg zum Thema von einkristallinen Diamantschichten. Diese würden sich gut für die Verarbeitung in elektronischen Hochleistungs-Bauelementen eignen, die hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Die Kontrolle der Defekte, die auch aus dem Substrat in die Schicht hineinwachsen können, spielt eine große Rolle, um die Funktionsfähigkeit zu gewährleisten.

Eine Besonderheit in diesem Jahr war der „Dinner Talk“. Hin und wieder wird die Pause zwischen Hauptgang und Dessert mit einem kurzweiligen Vortrag zu einem wissenschaftlichen Thema überbrückt. Hier übernahm Andreas Danilewsky die Aufgabe, um über die regionale Geschichte der Materialentwicklung von der Steinzeit bis zur Kristallzüchtung heute zu berichten.

Mit insgesamt 27 Postern war die Poster-Sitzung sehr gut bestückt. Insofern war es für die Jury mit Wolf Aßmus, Enrico Giannini und Ludwig Stockmeier nicht leicht, das beste Poster für den von Elsevier (Zeitschrift Journal of Crystal Growth) gestifteten Preis in Form von 2 Bänden des Handbook of Crystal Growth zu finden. Sie entschieden sich schließlich für das Poster „Single crystal growth of Sb-based thermoelectric materials“ von Mirtha Pillaca (LMU München).



Ludwig Stockmeier (Mitte) bekommt den DGKK-Preis für Nachwuchswissenschaftler 2017 überreicht. Rechts: Michael Heuken stellvertretend für die gesamte Preiskommision. Links: Wolfram Miller, Vorsitzender der DGKK.

Ein weiterer Sponsor wurde mit der MDPI AG (Open access Zeitschrift Crystals) gewonnen, so dass auch ein Preis für den besten Vortrag vergeben werden konnte.

Eine Auswahljury (Peter Gille, Stefan Kayser, Nathalie von Well) beurteilte die Vorträge und wählte den Vortrag von Felix Kohler (Universität Oslo) mit dem Titel „NaClO<sub>3</sub> Crystal growth in Confinement“ als beste Präsentation aus. Hier gab es einen Gutschein für die Veröffentlichung bei Crystals.

Wie immer traf sich die JDGKK einen Tag vorher zum 6th Seminar of the Junge DGKK. Fünf Vortragende aus unterschiedlichen Gebieten waren gewonnen worden, um einen Überblick über ihr spezifisches Fachgebiet zu geben. Am Mittwochvormittag wurde dann das ISE besucht.

Ein Höhepunkt der Kristallzüchtungstagungen ist immer die Verleihung der DGKK-Preise. In diesem Jahr wurde sowohl der DGKK-Nachwuchspreis als auch der DGKK-Preis vergeben.



Der Gewinner des Preises für den besten Vortrag, Felix Kohler (zweiter von rechts), mit der Preis-Jury.

Aus den zahlreichen Bewerbungen musste die Preiskommission von Michael Heuken, Michael Neubert und Manfred Mühlberg die beiden Preisträger auswählen – eine nicht ganz einfache Aufgabe. Der DGKK-Nachwuchspreis wurde an Ludwig Stockmeier vergeben in Würdigung seiner herausragenden wissenschaftlichen Leistungen auf dem Gebiet der Versetzungsentstehung bei der Züchtung von hoch dotierten Si-Kristallen. Durch systematische Herangehensweise und unter Einsatz unterschiedlicher Charakterisierungsverfahren konnte Herr Stockmeier die Entstehung von Versetzungen bei der Czochralski-Züchtung von Silizium-Einkristallen mit hohem P- bzw. As-Gehalt auf Wachstums-Instabilitäten in der Nähe der  $\langle 111 \rangle$ -Randfacetten zurückführen. Die extensiven Untersuchungen von Herrn Stockmeier sind ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu technischen Lösungen, um die Versetzungsbildung zu vermeiden.

Hans Jörg Scheel wird für seine herausragenden Leistungen auf dem Gebiet der Kristallzüchtung und der Züchtungstechnologien mit dem Preis der Deutschen Gesellschaft für Kris-

tallwachstum und Kristallzüchtung e.V. (DGKK) ausgezeichnet. Hans Jörg Scheel hat zahlreiche und richtungsweisende Beiträge zu Kristallzüchtungstechnologien geleistet, insbesondere die ARCT (accelerated crucible rotation technique) und die MultiLPE (slider-free liquid phase epitaxy technique). Die DGKK würdigt darüber hinaus seinen unermüdlichen Einsatz für die Forderung der Ausbildung auf diesem Gebiet.



Hans Jörg Scheel (Mitte) bekommt den DGKK-Preis 2017 überreicht. Rechts: Michael Heuken, stellvertretend für die gesamte Preiskommission. Links: Wolfram Miller, Vorsitzender der DGKK.

## 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 ( $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{YSZ}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 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**

## Protokoll der Mitgliederversammlung 2017

### Anwesende:

#### DGKK Mitglieder:

W. Aßmus, M. Bickermann, K. Böttcher, K. Dadzis, A. Danilewsky, P. Dold, K. Dupré, B. Epelbaum, A. Erb, Ch. Frank-Rotsch, B. Freudenberg, J. Friedrich, V. Fritsch, P. Gille, P. Görnert, J. Härtwig, M. Heuken, Th. Jauß, A. Jesche, M. Jurisch, L. Kadinski, F.-M. Kießling, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (Firmenmitglied), K.-D. Luther, G. Meisterernst, W. Miller, Ch. Reimann, St. Riepe, F. Ritter, M. Rosch, H.-J. Rost, P. Saß, S. Schimmel, H. Schlich, D. Schwabe, D. Siche, T. Sorgenfrei, L. Stockmeier, L. Syl-la, J. Tonn, B. Weinert, N. van Well, P. Wellmann, Th. Wolf, U. Wunderwald, R. Zwierz

### Gäste:

A. Denisov, Ch. Kleis, K. Kliemt, Ch. Walter

### Ort:

Universität Freiburg, Chemische Institute, Albertstrasse 21, 79104 Freiburg

### Zeit:

Mittwoch, 08. März 2017, 19:00 Uhr

### TOP 1 Begrüßung und Feststellen der Beschlussfähigkeit

Es sind **46** Mitglieder und **4** Gäste anwesend, d.h. laut Satzung ist die Versammlung beschlussfähig. Der Vorsitzende der DGKK, Wolfram Miller begrüßt die anwesenden Mitglieder und Gäste. Er stellt fest, dass frist- und formgerecht eingeladen worden ist.

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

G. Müller feierte seinen 75. Geburtstag.

Im Mai wird H. Scheel den 80. Geburtstag begehen.

W. Miller gratuliert weiterhin dem Kristalllabor Erlangen zum 20-jährigen Bestehen. In Freiberg wurden 60 Jahre Halbleiterphysik gefeiert.

Weiterhin gratuliert er den diesjährigen Preisträgern,

Herrn Prof. Hans Jörg Scheel aus Goldswil bei Interlaken zum DGKK-Preis und

Ludwig Stockmeier vom Fraunhofer THM in Freiberg zum DGKK-Preis für Nachwuchsforscher 2017.

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

Horst Strunk (Stuttgart),

Josef Liebertz (Köln),

Piet Bennema (Nijmegen) und

Klaus Hein (Freiberg).

### TOP 2 Bericht des Vorsitzenden

W. Miller beginnt seinen Bericht mit einer Übersicht von Veranstaltungen, die unter Schirmherrschaft und Beteiligung der DGKK im letzten Jahr stattgefunden haben. Insgesamt haben deutlich mehr als 1000 Teilnehmer an diesen Veranstaltungen teilgenommen.

Er hob dabei die Internationale Konferenz für Kristallzüchtung und Epitaxie in Nagoya (Japan) (ICCGE-18) mit 1189 Teilnehmern und die Internationale Kristallzüchtungsschule (ISSCG-16) mit 81 Schülern hervor.

Die Teilnehmerzahl der DKT 2016 betrug 160 und die des Treffens der Jungen DGKK war stabil bei 40. An den DGKK-Arbeitskreisen nahmen mehr als 200 Personen teil.

**Er wies noch auf für 2017 geplante Veranstaltungen, z.B. auf die im Juli in Potsdam stattfindende IWCGT-7 hin. Zur IWCGT-7 soll ein von der DGKK gesponserter Posterpreis vergeben werden. Er informierte über die Möglichkeit und die Rahmenbedingungen für junge Wissenschaftler einen Antrag auf Reisekostenzuschuss zu stellen.**

Er informiert weiter zum Stand des Mitteilungsblattes, die Hefte 101 und 102 sind termingerecht erschienen. Das Mitteilungsblatt 103 ist in Vorbereitung mit dem Schwerpunkt TSO und TCO. Die personelle Weiterführung der Redaktionsfrage ist noch nicht endgültig geklärt. Die Webseiten werden laufend aktualisiert, bei Änderungswünschen bitte die Hinweise per Email an: internet.redaktion@dgkk.de senden.

Es geht ein Dank an das Redaktionsteam für die bereits geleistete Arbeit.

Inwieweit die DGKK sich auch in sozialen Netzwerken engagieren sollte, wird als Frage / Anregung an die Mitgliederversammlung gegeben.

Die DGKK ist gegenwärtig bereits international gut vernetzt, möchte aber auch national die Zusammenarbeit mit anderen Verbänden stärken, hierzu ist eine Reihe von Aktivitäten erfolgt bzw. geplant.

#### *Deutsche Gesellschaft für Kristallographie*

Geplant ist ein Symposium der DGKK auf der Jahrestagung der DGK 2018 (5.3. - 8.3.2018) an der Universität Duisburg-Essen sowie eine Sitzung der DGK auf der DKT 2019. Auch die Zusammenarbeit im Bereich der Aus- und Weiterbildung wird ausgebaut.

#### *Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG)*

Auf der Frühjahrstagung der Sektion kondensierte Materie soll ein Symposium mit einem Thema der DGKK stattfinden (11.3 - 16.3.2018 in Berlin).

#### *Deutsche Gesellschaft für Materialkunde (DGM)*

Hierzu gibt es Überlegungen zu einer möglichen Zusammenarbeit im Rahmen der Werkstoffwoche bzw. Material Science and Engineering Conference. Es liegen aber noch keine konkreten Vorschläge vor. Es ist zu berücksichtigen, dass die DGM sehr industriegetrieben ist und deren Veranstaltungen relativ kostenintensiv sind.

#### **BV Matwerk**

Die DGKK ist noch Mitglied im BV Matwerk und beobachtet dessen Entwicklung weiterhin kritisch. Es wird versucht, auch zur diesjährigen Jahresversammlung einen Vertreter für die DGKK zu entsenden.

Die internationale Zusammenarbeit der DGKK erfolgt mit folgenden „Verbänden“:

- European Network on Crystal Growth (ENCG)
- International Organisation of Crystal Growth (IOCG)
- International Union of Crystallography

Die Zusammenarbeit erfolgt auch mit vielen Verbänden auf bilateraler Basis, z.B. mit den französischen Kollegen bei der gemeinsamen Durchführung von Arbeitskreisen.

Bezüglich der Ausbildung sei die 9. Sommerschule am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung erwähnt, hier lehrte Elias Vlieg (Niederlande) vom 12.-14. Oktober 2016.

Wie bereits in den letzten Mitgliederversammlungen berichtet, hat sich der Vorstand zum langfristigen Ziel gesetzt, die Außendarstellung der DGKK zu verstärken. Hierzu gehört auch die Organisation und Beteiligung an Ausstellungen zur Kristallzüchtung. Besonders zu erwähnen ist die Wanderausstellung: ALL.täglich! - die INNOspaceExpo, welche in Berlin, Stuttgart, Essen, Bremen und Darmstadt zu besuchen war, hier gilt C. Reimann, A. Cröll und M. Fiederle einen besonderen Dank für ihren Einsatz.

2017 ist die Ausstellung „KRISTALLE! - Schlüsselmaterialien für das 21. Jahrhundert“ im Museum Industriekultur, Nürnberg zu sehen.

Im Jahr 2016 waren auch Themen zur Kristallzüchtung in der Presse, z.B. unter folgendem Link nachlesbar:

<http://www.sueddeutsche.de/wissen/materialforschung-ingenieure-wollen-im-weltall-kristalle-zuechten-1.2972756>

Es wird eine Überarbeitung und Nachdruck der Informationsbroschüre im Jahr 2017 geplant.

W. Miller dankt am Ende seines Berichts den Anwesenden für die Aufmerksamkeit. Von Seiten der Mitglieder wird von W. Aßmus bei der nachfolgenden Diskussion darauf hingewiesen, dass sich die DGKK bei der Zusammenarbeit mit anderen Organisationen nicht verzetteln sollte.

#### **TOP 3 Bericht der Schriftführerin**

Die Mitgliederzahl der DGKK ist gegenwärtig zum Stand 01.03.17 stabil bei 369, dies eine Veränderung von „-1“ im Vergleich zu 2016.

**Von den 369 Mitgliedern sind 323 Vollmitglieder, 29 Studenten und 17 Firmen.**

Die Schriftführerin bat die Mitglieder Veränderungen bei den persönlichen Daten mitzuteilen, denn es ist nicht möglich danach zu recherchieren. Änderungen können formlos per Email mitgeteilt werden.

#### **TOP 4 Bericht des Schatzmeisters**

Der Kassenstand der DGKK beträgt zum 31.12.2016:

Sparkasse Karlsruhe	: 15.507,91 €
Tagesgeldkonto	: 12.322,01 €
	<b>27.829,92 €</b>

Der Kassenstand hat sich im Vergleich zu 2015 um 2.291,22 € erhöht. Es ist dabei anzumerken, dass die Rechnungslegung für den Druck des zweiten Mitteilungsblatts erst 2017 erfolgte.

Die Einnahmen 2016 kamen zum Großteil aus den Mitgliedsbeiträgen. Im Rahmen der DKT 2016 konnte ein Überschuss von 1.000 € erzielt werden.

Die Hauptausgaben entfallen auf Kosten für den Druck und Versand des Mitteilungsblattes, die Unterstützung der Jungen DGKK sowie die Auszahlung von Preisgeldern.

P. Wellmann stellt einen Ausgabeplan für 2017 vor. Um die geplanten Kosten zu decken, wird danach 2017 ein Teil der Rücklagen genutzt werden müssen.

Bei einer anschließenden Diskussion wird darauf hingewiesen, dass bisher die Möglichkeit der Nutzung von Reiskostenzuschüssen relativ wenig genutzt wird.

#### **TOP 5 Bericht der Kassenprüfer und Entlastung des Vorstandes**

Die Kassenprüfung erfolgte durch H.-J. Rost und F. Ritter. F. Ritter bestätigt eine korrekte Kassenführung und dankt dem Schatzmeister für die sehr übersichtliche Kassenführung.

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

Der Antrag wird einstimmig angenommen, bei 5 Enthaltungen von Seiten des Vorstandes.

#### **TOP 6 Wahl des Vorstandes für die Zeit von 01.01.2018-31.12.2019**

Wahlleiterin ist T. Sorgenfrei.

Sie gibt einleitend einen Überblick über den Wahlvorschlag des Vorstandes. Von Seiten der Mitgliedschaft sind keine weiteren Vorschläge vor der Mitgliedsversammlung eingereicht worden.

Weitere Vorschläge gehen nicht ein. T. Sorgenfrei erläutert den Ablauf der Wahl, bevor die geheime Wahl stattfindet.

**Wahl des 1. Vorsitzenden**

<b>W. Miller</b>	42	Stimmen
M. Bickermann	1	Stimme
<b>G. Meisterernst</b>	1	Stimme
A. Danilewsky	1	Stimme

W. Miller bedankt sich für das Vertrauen und nimmt die Wahl gern an.

**Wahl des 2. Vorsitzenden**

<b>A. Danilewsky</b>	44	Stimmen
T. Sorgenfrei	1	Stimme

A. Danilewsky bedankt sich für das Vertrauen und nimmt die Wahl gern an.

**Wahl des Schatzmeisters**

<b>P. Wellmann</b>	44	Stimmen
Enthaltung	1	Stimme

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

**Wahl der Schriftführerin**

<b>Ch. Frank-Rotsch</b>	44	Stimmen
Enthaltung	1	Stimme

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

**Wahl der drei Beisitzer**

<b>U. Wunderwald</b>	42	Stimmen
<b>G. Meisterernst</b>	40	Stimmen
<b>L. Stockmeier</b>	37	Stimmen
T. Sorgenfrei	2	Stimmen
<b>B. Weinert</b>	2	Stimmen
L. Kadinski	1	Stimme
<b>L. Sylla</b>	1	Stimme
F. Ritter	1	Stimme
<b>A. Jesche</b>	1	Stimme
A. Miller	1	Stimme

**U. Wunderwald, G. Meisterernst und L. Stockmeier** bedanken sich für das Vertrauen und nehmen die Wahl gern an.

**TOP 7 Wahl der Kassenprüfer**

Die Wahl der Kassenprüfer erfolgt für die Dauer der Wahlperiode des gegenwärtigen Vorstandes gemäß §11 (13) bis 31.12.2019.

Es lagen vier Vorschläge des Vorstandes zur Wahl vor.

*Ergebnis:*

<b>F. Ritter</b>	44	Stimmen
<b>T. Sorgenfrei</b>	43	Stimmen
<b>H.-J. Rost</b>	39	Stimmen
<b>E. Meissner</b>	37	Stimmen
<b>J. Friedrich</b>	3	Stimmen
M. Bickermann	1	Stimme
<b>D. Siche</b>	1	Stimme
P. Görnert	1	Stimme

Gewählt wurden F. Ritter, T. Sorgenfrei, H.-J. Rost und E. Meissner.

T. Sorgenfrei dankt den Helfern für die Unterstützung bei den Wahldurchführungen.

**TOP 8 Diskussionen über Tagungen und Symposien**

Es wird (wie bereits 2016 angeregt) vorgeschlagen, die Deutsche Kristallzüchtungstagung 2018 in Wien gemeinsam mit den österreichischen Kollegen durchzuführen. Die Motivation, die DKT gemeinsam mit österreichischen Kollegen durchzuführen, leitete sich daraus ab, dass in Österreich verschiedene Aktivitäten auf dem Gebiet der Kristallzüchtung existieren, aber keine Gesellschaft analog zur DGKK existiert. Die DKT 2018 soll zum einen den Kontakt zu den deutschen Kollegen wieder stärken als auch die Zusammenarbeit der österreichischen Kollegen intensivieren.

Es ist geplant, dass die Tagung vom 21.-23.02.2018 an der Universität Wien unter der federführenden Organisation von Andrey Prokofiev stattfindet. Aufgrund organisatorischer Probleme war es A. Prokofiev nicht selbst möglich nach Freiburg zu kommen, um sein Konzept vorzustellen, daher umreißt W. Miller die wesentlichen geplanten Eckpunkte für die DKT 2018 in Wien.

Der Vorschlag wird nach der Vorstellung intensiv diskutiert, wobei zum Teil Zweifel seitens der Mitglieder aufkommen, dass eine Organisation durch den Kollegen A. Prokofiev möglich sei. Die Kollegen des Kristallzüchtungslabors Frankfurt/M. reduzierten diese Vorbehalte, da der Kollege als zuverlässig bekannt ist und ihm die Organisation der Tagung zugetraut wird.

In der Diskussion wird klar, dass die Vorbereitung der DKT 2018 von Seiten der deutschen Kollegen stark unterstützt werden muss und es werden die Mitglieder aufgerufen, ih-

nen bekannte Gruppen auf dem Gebiet der Kristallzüchtung anzusprechen und für die Teilnahme zu gewinnen.

**Der Vorschlag, die DKT 2018 in Wien durchzuführen, wird bei einer Gegenstimme und einer Enthaltung angenommen.**

Nachfolgend erfolgt eine vorbereitende Diskussion zur DKT 2019. Es wurde bereits seit längerer Zeit von den polnischen Kollegen eine gemeinsame Tagung vorgeschlagen, jedoch kann eine Terminfindung nur langfristig erfolgen. Die PWTK führt ihre Jahrestagung in einem Rhythmus von 3 Jahren durch. Im Vorfeld haben die Kollegen die Tagung bereits abweichend von ihrer Tradition auf März 2019 terminiert. Von Seiten der polnischen Kollegen wird Poznań als Tagungsort vorgeschlagen, alternativ wurde auch Berlin in Betracht gezogen. Nach einiger Diskussion und Erläuterungen wird ein Stimmungsbild bei den anwesenden Mitgliedern zur Tagung 2019 erhoben. Dabei sprach sich die deutliche Mehrheit, bei nur 3 Ablehnungen, für Poznań auf, so dass der Vorstand die Vorbereitung mit der PWTK starten kann. Jedoch gab es von Seiten der Mitglieder die Auflage, das von der PWTK vorgeschlagene Programm zu straffen, dass die DKT an max. 4 Tagen stattfindet.

**TOP 9 Berichte zu den DGKK – Arbeitskreisen**

*Epitaxie von III/V – Halbleitern:*

M. Heuken berichtet über die Aktivitäten des Arbeitskreises, dieser traf sich im Dezember 2016 mit 90 Teilnehmern in Duisburg. Der nächste Arbeitskreis wird in Freiburg vom 07.12.

bis 08.12.2017 unter Leitung von Frank Dimroth stattfinden.

#### *Arbeitskreis Massive Verbindungshalbleiter:*

P. Wellmann: Der letzte Arbeitskreis fand in Erlangen Mitte Oktober mit ca. 30 Teilnehmern statt. Es waren weniger Teilnehmer als in den letzten Jahren, dies war aber auch zum Teil durch eine Terminüberschneidung mit anderen Konferenzen bedingt. Das nächste Treffen findet am 11./12.10.2017 wieder in Freiberg statt.

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

A. Erb berichtet vom letzten Treffen in Dresden mit ca. 25 Teilnehmern. Das nächste Treffen ist an der Universität Frankfurt/Main geplant.

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

K. Dupré berichtet vom letzten Treffen des Arbeitskreises am IKZ in Berlin (15.09 - 16.09.2016). 2017 ist wieder ein gemeinsamer Workshop mit den Französischen Kollegen geplant, dieser findet im Zeitraum 14./15.09. in Bordeaux statt. Nähere Informationen sind bereits unter <https://wodil2017.sciencesconf.org/> zu finden.

#### *Industrielle Kristallzüchtung:*

G. Meisterernst berichtet über das Treffen, welches wieder im November in Freiberg am THM unter dem Schwerpunkt „Industrielle Effizienz“ mit 32 Teilnehmern stattfand. Die Teilnehmerzahl hat im Vergleich zu den Vorjahren deutlich abgenommen und die wichtigsten Schwerpunkte wurden bereits behandelt, daher haben sich die Organisatoren entschlossen im Jahr 2017 kein Treffen durchzuführen, sondern erst

wieder im Jahr 2018. G. Meisterernst teilt mit, dass B. Freudenberg sich aus dem Organisationsteam zurückziehen wird und dankt für seine geleistete Arbeit in diesem Arbeitskreis.

#### *Junge DGKK*

In diesem Jahr fand bereits das 6. Treffen der Jungen DGKK mit 47 Teilnehmern im Vorfeld der DKT statt. Ein Großteil der Teilnehmer wechselt dabei in jedem Jahr (ca. 2/3 der Teilnehmer). Es konnte auch wieder ein sehr interessantes Programm mit Vorträgen und Postersitzungen gestaltet werden. Es geht ein besonderer Dank an L. Stockmeier für die Organisation sowie an die Kollegen vom Fraunhofer ISE.

#### **TOP 10 Verschiedenes**

Es wird den Kassenprüfern und T. Sorgenfrei für die Wahlleitung und den Wahlhelfern gedankt.

Das 50-jährige Bestehen der DGKK im Jahr 2020 soll mit einer Jahrestagung im Gründungsort München begangen werde. Hierzu ist geplant, einen Sonderband in der Zeitschrift CRT herauszugeben, in welchem sowohl historische Abrisse als auch aktuelle Forschungsergebnisse enthalten sein sollen. In Vorbereitung dessen hat der Vorstand Kontakt mit K.-W. Benz und W. Neumann aufgenommen, die Mitgliederversammlung wird aufgerufen, konkrete Ideen für den Sonderband einzubringen.

W. Miller schließt gegen 21:40 Uhr die Mitgliederversammlung und bedankt sich bei allen Anwesenden.

Christiane Frank-Rotsch  
Schriftführerin der DGKK

Wolfram Miller  
1. Vorsitzender

## **Neue Mitglieder 2017**

Wir begrüßen seit dem 16.11.2016 als neue Mitglieder (Stand 06.06.2017):

#### **Neumitglieder / Privatpersonen:**

Frau Dr. Katharina Gimbel	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Frau M.Sc. Kristin Kliemt	Goethe-Universität Frankfurt
Herr Prof. Dr. Donat Josef As	Universität Paderborn
Herr Jannick Fammels	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Herr Dr. Marius Grundmann	Universität Leipzig
Herr M.Sc. Boy Roman Piening	IFW Dresden
Herr Sebastian Selter	IFW Dresden
Herr Dr. Radoslaw Zwierz	Leibniz Institut für Kristallzüchtung (IKZ) Berlin

## **Jubilare und Jubiläen**

Wir gratulieren herzlich diesen Mitgliedern zu ihren Geburtstagen:

Herrn Hans J. Scheel, Interlaken (CH)	zum 80. Geburtstag
Herrn Prof. Dr. Georg Müller, Langensendelbach	zum 75. Geburtstag

sowie

dem Kristalllabor Erlangen	zum 20-jährigen Bestehen
----------------------------	--------------------------

## Effiziente Strom-Licht-Wandlung mit III/V-Halbleitern

Der Arbeitskreis "Epitaxie von III/V-Halbleitern" traf sich in Duisburg

Dr. Werner Prost, Universität Duisburg-Essen



Die jungen Wilden (Oliver Supplie, Matthias Steidl, Christian Blumberg und Sarah Blumenthal) diskutieren über die Silizium Oberfläche. Im Hintergrund Dr. Zhang (NTT).

Die Epitaxie der III/V-Halbleiter in Deutschland hat ein Zuhause! Es ist das jährliche Treffen des gleichnamigen Arbeitskreises der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung. Dieses Zuhause wandert seit 31 Jahren durch Deutschland und war am 8./9. Dezember 2016 in Duisburg. 90 meist junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler versammelten sich in der Sportschule Wedau und diskutierten über die Epitaxie der III/V-Halbleiter, der Basistechnologie hinter der Effizienz von Leuchtdioden und den Wirkungsgraden von Solarzellen. Die verlustarme Wandlung von Strom in Licht und umgekehrt findet in III/V-Halbleitern höchst kompakt auf der Nanometer-Skala statt. In daraus abgeleiteten Themenfeldern effizienter Leuchtdioden (Osram Opto Semiconductors GmbH) und Solarzellen mit höchsten Wirkungsgraden für die Raumfahrt (AZUR SPACE Solar Power GmbH) ist Deutschland wirtschaftlich bestens aufgestellt. Und schließlich stellt die AIXTRON SE die Metall-Organischen Gasphasen-Epitaxie-Anlagen für die Fertigung dieser Bauelemente her und ist in diesem Themenfeld seit über 30 Jahren weltweit führend aktiv.

Zum Treffen des Arbeitskreises kommen sie alle. Es geht um die schnelle Umsetzung hoch innovativer Forschung in die wirtschaftliche Wertschöpfung. Eine wichtige zukünftige Wertschöpfung erwartet Prof. Dr. Ferdinand Scholz von der Universität Stuttgart im Bereich der „Sensorik mit Halbleiter-Heterostrukturen“ und begründete in Duisburg den äußerst erfolgreichen Start eines gleichnamigen Satelliten-Workshop um das Treffen der III/V-Epitaxie. Geforscht wird mit Schwerpunkt Innovation und Ausbildung in den Arbeitsgruppen der Universitäten. Hier geht es z. B. um Lichtemitter im Nanometermaßstab, neue Materialien für die Elektronik und Optik sowie der Charakterisierung der Ober- und Grenzflächen, einer Kernaufgabe der Epitaxie. In größerer Nähe und als

Bindeglied zum Produkt sind die großen Forschungsinstitute der Epitaxie wie das Ferdinand-Braun-Institut für Hochfrequenztechnik, das Fraunhofer Institut für Solare Energie, das Paul-Drude-Institut sowie das Forschungszentrum Jülich tätig. Aber es geht auch um die besten Köpfe für die Forschung und Wirtschaft von morgen. Zu einem guten Familientreffen gehören natürlich auch liebe Gäste. Aus dem fernen Atsugi in Japan kam auf Einladung der *Forscherguppe 1616* (Dynamics and Interactions of Semiconductor Nanowires for Optoelectronics) Dr. Guoqiang Zhang von der Fa. NTT Corporation nach Duisburg. Er stellte die besten Nanodrähte für die optoelektronische Kommunikationstechnik vor und diskutierte dann kräftig mit.

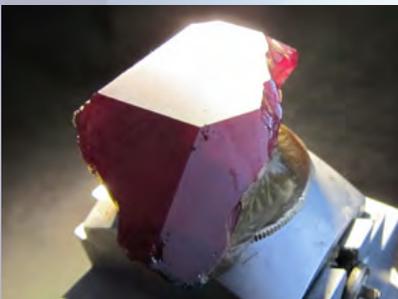
„Es ist leicht ein guter Gastgeber für den DGKK-Workshop zu sein“; so begrüßte Dr. Werner Prost beim Abendessen im wunderschönen Mezzomar Seehaus am Berta-See seine Gäste. Die jungen Leute kommen ebenso gern wie die Firmen, die ihre Kunden aber auch ihre Mitarbeiter von Morgen treffen. Es bilden sich in freundlicher Atmosphäre belastbare Netzwerke und Freundschaften, mit deren Hilfe man offen Probleme im Labor besprechen und auch Strategien für den nächsten Forschungsantrag aushandeln kann. Prof. Michael Heuken, Aixtron SE, ist seit vielen Jahren der Motor und das Herz des Arbeitskreises. Beim Abendessen wurde er in Würdigung seines großartigen Engagements für den Workshop zum Ehrenmitglied der Epitaxiegruppe des Fachgebietes Halbleitertechnik/Halbleitertechnologie der Universität Duisburg-Essen ernannt. Alle Beine dieser Duisburger Halbleitertechnologie waren gerne im Einsatz, damit sich die Familie der III/V-Halbleiter gerne an das Treffen in der Sportschule Wedau erinnert.



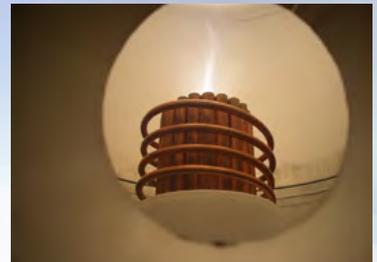
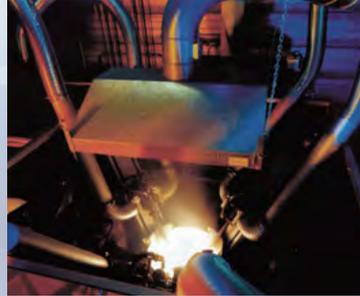
Prof. Dr. M. Heuken (li) wird vom Gastgeber Werner Prost (re) mit der Ehrenmitgliedschaft in der Epitaxiegruppe an der Uni Duisburg-Essen als Herz und Motor des DGKK-Workshops gewürdigt.

# SurfaceNet

## Crystals



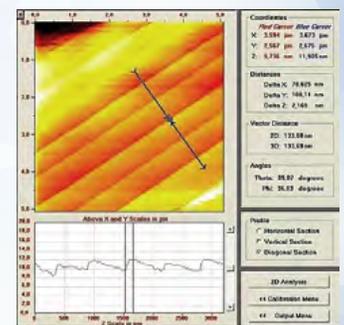
## Crystal Puller



## Wafers



## Analytical Services



## Substrates Custom Parts

## Sputter Targets PLD Targets Custom Crystal Growth

## SurfaceNet GmbH

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

## DGKK-Personen

### Hans J. Scheel on the occasion of his 80<sup>th</sup> birthday

Klaus Jacobs, Berlin



In these fast-moving days the common fate of a scientist is to become almost forgotten a few years only after his retirement, even if he is still active in other fields. Only a few people are remembered for a longer time. Probably, one of them is Hans Jörg Scheel who was for

many years one of the most active members of the DGKK. The elder ones of our community will still remember his disputations on the general meetings of the society. But he was not only well known in the DGKK, one can also say that Hans J. Scheel was one of the prominent crystal growers of the last half century. Now, on May 13, 2017 he is celebrating his 80<sup>th</sup> birthday. Elder colleagues and friends in industrial and academic laboratories on at least three continents, where the jubilee has been working during his professional life, will congratulate him on this occasion

Ten years ago a laudatio for the jubilee appeared in the journal "Crystal Growth and Technology", from which data of his career and achievements of his life as a crystal grower shall be repeated here.

Hans Scheel was born in 1937 in Bremen, Germany. He spent a childhood overshadowed by the Second World War. After high school / college and after education in chemistry in 1958 he joined the Chemical Institute of the University of Zurich as the last assistant to Prof. Paul Karrer (Nobel prize winner 1936). At that time he worked on the chromatographic separation and crystallization of the famous arrow poisons of the South American Indians, the Curare alkaloids.

In 1959 he joined Prof. Fritz Laves (known for "Laves phases" in metallurgy) at the Institute of Crystallography of the Swiss Federal Institute of Technology Zurich. There he investigated the crystallization of organic pigment dyes, performed studies on phase separation and nucleation / crystallization phenomena in pyroceram-type glasses. From 1963 he initiated a crystal growth laboratory there.

From 1968 to 1982 Hans Scheel was a researcher / staff member at IBM Zurich Research Laboratory. There he initiated a crystal growth lab, developed novel techniques and equipment for crystal growth (ACRT = accelerated crucible rotation technique, MultiLPE = slider-free liquid phase epitaxy technique). During these years he could also solve the formerly "intrinsic" striation problem. With D. Elwell as a coauthor in 1975 he published a now classical book "Crystal Growth from High-Temperature Solutions", which is still today frequently

cited.

In 1982 he was invited as a full professor to the University of Sao Paulo/Brazil to build a National Brazilian Laboratory for Crystal Growth and Materials Development. After political changes in 1985 he left Brazil to join US and German industrial companies to design a new generation of crystal growth machines.

In 1988 Hans Scheel returned to Switzerland and formed the group "Cristallogénèse" at the Swiss Federal Institute of Technology until his retirement 2001. In collaboration with C. Klemenz he has been working very successfully on the LPE, vehemently acclaimed by him as the favorite film growth technique. His group was the first in the successful LPE of high-temperature superconductors and of gallium nitride.

Starting out with a chemical background, Hans Scheel spent more than 40 years of his life with crystal growth and epitaxy in universities as well as in chemical industry, machine industry, and electronic/computer industry. For his achievements in bulk crystal growth and epitaxy technologies, he received awards from IBM and from Swiss, British, Korean Crystal Growth Associations, was elected as a member of the Russian Academy of Engineering Sciences, received his D.Sc. from Tohoku University Sendai, Japan, and was full professor at the University of Sao Paulo and at the National Space Research Institute INPE in Sao Jose dos Campos, Brazil. He is co-author and editor of six books, author of more than 100 publications and patents. One of his merits is the continuous promotion of crystal technology, both in practice and in education. He is the founder of the "International Workshops on Crystal Technology". This triennial international conference has now a firm position. The 7<sup>th</sup> Workshop will be held in July 2017 in Potsdam, near Berlin (Germany).

With his restless activity Hans Scheel was always a driving force for his environment. It is more than natural that collaboration with such a strong personality was not always free from conflicts and different views. His enormous knowledge of quite different branches of crystal growth, his competent view on crystal growth from both the industrial and the academic side, however, made him always a competent partner. For nearly half of a century he was active as one of the outstanding crystal growers. He left his traces in the field of crystal growth, with scientific original papers as well as with books and as the founder and organizer of a well established conference series.

Immediately after his retirement he founded his own "Scheel Consulting" company. As already mentioned, he founded, organized and chaired the famous International Workshops on

Crystal Growth Technology in Beatenberg, he spent several months per year at universities in Japan and China and was active on International Conferences. Vigorously he committed himself to a better education of students in crystal growth technology. In the last few years he turned his attention also to other fields of science and technology. Thus, he developed new ideas for safety in aviation. Another field, where he is presently very active is the protection of people against devastating tsunami floods. Only a few months ago, in October

2016, he presented his ideas about submerged vertical cylinder barriers against flooding and erosion on the international conference on "Coastal and Port Engineering in Developing Countries" (COPEDEC). One more of his scientific projects is concerned with improved storage of radioactive waste.

We can expect that Hans Jörg Scheel will maintain his interest in crystal growth (technology) and will still be active in other fields of science and technology. We wish him all the best for the years coming!

## Josef Liebertz \* 02.06.1929 – † 09.01.2017

P. Becker-Bohatý, L. Bohatý, Universität zu Köln, M. Mühlberg, Berlin



Am 9. Januar 2017 verstarb in seinem achtundachtzigsten Lebensjahr Josef Liebertz, ein herausragender Wissenschaftler seiner Generation auf dem Gebiet der Kristallzüchtung und der materialorientierten Kristallographie.

Er hat wesentliche Beiträge sowohl zur Entwicklung neu-

er einkristalliner Materialien, als auch zur Entwicklung von Strategien und Methoden zu deren Züchtung geliefert. Er war als Gründungsmitglied unserer Gesellschaft, der DGKK, engstens verbunden.

Josef Liebertz wurde am 2. Juni 1929 in Siegburg geboren als Sohn des Studienrats Josef Liebertz und seiner Ehefrau Katharina, geb. Fisch. Nach dem Abitur am 04. 03. 1948 an der Ernst-Moritz-Arndt-Schule in Bonn und einer halbjährigen Praktikantenzeit begann er mit dem Studium der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule in Darmstadt, wandte sich aber nach zwei Semestern dem Studium der Physik in Bonn und später, ab dem Sommersemester 1952 gleichzeitig auch an der Universität zu Köln zu. Seine Diplomarbeit *Untersuchungen über den Einfluß von Legierungselementen auf den spezifischen elektrischen Widerstand von Aluminium* wurde in den Forschungslaboratorien der Vereinigten Aluminiumwerke und der Vereinigten Leichtmetallwerke in Bonn unter Anleitung von Prof. Dr. Albert Kochendörfer (Abteilungsleiter am Max-Planck-Institut für Metallforschung in Düsseldorf und ab 1952 Honorarprofessor für Physik fester Körper an der Universität zu Köln) in der Zeit von August 1953 bis April 1955 angefertigt. Das Studium der Physik schloss er mit der Diplomprüfung am 28. 02. 1957 in Köln ab.

Josef Liebertz wandte sich in seiner, im Mai 1957 begonnenen und von Alfred Neuhaus am Mineralogischen Institut der Universität Bonn betreuten Dissertation *Über die Einkris-*

*tallzüchtung von reinem Nickelferrit und Ni-Fe-Mischferriten* Fragen des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung zu, Fragen, die sein ganzes wissenschaftliches Leben prägen sollten. Das Mineralogische Institut der Universität zu Bonn entwickelte sich in den 1950er Jahren unter Alfred Neuhaus, der zuvor ein Kristallzüchtungslabor der Leitz-Werke in Wetzlar aufgebaut hatte und den Ruf auf den Lehrstuhl für Mineralogie der Universität Bonn 1951 angenommen hatte, zu einer der wichtigsten Forschungsstätte der Kristallzüchtung in Deutschland. Im Rahmen der Doktorarbeit setzte Josef Liebertz drei unterschiedliche Züchtungsstrategien ein, um die Schwierigkeiten des Phasensystems „NiO-FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>“ zu überwinden und zu einkristallinen Individuen hoher Qualität der darin vorkommenden Ferritphasen, aber auch von Bunsenit Zugang zu bekommen. Neben der Verneuil-Technik wandte er die Züchtung im Hochfrequenzofen nach dem Nacken-Kyropoulos-Prinzip sowie die Züchtung aus Schmelzlösungen unter Einsatz unterschiedlicher Flux-Mitteln an. Am 21. Dezember 1961 promovierte er zum Dr. rer. nat. im Fach Mineralogie. Während der Jahre am Mineralogischen Institut in Bonn erarbeitete er sich die für ihn als Physiker neuen Felder der materialorientierten Mineralogie und Kristallographie. Im Rahmen der Doktorarbeit war er (in der Zeit 01.07.1957 – 31.07.1961) wissenschaftlicher Mitarbeiter von Professor Neuhaus. Aus der „Bonner Zeit“ über die Thematik seiner Dissertation hinaus stammen auch Züchtungen von Calcit aus LiCl - bzw. LiCl – KCl - Schmelzlösungen sowie Züchtungen von CdF<sub>2</sub> und Ln<sup>3+</sup>:CdF<sub>2</sub> nach einer modifizierten Stockbarger- Bridgman-Methode.

Die nächsten mehr als sieben Jahre von 1962 bis 1969 (01. 02. 1962 - 30. 06. 1969) beschäftigte er sich als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Philips-Zentrallaboratoriums in Aachen mit der Entwicklung neuer, hauptsächlich einkristalliner Materialien. Dabei umfasste seine durch kristallchemische und kristallphysikalische Arbeits- und Denkweise geprägte Aktivität die Arbeitsgebiete Kristallzüchtung, Phasenumwandlungen unter hohem Druck und auch Glassysteme. Im Philips-Zentrallaboratorium erweiterte und vertiefte er die Palette seiner

experimentellen Techniken wesentlich, u.a. um das komplexe Feld der Hydrothermalzuchtung. Zu der langen Liste der in dieser Zeit gezüchteten Kristalle zählen erstmalig gezüchtete große Einkristalle von Paratellurit ( $\text{TeO}_2$ ), Ge-Eulytin ( $\text{Bi}_4(\text{GeO}_4)_3$ ) und große hydrothermal gezüchtete Kristalle von reinem und dotiertem Berlinit ( $\text{AlPO}_4$  &  $\text{Cr}^{3+}:\text{AlPO}_4$ ). Auch die Beherrschung der Züchtung von reinen und mit Übergangsmetallen dotierten  $\text{LiNbO}_3$ -Kristallen war zu damaliger Zeit eine herausragende Leistung.

Es folgten zwei Jahre (01. 07. 1969 – 30. 06. 1971) als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Martinswerk GmbH in Bergheim, wo er mit der Entwicklung neuer Produkte auf der Basis von Aluminiumoxid bzw. Aluminiumhydroxid beschäftigt war.

Parallel zu der Tätigkeit in der Industrie bereitete er seine Habilitation an der Ruhr-Universität Bochum vor: Dort habilitierte er am 09. Februar 1971 und erhielt die *venia legendi* für das Fach Kristallographie. Am 1. Oktober 1971 wechselte er an die Universität zu Köln als Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Kristallographie. Eine Umhabilitation an die Universität zu Köln fand noch im Herbst 1971 statt, der bald (1974) eine Ernennung zum apl. Professor folgte. Am 18. 01. 1980 wurde er zum Professor auf Lebenszeit (C3) ernannt. Das Institut für Kristallographie der Universität zu Köln blieb seine Wirkungsstätte als Wissenschaftler und Hochschullehrer bis zu seiner Pensionierung 1992 nach dem Wintersemester.

Die Suche nach neuen und die Entwicklung von neuen nicht-zentrosymmetrischen Kristallen war der Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten von Josef Liebertz in Köln. Die damit einhergehenden kristallzüchterischen Herausforderungen haben ihn besonders motiviert. Für jede neue Kristallart den optimalen Weg ihrer Züchtung herauszufinden, war für ihn eine reizvolle Aufgabe. Als Beispiel sei hier an seine Strategie der Züchtung großer Einkristalle aus zu glasiger Erstarrung neigenden Schmelzen erinnert. Züchtungen von Phasen einiger Boratsysteme in  $\text{cm}^3$ -großen einkristallinen Individuen optischer Qualität, wie  $\text{PbB}_4\text{O}_7$ ,  $\text{SrB}_4\text{O}_7$ ,  $\text{BaB}_4\text{O}_7$ ,  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ,  $\text{BiB}_3\text{O}_6$ ,  $\text{LiBGeO}_4$ ,  $\text{PbBiBO}_4$  und  $\text{Bi}_3\text{B}_5\text{O}_{12}$ , oder Phosphatsysteme (beispielsweise die Phosphatbenitoite vom Typ  $\text{KMgP}_3\text{O}_9$  oder das Borophosphat  $\text{Zn}_3\text{BPO}_7$ ), belegen in einer beeindruckenden Weise seine Virtuosität als Kristallzüchter!

Neben seiner gefragten wissenschaftlichen Expertise als Materialentwickler und Kristallzüchter war Josef Liebertz auch ein profunder Kenner von natürlichen und synthetischen Edelsteinen und hier ein ebenso gefragter Gutachter.

Josef Liebertz war ein Gründungsmitglied (Gründungsversammlung am 9. April 1970 in Bensheim-Auerbach) und einer der Väter der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK). Er gehörte im Vorfeld der Gesellschaftsgründung dem „Sechsergremium“ an, das in einer Versammlung der deutschen Teilnehmer während der *International Conference of Crystal Growth (ICCG-2)* 1968 in

Birmingham beauftragt wurde, für ein „geeignetes Forum“ zur Förderung der Gebiete des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung in der Bundesrepublik Vorschläge zu erarbeiten<sup>1)</sup>. Er gestaltete das Leben der neuen Gesellschaft aktiv mit, war der erste Schriftführer der DGKK und hat, u.a., intensiv die wiederholt in den 1970er Jahren gemeinsam in Köln und Bonn veranstalteten praktischen Kurse für Kristallzüchtung mit seinen Beiträgen bereichert.

Neben der Wissenschaft war Josef Liebertz auch Liebhaber und Kenner der Kunst, insbesondere der Kunst des Mittelalters, von Skulpturen und Gemälden aller Epochen sowie, und das vor allem, der Goldschmiedekunst. Hier war er selbst künstlerisch aktiv, sein Möbiusband, Intarsien-Arbeiten aus Stein, seine Ringe, Ketten und Broschen bestechen nicht nur durch die zugrundeliegende künstlerische Idee, sondern auch durch die handwerklich präzise Ausführung und verraten, dass er während des Studiums bei einem Goldschmied gearbeitet hat. Eine Brücke zwischen dem Wissenschaftler und dem Künstler Josef Liebertz stellen sicher seine synthetischen Edelsteine dar, das Farbenspiel der geschliffenen Steine aus mit Übergangsmetallen dotiertem  $\text{LiNbO}_3$ , die grünen Chrom-dotierten Berlinitkristalle, das Cobalt-dotierte kubische Zinkborat oder sein synthetischer Edelopal sind die Säulen dieser Brücke.

Einer von uns (L.B.) hatte das Glück, als Assistent im Kölner Institut für Kristallographie über mehrere Jahre Tür an Tür fast täglich Josef Liebertz bei seinen wissenschaftlichen Arbeiten zu erleben und dabei seine bewundernswerte Beherrschung von thermodynamischen und kinetischen Aspekten der Phasenbildung sowie seine virtuose Anwendung der kristallchemisch strukturellen Denkweise bei der Entwicklung neuer und neuartiger Einkristalle gepaart mit handwerklich perfekten Fähigkeiten beim Aufbau neuer Züchtungsanlagen kennenzulernen.

Einige von ihm entwickelten und erstmalig in Einkristallen entsprechender Größe und Qualität gezüchteten Kristalle gehören noch heute zum Arsenal weltweit in unterschiedlichen Applikation eingesetzten einkristallinen Materialien. Hierzu zählen der Paratellurit  $\text{TeO}_2$ , der u.a. für das Design von Funktionselementen für akustische Oberflächenwellen (SAW) unentbehrlich ist, aber auch als akusto-optischer Modulatorkristall Anwendungen findet, sowie die beiden Borate  $\beta$ - $\text{BaB}_2\text{O}_4$  („BBO“) und  $\text{BiB}_3\text{O}_6$  („BIBO“) als Medien für vielseitige Frequenzkonversionsprozesse von Laserlicht.

Unser Kollege Josef Liebertz verstarb Anfang dieses Jahres – die Früchte seines wissenschaftlichen Lebens werden aber noch lange in dieser Welt weiterwirken.

P. Becker-Bohatý

L. Bohatý

M. Mühlberg

1. Peter Rudolph & Helmut Klapper: *Die Entwicklung der DGKK*, „DGKK-Mitteilungsblatt“ Nr. 100 (2015), 12-18.

## In memoriam: Prof. Klaus Hein

Berndt Weinert, Thomas Richter, Michael Stelter, Gunter Morgenstern

Wir trauern um Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. mont. h.c. Klaus Hein, ehemaliger Direktor des Instituts für NE-Metallurgie und Reinststoffe der TU Bergakademie Freiberg, der am 18. 02. 2017 nach langer schwerer Krankheit in Freiberg verstarb.

Der gebürtige Freiburger studierte in Dresden Chemie und beendete sein Studium 1955 als Diplomchemiker. Im Anschluss daran begann er seine Assistenz am damaligen Institut für Metallhüttenkunde, Elektrometallurgie und Probierkunde der Bergakademie Freiberg. Nach bereits zwei Jahren promovierte er zur Problematik der „Kadmiumabtrennung aus technischen Zinksulfatlösungen“.

Danach war er fast 10 Jahre in der Industrie tätig (1957-1966), u. a. als Technischer Leiter im VEB Spurenmetalle Freiberg (SMF). Die Aktivitäten beinhalteten neben der Entwicklung, Produktion und dem Vertrieb von Ge- und Si-Substraten auch die Reinst-Ausgangsstoffe und die daraus hergestellte Verbindungshalbleiter. Er trug damit wesentlich zum Aufbau der Halbleitergrundstoffindustrie in Freiberg bei.

1966 ging er zur Bergakademie zurück, war zuerst als Dozent für Elektrometallurgie am Metallhütteninstitut tätig und wurde 1968 als Institutsdirektor und im gleichen Jahr zum ordentlichen Professor für Nichteisenmetallurgie berufen.

Prof. Hein ist es zu verdanken, dass das Fachgebiet der Herstellung und Charakterisierung von Halbleitermaterialien und Reinststoffen in die Lehre und Forschung der Fachrichtung NE-Metallurgie aufgenommen wurde und bis heute als ein wichtiges Standbein der Ausbildung erhalten ist.

Innerhalb der Kooperation der Bergakademie mit der Industrie (SMF) und dem Forschungsinstitut für Nichteisenmetalle (Ursprung von SMF) war er für die Entwicklung einer Forschungsgemeinschaft verantwortlich, die sich mit der Züchtung und Charakterisierung von Halbleitermaterialien beschäftigte. Die Zusammenarbeit begann mit der Hochreinigung von Germanium durch Zonenschmelzen und setzte sich fort in der Entwicklung von Züchtungsverfahren von ternären Verbindungen, die zur Züchtung von III/V-Halbleitern (GaAs, InP, GaP) weiterentwickelt wurde. Parallel dazu erfolgte die Entwicklung der Hochreinigungsverfahren für Phosphor, die dann eine industrielle Anwendung fand.

In der Forschungsgemeinschaft kooperierten Metallkundler, Physiker, Chemiker, Automatisierungstechniker und Kristallzüchter. Die Kooperation ermöglichte neben der eigentlichen Kristallzüchtung auch eine materialspezifische Geräteentwicklung für die Kristallzüchtung und die Charakterisierung der Kristalle.

Einen Höhepunkt unter der Führung von Prof. Hein fand die

Entwicklung in der Züchtung von 2"-GaAs-Kristallen, gezüchtet nach dem Vertical-Gradient-Freeze-Verfahren. Diese Forschungsergebnisse flossen in die industrielle Entwicklung der noch heute bei FCM bestehenden Produktionstechnologie ein.

1990 wurde Prof. Hein zum Vorsitzenden des Aufsichtsrates der Firma Freiburger Elektronikwerkstoffe GmbH (Nachfolger von SMF) berufen. Damit trug er wesentlich mit zum Erhalt der Freiburger Halbleiterindustrie und zu deren erfolgreichen Privatisierung bei.

Seine herausragende Leistung für die Halbleiterbranche bestand neben den unmittelbaren Forschungsergebnissen in der dauerhaften Verankerung der Halbleiterforschung an der Bergakademie Freiberg. Dies war in der Folgezeit die Basis u. a. zur Etablierung neuer Studiengänge wie z. B. der „Angewandten Naturwissenschaft“ und der „Elektronik- und Sensormaterialien“. Sowohl diese Institute als auch z. B. das „Institut für Werkstoffwissenschaft“ und das „Institut für Nichteisenmetallurgie und Reinststoffe“ kooperieren bis zum heutigen Tag aktiv mit der Industrie.

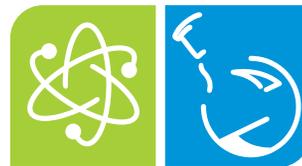
Seine Aktivitäten strahlten über die Grenzen Freibergs hinaus und nahmen Einfluss auf die deutschlandweit agierende Halbleiter-Arbeitsgruppe der DGKK und internationale Kooperationen.

Prof. Hein verband die berg- und hüttenmännische Gewinnung, die chemische Reinigung und die einkristalline Darstellung von Werkstoffen, die für eine moderne Industriegeellschaft notwendig sind. Ausdruck dessen war seine Ehrenmitgliedschaft (1996) in der Gesellschaft der Metallurgen und Bergleute e.V. (GDMB). Neben anderen hohen Auszeichnungen in der Vergangenheit erhielt er 2008 die höchste Auszeichnung der GDMB, die „Georg Agricola Denkmünze“. Mit Prof. Klaus Hein verliert die NE- und Halbleiterbranche in Deutschland einen anerkannten und hoch geschätzten Experten, der Wissenschaft, Lehre und Industrie immer verantwortungsvoll und erfolgreich miteinander zu verbinden wusste.

Sein Lebenswerk prägte neben der NE-Metallurgie die Halbleiterentwicklung in Deutschland und sogar weltweit mit. Durch seine hohe fachliche Kompetenz, seine Zuverlässigkeit sowie sein freundliches, aber bestimmtes Wesen, erwarb er sich als Mensch und Wissenschaftler Wertschätzung im Kreise seiner Mitarbeiter und Kollegen.

Wir trauern mit seiner Familie um einen großen Wissenschaftler, Manager und eine herausragende Persönlichkeit.

High Pure Metals and Inorganics  
Rare Earth Metals and Compounds  
Precious Metals and Compounds  
Organometallics  
Precious Metals Catalysts  
Sputtering Targets  
Evaporation Materials  
Laboratory Equipment  
Nanopowders  
Customized Synthesis



**chemPUR**

*Ihr Partner für Chemie & Physik*

# Wir schaffen Verbindungen



- individueller Service
- bezugsnahe Betreuung
- fachkundige Beratung
- enge Zusammenarbeit
- zertifiziert nach  
ISO 9001:2008

ChemPur Feinchemikalien und Forschungsbedarf GmbH

Rüppurrer Straße 92  
D-76137 Karlsruhe

Tel.: + 49 (0) 7 21 - 9 33 81 40  
info@chempur.de

[www.chempur.de](http://www.chempur.de)

## DGKK-Nachrichten

### Bericht zur ISSCG-16 und ICCGE-18 (Japan, Sommer 2016)

Anton Jesche, Universität Augsburg, DGKK-Nachwuchspreis 2015

3½ Stunden vom quirligen Tokyo in die Abgeschiedenheit des *Doshisha Retreat Centers* nördlich von Kyoto am Biwa-See gelegen: 2h und 20 min für 514 km im Shinkansen Expresszug, 30 min Regionalbahn und 5 min im von den Organisatoren bereitgestellten Bus. Mit Zugverspätungen muss man in Japan nicht rechnen und schon während der Anreise war die Liebe zur Genauigkeit und Pünktlichkeit spürbar, die in vielen Bereichen des japanischen Alltags herrschen und mit der auch die diesjährige Sommerschule ISSCG-16 und die internationale Kristallzüchterkonferenz ICCGE-18 geplant und durchgeführt worden sind.

Mit circa 100 Teilnehmern aus 16 Ländern begann die 16te *International Summerschool on Crystal Growth* am Montagnachmittag des 01. August 2016. Das der privaten Doshisha-Universität (Kyoto) gehörende Anwesen ist nach 2001 bereits zum zweiten Mal Austragungsort. Der damals gepflanzte Kampferbaum ist in der Zwischenzeit ein gehöriges Stück gewachsen und die zur Erinnerung angefertigte Steintafel um eine zweite ergänzt. Das weiträumige Anwesen bietet sowohl Unterkünfte und Vortragsräume als auch eine eigene Küche, von der alle Mahlzeiten bereitgestellt wurden. Die Speisen waren exzellent und wurden von fast allen Gästen mit Freude angenommen. Die Mehrzahl der Teilnehmer war zu sechst in Gruppenräumen in traditionellem japanischem Stil untergebracht. Dies förderte natürlich die Kommunikation und erleichterte das sich-kennenlernen. Geschlafen wurde auf Tatami-Matten und die Gemeinschafts-Badezimmer erforderten etwas Rücksichtnahme. Bei der Belegung der Zimmer wurde Wert darauf gelegt, dass die internationalen Teilnehmer mindestens einen japanischen Mitbewohner hatten. In insgesamt 21 Vorträgen wurden sehr vielfältige Themen von thermodynamischen Grundlagen, über Nukleationstheo-

rie und bildgebende Verfahren bis hin zu unterschiedlichsten Anwendungen abgedeckt. Unterteilt in „allgemein“, „grundlegend“ oder „angewandt“ dauerten die Lehrveranstaltungen 60 oder 90 Minuten. Die DGKK war hier in Person von Peter Rudolph vertreten, dessen allgemeiner Vortrag zu Grundlagen und Bedeutung von Defekten mit großem Interesse aufgenommen wurde. Als weitere Highlights können sicher die Vorträge von Sumio Iijima, dem Entdecker der Kohlenstoff-Nanoröhren, und Nobelpreisträger Hiroshi Amano betrachtet werden. Auf Details zu den Inhalten muss an dieser Stelle nicht eingegangen werden: es ist zu jeder Lehrveranstaltung (bis auf einer einzigen) eine ausführliche Publikation in einer Sonderausgabe von *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials* zu finden (Titel: *Recent Progress on Fundamentals and Applications of Crystal Growth; Proceedings of the 16th International Summer School on Crystal Growth*).

Nach einem fordernden Programm freuten sich am Donnerstagnachmittag alle auf die gemeinsame Exkursion nach Kyoto. Der Besuch der berühmten Tempelanlagen *Kinkaku-ji* (Goldener Pavillon), *Sanjusangen-do* und *Kiyomizu-dera*, die zum UNESCO Weltkulturerbe gehören, bot eine willkommene Abwechslung. Dabei sei erwähnt, dass Temperatur und Luftfeuchte um diese Jahreszeit im Süden der Hauptinsel Honshu sehr hoch sind. Der nur fünf Minuten vom Tagungsort entfernte Biwa-See bot bei einer Wassertemperatur von etwa 30°C hier zwar keine echte Abkühlung, wohl aber eine willkommene Erfrischung. An den Abenden und auch zwischen den Sessions wurde dies gern wahrgenommen. Nach nunmehr 16 Vorträgen und der Exkursion standen am Nachmittag des fünften Tages praktische Kurse auf dem Programm.



ISSCG-16 im *Doshisha Retreat Center* am Biwa-See im August 2016. Ein Blick in den Seminarraum während des Vortrages von Fermin Otalora.  
Foto: Yuki Kimura



Regel Gedankenaustausch während der Postersession mit Hauptorganisator Gen Sasaki in der Bildmitte.  
Foto: Hitoshi Miura

Die Teilnehmer konnten zwischen fünf Themen wählen: Polymorphismus essbarer Fettkristalle, Interferometrie an fest-flüssig Grenzflächen, Kristallzüchtungsprozesse in Computersimulationen, Beobachtung von Kristallflächen mittels optischer Mikroskopie sowie in-situ Beobachtung der Kristallisation von Kolloiden. Zu allen fünf Kursen sind detaillierte Veröffentlichungen in der oben erwähnten Sonderausgabe publiziert. Die Leiter der Kurse und ihre Mitarbeiter hatten sich bereits im Vorjahr an gleicher Stelle getroffen, um die Experimente und Simulationen auszuarbeiten und zu erproben. Entsprechend gelungen und reibungslos war der Ablauf. An dieser Stelle sei Gen Sasaki von der Hokkaido-Universität, dem Hauptorganisator der Sommerschule, herzlich gedankt. Viele der Teilnehmer stellten auch eigene Arbeiten auf einem Poster vor. Nach Ablaufplan waren hierfür nur je eine Stunde an drei Abenden vorgesehen. Das Interesse war allerdings viel größer und bei einem Glas Wein oder Bier gab es bis spät in den Abend einen regen Gedankenaustausch und intensive Diskussionen zu den präsentierten Ergebnissen. Als besonders ansprechend wurden die Poster von Malgorzata Iwinska (Institut für Hochdruckphysik, Warschau), Zakaria Al Balushi (*Penn. State University*) und Wenhao Sun (*Lawrence Berkeley National Lab.*) bewertet und prämiert.

Am Sonntag, dem 07. August, nutzten viele Teilnehmer den angebotenen Bustransfer zur 18ten *International Conference on Crystal Growth and Epitaxy* (ICCGE-18) nach Nagoya mit Zwischenstopp an der Burg Hikone, die zu den Nationalschätzen Japans zählt. Der Tagungsort, das *Nagoya Congress Center*, war am frühen Nachmittag erreicht. Auffällig sind die in luftiger Höhe befindliche Brücke zwischen den Türmen des Kongresszentrums sowie die 8,3 m hohe Reiterstatue im Eingangsbereich, deren ursprünglicher Entwurf auf Leonardo da Vinci zurückgeht.

Große Aufmerksamkeit erregte die Teilnahme des Japanischen Thronfolgers, Naruhito, an der Eröffnungszeremonie der Konferenz. Dies hatte zwar umfangreiche Sicherheitskontrollen zur Folge, zeigte jedoch die große Bedeutung, die

der Konferenz beigemessen wurde und besaß einen hohen Unterhaltungswert. Neben dem Thronfolger waren auch der Bürgermeister von Nagoya und der Gouverneur der Präfektur Aichi anwesend. Dies bot Möglichkeit, die unterschiedlichen (Ver)Beugungswinkel als Funktion des Ranges zu beobachten: vor Beginn ihrer Eröffnungsreden verbeugten sich die Sprecher mit 30°-45° vor dem Thronfolger, mit 15°-30° vor den weiteren prominenten Anwesenden und mit 0°-15° vor allen anderen.

Die Konferenz begann mit drei Plenarvorträgen, eröffnet von Isamu Akasaki mit einem Vortrag zur Entdeckung der blauen LED. Nach dem Nobelpreisträger von 2014 und noch vor Daan Frenkel aus Cambridge trug Zbigniew Galazka vom IKZ Berlin zur Bulkzüchtung transparenter, halbleitender Oxidkristalle vor. Weitere Plenarvorträge eröffneten jeweils die folgenden Konferenztage. Mit Sprechern wie Thomas Kuech und Hiroshi Amano befand sich Herr Galazka also in sehr guter Gesellschaft.

Auch den IOCG-Preisträgern kam gebührende Aufmerksamkeit zu, indem sie ihre Errungenschaften in den Preisträger-vorträgen vor gesamtem Plenum präsentieren durften. Der Frank-Preis für fundamentale Beiträge zur Kristallzüchtung wurde an Gerald Stringfellow (*University of Utah*) verliehen. Er konnte aus gesundheitlichen Gründen nicht anreisen und trug per Videokonferenz über thermodynamische Betrachtungen zum epitaktischen Wachstum von III/V Verbindungen vor. Der Vortrag ist übrigens auf der Veranstaltungsseite abrufbar (Passwort kann angefragt werden). Der Laudise-Preis für signifikante technologische Beiträge

zur Kristallzüchtung ging an Chung-wen Lan (*National Taiwan University*), der über die Synthese von hochleistungsfähigem polykristallinen Silizium für die Photovoltaik berichtete. Den Schieber-Preis zur Würdigung herausragender Publikationen eines jungen Wissenschaftlers erhielt Alexander Van Driessche (*Univ. Grenoble Alpes*), der seine Ergebnisse zum Wachstum von Gipskristallen in einem sehr schönen Vortrag präsentierte.



Foto: Tomoya Yamazaki

Bei 11 Sessions zu grundlegenden Themen der Kristallzüchtung, 10 Sessions zu Materialien und Anwendungen sowie einer gemeinsamen Session fanden bis zu 10 der insgesamt 537 Vorträge parallel statt. Daneben wurden an drei Abenden etwa 450 Poster präsentiert. Hinzu kamen 44 Ausstellungsstände mit Vertretern von Industrie, Handel, Verlagen und Forschungseinrichtungen. Von den 107 eingeladenen Vorträge wurden (mindestens) sechs von DGKK-Mitgliedern gehalten; Thomas Hannappel, Arne Cröll, Stefan Eichler, Christiane Frank-Rotsch, Michael Fiederle und C. Gugushev, der einen *IUCr Young Scientist Award* erhalten hatte. Insgesamt gab es 59 Beiträge mit deutscher Beteiligung, darunter viele durch DGKK-Mitglieder geleistete.

Ein ganz besonderes Programm wurde zum Bankett geboten. Es tanzten und musizierten Geikos (Geishas) und Maikos (in Ausbildung befindliche Geikos), maskierte Ninjas zeigten eine Kampfkunstvorführung und Beispiele zur klassischen japanischen Puppenspieltechnik wurden präsentiert. Die Vertreter der nationalen Kristallzuchtverbände, darunter Wolfram Miller, traten auf der Bühne zusammen und öffneten mit kräftigen Hammerschlägen zwei große, hölzerne Sake-Fässer. Der Reiswein wurde aus eckigen Holzkästchen getrunken, die mit dem Logo der Konferenz beschriftet ein tolles Souvenir abgeben. An dem rundum gelungenen Abend wurden die IOCG-Preise feierlich überreicht und den Organisatoren wohlverdienter Dank ausgesprochen. Namentlich erwähnt sei Koichi Kakimoto, der sicher einen gewaltigen Anteil bei der Organisation der Konferenz geleistet hat. Besonders im Gedächtnis blieb ihrem Autor die Ansprache von Tatau Nishi-

naga. Er hatte, vermutlich als Einziger unter den Anwesenden, sowohl bei der ersten ICCG Konferenz 1966 in Boston als auch der ersten ISSCG 1971 in Noordwijk (Niederlande) teilgenommen. Letztere verlief noch über volle zwei Wochen! Er erinnerte an die Vergabe des Laudise-Preises 1998 an Isamu Akasaki und der später folgenden Ehrung mit dem Nobelpreis 2014 - die Wiederholung einer solchen Abfolge wäre sicher ein Gewinn für die gesamte Gemeinschaft der Kristallzüchter. Zum Ende der Veranstaltung warb Jeff Derby (*University of Minnesota*) für rege Teilnahme an der kommenden ICCGE-19, die vom 28. Juli bis 02. August 2019 in Keystone (Colorado) stattfindet und mit einer vorrausgehenden Sommerschule verbunden sein wird.

Nach fünf lehrreichen und spannenden Tagen endete die 18th ICCGE am Freitag, dem 12. August 2016. Insgesamt wurden 1020 Beiträge von 1189 Teilnehmer aus 41 Ländern dargeboten. Etwas mehr als die Hälfte stammte aus Japan (696), gefolgt von China (147), den USA (45), Deutschland (41), Taiwan (40), Russland (35) und Frankreich (33). Den zahlreichen Organisatoren und Helfern gebührt ein großes Dankeschön. Sommerschule und Konferenz sind bis ins Detail hervorragend geplant und durchgeführt worden. Nur ein Beispiel hierfür: an den U-Bahnausgängen in der Nähe des Kongresszentrums waren stets Helfer postiert, die den Weg Richtung Konferenz wiesen und dies trotz der im Freien teilweise erdrückenden Hitze.

Schließlich möchte ich mich bei der DGKK für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Nachwuchspreises herzlichst bedanken.

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

für Forschung und Produktion

D-82284 GRAFRATH Postfach 30

Tel. 08144 / 7656 Fax 08144 / 7857 email:ibs-scholz@t-online.de

### Läppen-Polieren



**IB 400**  
für Läpp-Polierteller  
von 300 - 400 mm dia.  
Läpp-Poliermittelzufuhrsystem,  
Polier-Jigs.

**Innenlochsägen Annular 40/50**  
Schnitttiefen 42 bzw. 52 mm  
Man. Tischzustellung  
Digitalanzeige für Upm,  
Tischposition und Schnittvorschub.

### Schneiden



Weitere Produkte: Fadensägen nach dem Läppprinzip

Bitte besuchen Sie unsere Internetseite

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

## Erlanger Kristallzüchter feierten mit Freunden und Förderern

Am 27. Januar 2017 trafen sich zum 5. Erlanger Symposium über Kristallzüchtung 140 Freunde und Förderer der Erlanger Kristallzüchtung am Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB. Anlass waren drei Jubiläen: 20 Jahre Kristallzüchtung am Fraunhofer IISB, der 75. Geburtstag von Prof. Dr. Georg Müller, dem ehemaligen Leiter des Erlanger Kristalllabors, und der 50. Geburtstag von Dr. Jochen Friedrich, dem Leiter der Abteilung Materialien des Fraunhofer IISB. In dem Symposium wurden historische Aspekte der Kristallzüchtung beleuchtet, neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Kristallzüchtung vorgestellt und sehr persönliche Sichtweisen zur Erlanger Kristallzüchtung präsentiert.



Jochen Friedrich bei der Begrüßung der zahlreichen Gäste  
Bild: Fraunhofer IISB



Georg Müller bei seinem persönlichen Rückblick auf die Anfänge des Kristalllabors  
Bild: Fraunhofer IISB

So gehen die heutigen Erlanger Aktivitäten zur Kristallzüchtung am Fraunhofer IISB letztendlich zurück auf die 1940er Jahre. Die Firma Siemens begann damals unter Leitung von Prof. Walter Schottky und Dr. Eberhard Spenke in Pretzfeld in der Fränkischen Schweiz und dann später in Erlangen, die theoretischen Grundlagen und die fundamentalen Herstellungsprozesse von Kristallen aus Halbleitermaterialien zu entwickeln. Zu den bedeutendsten Erfindungen dieser Pioniere der Mikroelektronik zählen der „Siemens-Prozess“ zur Reinigung von Silizium - womit heute weltweit 300 000 Tonnen Silizium jährlich hergestellt werden - oder das so genannte „Zonenziehen“ von Silizium, ein spezielles Kristallzüchtungsverfahren, welches heute noch immer eingesetzt wird, um Silizium-Kristalle mit einem sehr hohen elektrischen Widerstand herzustellen.

Dr. Heinrich Welker, ein weiterer Pionier, der ab den 1950er



Franz Rosenberger, ein Großmeister der Kristallzüchtung, bei seinen Reminiszenzen zur Kristallzüchtung

Bild: Kurt Fuchs/Fraunhofer IISB)

Jahren in Erlangen arbeitete, entdeckte die Verbindungshalbleiter wie z.B. Galliumarsenid, Galliumnitrid oder Siliziumkarbid.

Die bahnbrechenden Arbeiten in den Siemens-Labors waren ab den 1970er Jahren der Anlass für vielfältige Forschungsaktivitäten zur Herstellung und Anwendung von Halbleitern und deren Kristallen an der Technischen und der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU). So wurde 1974 am Lehrstuhl Werkstoffe der Elektrotechnik der FAU unter der Leitung von Prof. Dr. Georg Müller mit dem Aufbau eines Kristalllabors begonnen. In dieser Zeit trug das Kristalllabor u.a. mit seinen Weltexperimenten sehr viel zum Verständnis der Konvektionsvorgänge bei der Kristallzüchtung aus Schmelzen bei. Mitte der 1990er Jahre kam dann als weiterer Forschungsschwerpunkt die Entwicklung des sogenannten VGF-Verfahrens zur Herstellung von Galliumarsenid-Kristallen hinzu. Heute finden sich weltweit in fast jedem Smartphone mehrere Galliumarsenid-„Chips“, die auf den in Erlangen mit entwickelten verfahrenstechnischen Grundlagen basieren.

Mitte der 1990er Jahre wurde dann am Fraunhofer IISB, das im Jahr 1985 gegründet wurde, eine Arbeitsgruppe Kristallzüchtung ins Leben gerufen, die heute als Abteilung Materialien tätig ist. Die Abteilung Materialien betreibt unter der Leitung von Dr. Jochen Friedrich am Fraunhofer IISB in Erlangen und am Fraunhofer THM in Freiberg/Sachsen in enger Kooperation mit der deutschen Industrie angewandte Forschung auf dem Gebiet der Halbleiterkristallzüchtung und Epitaxie.



Jeff Derby im Gespräch über strömungsmechanische Wetterphänomene, die auch in der Kristallzüchtung auftreten

Bild: Kurt Fuchs/Fraunhofer IISB



Christina Hack bei ihren Erläuterungen, wie man als Automobilzulieferer von der Kristallzüchtung profitieren kann

Bild: Kurt Fuchs/Fraunhofer IISB

Sie ist dabei sehr erfolgreich, was durch etwa 30 Forschungspreise rund um die Kristallzüchtung und Epitaxie in den letzten 20 Jahren dokumentiert ist. Die Forschungsschwerpunkte der Abteilung sind heute Halbleiterkristalle aus Silizium und spezielle Verbindungshalbleiter – also genauso wie zu den Anfängen in den Siemenslabors in den 50er Jahren.

Das Symposium hatte durch die Teilnahme vieler früherer Absolventen und enger Weggefährten des Kristalllabors den Charakter eines Klassentreffens, so dass bis in die frühen Mor-

genstunden ausführlich über die alten Zeiten philosophiert und die Kontakte untereinander wieder aufgefrischt wurden.

**Ansprechpartner:**

Dr. Jochen Friedrich

Fraunhofer IISB

Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany

Tel. +49-9131-761-270

Fax +49-9131-761-280

jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

**13.000 Besucher waren von der Sonderausstellung "KRISTALLE!" im Museum Industriekultur in Nürnberg fasziniert!**

Vom 22. Februar bis zum 30. April wurde im Museum Industriekultur Nürnberg die Sonderausstellung "KRISTALLE! – Schlüsselmaterialien für das 21. Jahrhundert" des Fraunhofer IISB gezeigt. An mehreren Sonderterminen erläuterten die Experten des Fraunhofer IISB persönlich den zahlreichen Besuchern die Herstellung und Anwendungsgebiete von Kristallen. Kinder konnten im Experimentierlabor, selbst Kristalle züchten und am Mikroskop untersuchen. Insgesamt kamen etwa 13.000 Besucher zur Ausstellung. Parallel zur Ausstellung wurden in den regionalen Printmedien, im Rundfunk und in den Internet über KRISTALLE! berichtet.

Bereits bei der feierlichen Eröffnung am 22. Februar folgten rund 150 Gäste aus Wissenschaft, Industrie, Politik, Kunst- und Museumsszene sowie Freunde des Hauses der Einladung des Museums und des Fraunhofer IISB zur Vernissage und genossen die einmalige Atmosphäre in den Hallen der ehemaligen Schraubenfabrik im Osten Nürnbergs.

Die Sonderausstellung "KRISTALLE! – Schlüsselmaterialien für das 21. Jahrhundert" ging von der jahrtausendealten Faszination der Menschen für natürliche Mineralien und wertvolle Edelsteine über in die Welt der technischen Kristalle. Anhand anschaulicher Beispiele wurde die große Bedeutung künstlich hergestellter Kristalle für Technik und Alltag gezeigt und der Bogen bis hin zu wissenschaftlichen Kristallzüchtungsexperimenten im Weltraum gespannt. Der lokale Aspekt wurde durch einen kurzen Abriss über die besondere historische



Die Organisatoren der Kristall-Ausstellung im Museum Industriekultur (v.l.n.r.): Dr. Jochen Friedrich (Abteilungsleiter Materialien am Fraunhofer IISB), Dr. Christian Reimann (Gruppenleiter Silizium am Fraunhofer IISB) und Matthias Murko (Direktor des Museums Industriekultur Nürnberg).  
Bild: Kurt Fuchs / Fraunhofer IISB



Impressionen von der Ausstellung Kristalle! mit dem Experimentierlabor. Fotos: Kurt Fuchs / Fraunhofer IISB  
Bildmaterial und weitere Hintergrundinformationen zur Sonderausstellung finden Sie unter  
[http://www.iisb.fraunhofer.de/en/press\\_media/press\\_releases.html](http://www.iisb.fraunhofer.de/en/press_media/press_releases.html).

Bedeutung Frankens als Wiege der modernen Mikroelektronik herausgestellt.

Konzeptioniert und organisiert wurde die Ausstellung „KRISTALLE!“ von Dr. Jochen Friedrich und Dr. Christian Reimann, beide vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen, in enger Zusammenarbeit mit dem Museum Industriekultur. Die Ausstellung war ein weiterer Meilenstein der langjährigen Kooperation der regionalen Fraunhofer-Institute mit dem Museum Industriekultur. Das Fraunhofer IISB dankt allen Unterstützern und Leihgebern der Ausstellung – insbesondere dem Team des

Museums Industriekultur – für die ausgezeichnete Zusammenarbeit!

Ansprechpartner

Dr. Jochen Friedrich

Fraunhofer IISB

Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany

Tel. +49-9131-761-270

Fax +49-9131-761-280

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

[www.iisb.fraunhofer.de](http://www.iisb.fraunhofer.de)

## Laser-Workshop anlässlich der Gründung des Zentrums für Lasermaterialien

Christian Kränkel, Zentrum für Lasermaterialien – Kristalle (ZLM-K) am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) Berlin

**Bericht über das „Kick-off and Laser Materials Meeting“ anlässlich der Gründung des Zentrums für Lasermaterialien am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung am 27./28. April 2017 am IKZ in Berlin.**

In enger Zusammenarbeit mit den Leibniz-Instituten auf dem Forschungscampus Adlershof in Berlin werden am Zentrum für Lasermaterialien (ZLM) in Berlin künftig die Eigenschaften von Verstärkermaterialien und anderen optischen Komponenten in Hinblick auf ihren Einsatz im Laser erforscht. Die BMBF-geförderte Forschung am ZLM teilt sich in die Bereiche Kristalle (ZLM-K) am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) und Halbleiter (ZLM-H) am Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH). Während die Arbeiten am FBH sich vornehmlich der Entwicklung von halbleiterbasierten Laserdioden mit hoher Brillanz als Pumpquellen für Festkörperlaser widmen, ist das vornehmliche Ziel der Forschung am IKZ die Entwicklung, Charakterisierung und Qualifizierung innovativer Lasermaterialien. Auf diese Weise können am ZLM nun von der Entwicklung der Pumpdiode über die Züch-

tung, Präparation und Charakterisierung des Lasermediums bis zum Aufbau von Laserdemonstratoren alle notwendigen Arbeitsschritte zur Entwicklung innovativer diodengepumpter Festkörperlaser durchgeführt werden. Neben der reinen Grundlagenforschung wird ein Schwerpunkt der Arbeiten am ZLM auch auf der Bereitstellung und Qualifizierung von Lasermaterialien für Industrie und Forschung liegen.

Um dieses deutschlandweit einzigartige Laserforschungszentrum und dessen Möglichkeiten innerhalb der Lasercommunity bekanntzumachen, wurden ausgewählte Vertreter aus Laserindustrie und -forschung aus Deutschland und angrenzenden Ländern zu einem Workshop eingeladen.

So fanden sich anlässlich der Gründung des ZLM am 27. und 28. April etwa 50 Teilnehmer aus Deutschland, Tschechien, Spanien und der Schweiz zum „Kick-off and Laser Materials

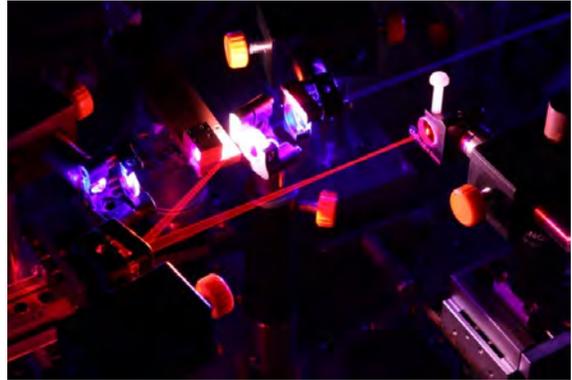
Meeting“ am IKZ in Berlin ein.

Nach einleitenden Worten von Günther Tränkle, Direktor des FBH und Kommissarischer Direktor des IKZ stellten Christian Kränkel (ZLM-K) und Markus Weyers (ZLM-H) die zukünftigen Arbeitsschwerpunkte und Kompetenzen des neuen Zentrums vor. Im weiteren Verlauf des ersten Tages informierten Wolf Seelert (Coherent LaserSystems), Heinrich-Otto Teichmann (LISA laser products) und Christian Grebing (TRUMPF Scientific Lasers GmbH + Co. KG) über den aktuellen Stand der Laserentwicklung in der deutschen Industrie. Nach einer ausführlichen Besichtigungstour der neuen ZLM-Labors wie auch der Kristallzüchtungshallen am IKZ endete der Tag mit einem gemeinsamen Abendessen.

Die Vorträge am zweiten Tag der Veranstaltung widmeten sich dem Stand der Forschung an Laserforschungseinrichtungen. Thomas Elsässer (Max-Born-Institut Berlin), Dieter Hoffmann (Fraunhofer ILT Aachen) und Andreas Tünnermann (Fraunhofer IAP / Uni Jena) berichteten aus ihren jeweiligen Instituten. Ihren runden Abschluss fand die Veranstaltung in einer Labortour durch die Einrichtungen am ZLM-H und am FBH.

Trotz großzügiger Zeitplanung konnte während der gesamten

Veranstaltung kaum eine Kaffeepause rechtzeitig beendet werden, zu rege wurde dieses seltene Zusammentreffen in ausgewähltem Rahmen für den Informationsaustausch und angeregte Diskussionen genutzt. So darf man davon ausgehen, dass die Veranstaltung für jeden Teilnehmer und insbesondere für das ZLM eine ausgezeichnete Gelegenheit war, neue Kontakte zu knüpfen und alte zu festigen. Daher bleibt zu hoffen, dass sich eine Möglichkeit findet, diese Veranstaltung in ähnlichem Rahmen in 2019 zu wiederholen.



Die Arbeit an diodengepumpten Festkörperlasern wie dem hier dargestellten Pr:YLF ist Gegenstand der Forschung am ZLM-K.

## Ausgezeichnet beschichten – Gründerpreis für IKZ-Ausgründung GOLARES

M. Arens und S. Golka, Berlin



Leibniz-Präsident Matthias Kleiner mit den Gründern Michael Arens und Sebastian Golka (v.li.).  
Foto: David Ausserhofer



Blick in die Anlage zur Behandlung von Oberflächen mit Gas-Plasma  
Foto: Sebastian Golka

Die GOLARES GmbH wurde mit dem Gründerpreis 2017 der Leibniz-Gemeinschaft ausgezeichnet. Die Ausgründung des Leibniz-Instituts für Kristallzüchtung (IKZ) ist spezialisiert auf plasmatechnologische Verfahren und bietet auf dieser Basis Beschichtung und Mikrostrukturierung von opto- und mikroelektronischen Bauelementen wie z.B. Laser und Sensoren an. Die Behandlung von Oberflächen mit Gas-Plasma ist ein Schlüsselschritt bei der Herstellung derartiger High-

Tech-Produkte. Ein zweiter Schwerpunkt des Start-ups ist Prozessconsulting und Prozessoptimierung.

Die GOLARES GmbH hat ein spezielles Verfahren zum hochpräzisen und homogenen Beschichten sowie zum effizienten Strukturieren entwickelt. Der Einsatz einer im Forschungsumfeld des Leibniz-Instituts für Kristallzüchtung neu entwickelten Plasmaquelle (ein induktiv gekoppeltes Plasma, ICP) erlaubt schädigungsarme Prozessierungen und die konforme Be-

schichtung mit leitfähigen und isolierenden Schichten z.B. mit Titan- und Aluminiumnitrid.

Die beiden Gründer Dr. Michael Arens und Dr. Sebastian Golka beschäftigen sich seit mehr als 10 Jahren mit dieser Technologie und haben GOLARES im Juni 2016 ausgegründet.

„Unser Verfahren ist besonders schadigungsarm“, erklärt Sebastian Golka, „gleichzeitig sind unsere Schichten von hoher Qualität, die mit anderen Verfahren so nicht erreicht werden kann.“ Das wiederum erhöht die Effizienz und die Lebensdauer der Endprodukte.

Hinzu kommt, dass es kaum Anbieter für Beschichtungen mit speziellen Materialien wie Titan- oder Aluminiumnitrid mit der plasmaunterstützten Gasphasenbeschichtung (PECVD) gibt. „Wir bieten Dienstleistungen, die besonders für kleine und mittlere Unternehmen interessant sind, die keine eigenen Plasmaanlagen haben“, ergänzt Michael Arens. Oftmals sind auch nur kleine Serien für die Forschung und Entwicklung

notwendig.

Das Gründungsvorhaben erfolgte zunächst aus Mitteln des Bundeswirtschaftsministeriums im Rahmen eines EXIST-Gründerstipendiums. Mit dem Preisgeld erhalten die beiden Gründer die Möglichkeit, den Markteintritt erfolgreich zu gestalten und damit ihr Unternehmenskonzept weiter auszubauen.

Der Gründerpreis 2017 wurde den beiden Gründern am 24. März 2017 auf dem Frühlingsempfang der Leibniz-Gemeinschaft vom Präsidenten der Gemeinschaft Prof. Dr.-Ing. Matthias Kleiner überreicht.

#### **Kontakt:**

Dr. Michael Arens

GOLARES GmbH, Carl-Scheele-Str. 16, D-12489 Berlin

E-Mail: michael.aren@golares.de

Mobil: +49 (160) 79 21 421

Tel.: +49 (30) 6392 1738

WWW: <http://www.golares.de>

## **Bericht von der IWCGT-7 (7. International Workshop on Crystal Growth Technology), 2.-6. Juli 2017 in Potsdam**

Matthias Bickermann, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) Berlin

Es hat inzwischen bereits Tradition – das internationale Treffen der Kristallzüchtungstechnologen findet bereits zum dritten Mal im Großraum Berlin statt, veranstaltet durch das IKZ. Die Fachtagung bietet eine einzigartige Gelegenheit für Forscher, Entwickler und Anwender aus der Industrie, den Hochschulen und Forschungsinstituten, sich über Technologien und neue Entwicklungen in der angewandten Kristallzüchtung auszutauschen.

Vor einem internationalen Fachpublikum aus knapp 100 Teilnehmern wurden in dreieinhalb Tagen 24 Fachvorträge gehalten. Die Teilnehmer haben dazu etwa 40 Poster präsentiert, 7 Firmen waren als Aussteller mit einem Stand vertreten und zwei Firmen traten als Sponsoren auf.

Die IWCGT ist ein besonderer Workshop; das Format und auch die inhaltliche Zielsetzung sind komplementär zu den klassischen, deutlich breiter aufgestellten und akademisch geprägten Konferenzen auf dem Gebiet der Kristallzüchtung. Der Fokus auf die industrielle Anwendung der Volumenkristallzüchtung bietet ein Alleinstellungsmerkmal. Die Beschränkung auf eingeladene Vorträge von jeweils 50 Minuten Dauer zu aktuellen Themen, gehalten von den jeweils führenden Experten, sowie die vielen Möglichkeiten zum individuellen Austausch bieten eine unvergleichliche Tagungsatmosphäre. Was 1998 im beschaulichen Beatenberg (Schweiz) als eine

Diskussionsrunde befreundeter Kollegen begann, hat sich zu einem weltweit anerkannten Expertentreffen entwickelt. Viele erfahrene Kristallzüchter, darunter Professoren, Forschungsleiter und Technologievorstände aus der Industrie, sind treue Begleiter dieses Workshops. Die IWCGT erhebt aber auch den Anspruch, Nachwuchskräfte (z.B. Postdoktoranden) im Bereich der angewandten Kristallzüchtung in den Expertenkreis einzuführen und zu etablieren. Durch den dreijährigen Rhythmus und die sorgfältige Auswahl der Themen und Redner werden die Trends und Bewegungen der Branche zuverlässig abgebildet und Wiederholungen vermieden.

Die industriell relevante Volumenkristallzüchtung lässt sich grob in drei Bereiche unterteilen, und diese Gliederung spiegelt sich auch im Workshop-Programm wieder. Das sind: Silizium (und klassische Halbleiter wie Ge, GaAs, InP usw.) für die Mikro-/Leistungselektronik und die Photovoltaik, Halbleiter mit großer Bandlücke (SiC, ZnO, GaN, AlN,  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) für Leistungs- und Optoelektronik sowie Oxide und Dielektrika für optische und Laser-Materialien, Ferro-/Piezoelektrika und Szintillatoranwendungen.

Im ersten Bereich (Silizium) ist die Industrialisierung der Kristallzüchtung weit fortgeschritten. Mit jährlich ca. 50.000 Tonnen Czochralski- und einem deutlich geringeren Anteil an Float-Zone-Silizium wächst die Siliziumproduktion für die

Halbleiterelektronik moderat auf hohem Niveau. Immer noch sind neben Kosteneffizienz- auch Qualitätssteigerungen möglich, z.B. in der erzielbaren Reinheit und der homogenen Dotierung.

Dagegen hat sich die Silizium-Photovoltaik innerhalb weniger Jahre zu einer Großindustrie entwickelt. Inzwischen werden jährlich 500.000 Tonnen Si für die Photovoltaik hergestellt – 15 Milliarden Wafer pro Jahr! Große Firmen in China betreiben bis zu 3.500 Zuchtungsanlagen, die reinen Herstellungskosten für einen Si-Wafer sind auf unter 10 Cent gesunken, so Zhixin Li vom weltweit größten Anlagenhersteller Linton Machine (China). Noch dominiert Blockguss-Silizium den Markt; seit drei Jahren nimmt der prozentuale Anteil aber wieder zugunsten des monokristallinen Cz-Siliziums ab, weil dort eine höhere Steigerung der Kosteneffizienz realisiert werden konnte. Trotz der mit der Massenproduktion einsetzenden gnadenlosen Umstrukturierung des Marktes, die inzwischen fast alle europäischen Anbieter vom Markt gefegt hat, sind gerade für Forschungsinstitute noch ausreichend Möglichkeiten vorhanden, bei der weiteren Verbesserung der Technologie mitzuwirken.

Kristalle aus Halbleitern mit großer Bandlücke bedienen immer noch Nischenmärkte in der Leistungs- und der Optoelektronik, aber ihre Bedeutung nimmt weiter zu. Die Gasphasenzüchtung von Siliziumkarbid ist inzwischen etabliert und die Herstellung von 4H-SiC-Kristallen mit 150 mm Durchmesser wird mittelfristig der neue Standard. Man erhofft sich eine steigende Nachfrage im Zuge der wachsenden Bedeutung der Elektromobilität und den dort benötigten effizienten Hochleistungs-Spannungswandlern, so Thomas Straubinger von der SiCrystal AG. Diesen Markt wollen nun auch Bauelemente aus Aluminium-Galliumnitrid (AlGaN) und neuerdings Galliumoxid ( $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) erobern. Aber auch Silizium dehnt seine Einsatzgrenzen immer weiter aus (z.B. durch IGBTs mit mehr als 3 kV Sperrspannung, Shin-Ichi Nishizawa, Japan). Im Gegensatz zu SiC wird  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> aus der Schmelze gezogen und kommt damit schon wenige Jahre nach Beginn der Forschung auf attraktive Scheibendurchmesser von 75 mm (Akito Kuramata, Japan). Das Material wird derzeit intensiv auf seine Eignung für die Leistungselektronik untersucht (auch am IKZ). Schwieriger ist die Situation bei den Nitriden. Die AlGaN-basierte Leistungselektronik und auch InGaN- bzw. AlGaN-LEDs werden wohl auch mittelfristig aus Kostengründen auf Silizium- bzw. Saphir-Substraten hergestellt werden.

GaN und AlN als Volumenkristalle werden immer mehr in die (trotzdem noch lukrativen) Nischen der Laser- bzw. UVC-Leuchtdioden gedrängt. Bei beiden Materialien stehen Wafer mit 50 mm Durchmesser zur Verfügung bzw. wurden demonstriert. Die Technologieentwicklung wird jedoch von nur

jeweils wenigen Akteuren vorangetrieben. Ob die intelligente Kombination mehrerer Herstellungsverfahren (Michal Boczkowski, Polen) zu einer besseren Verfügbarkeit hochwertiger GaN-Substrate führen wird, ist derzeit noch nicht abzusehen. In diesem Zusammenhang war es sehr interessant zu sehen, dass mit dem PECVD-Verfahren inzwischen bis zu 2 mm dicke einkristalline Diamantschichten mit bis zu 92 mm Durchmesser abgeschieden werden können (Matthias Schreck, Universität Augsburg), die aufgrund der Nutzung von Fremdkernen genau die gleichen Probleme und Lösungsstrategien bei der Versetzungsreduktion zeigen wie die bereits etablierten GaN-HVPE-Dickschichten.

Die dielektrischen Volumenkristalle weisen traditionell das breiteste Anwendungsspektrum auf. So werden Saphirkristalle heute vorwiegend für die Substratherstellung gezüchtet, aber auch in vielen anderen Bereichen als Halbzeug oder optisches Material eingesetzt, z.B. für Linsen oder dotiert als Festkörperlaser. Auf dem Workshop wurden auch Vorträge zur Herstellung anderer Materialien gehalten. Es ging u.a. um einkristalline Blei-Zirkonat-Titanat (PZT)-basierte Piezoelektrika (Zuo-Guang Ye, Kanada), um große Nickelsulfatkristalle für optische UVA-Filter (Vera Manomenova, Russland), um einkristallinen Ce:(Y,Lu)AG für die Konversion von Laserlicht (E. Garcia Villora, Japan) und um Oxide mit Perowskitstruktur als Substrate für die Oxidelektronik (Christo Gugushev, IKZ). Über Kristalle für Szintillatoren und nichtlinear-optischen Bauelemente hat z.B. Jiyang Wang (Shandong Univ., China) vorgetragen und einkristalline Telluride als Thermoelektrika wurden u.a. von Kuei-Hsien Chen (Taiwan) besprochen. Weitere Materialien und neue Verfahren, auch Themen aus der Kristallpräparation, der Prozesssteuerung und der Rohstoffproblematik (Verfügbarkeit, Aufbereitung, Recycling) waren für die Teilnehmer sehr interessant und wurden auf dem Workshop vorgestellt, z.B. der Einsatz stationärer Magnetfelder in der Schmelzzüchtung (Christiane Frank-Rotsch, IKZ) und der Aufbereitung von hochreinen Oxidmaterialien (Georgy Dosovitzkiy, Russland).

Schließlich konnte man sich auf den Postern der Teilnehmer, die während der gesamten Tagung zugänglich waren, über weitere Materialien und Anwendungsgebiete informieren.

Die IWCGT-7 wurde von allen Teilnehmern als großer Erfolg gewertet. Gelobt wurden insbesondere die Qualität der Fachvorträge und die offenen Diskussionen, aber auch das Format und der inhaltliche Fokus der Tagung sowie die Organisation vor Ort. Die nächste IWCGT wird 2020 wieder im Umkreis von Berlin stattfinden. Ich möchte mich zum Schluss noch bei allen Fachkollegen und dem IWCGT-Lenkungskreis, insbesondere aber auch bei dem lokalen Organisationsteam des IKZ, für die Unterstützung bei der Vorbereitung und der Durchführung der Tagung herzlich bedanken.

## Bericht zur IWCGT-7 (7. International Workshop on Crystal Growth Technology) vom 2.-6. Juli 2017 in Potsdam

Nora Wolff, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) Berlin

Der diesjährige internationale Workshop zur Kristallzüchtungstechnologie fand vom 2.6 - 6.6.2017 in Potsdam statt. Veranstaltet durch das IKZ, trafen sich bereits zum dritten Mal Experten aus aller Welt, um sich über die aktuelle Forschungssituation auf dem Gebiet der Kristallzüchtung auszutauschen. Dieser Workshop bietet auch Nachwuchswissenschaftlern eine großartige Möglichkeit, sich über neue Entwicklungen und Technologien zu informieren und internationale Kontakte zu knüpfen.

Von den etwa 100 Teilnehmern waren neben deutschsprachigen Fachleuten viele aus den USA, Russland und dem asiatischen Raum vertreten. In dreieinhalb Tagen wurden interessante Vorträge zu den Themengebieten Silizium und 3-5-Halbleiter, Halbleiter mit großer Bandlücke, Oxide und multikristallines Silizium für die Photovoltaik gehalten. Hervorzuheben ist, dass durch die Länge der Präsentationen von circa 50 Minuten ein umfassender Einblick in die einzelnen Forschungsgebiete gegeben wurde. Außerdem wurden in zwei Sessions etwa 40 Poster präsentiert und sieben Firmen vertraten einen Ausstellungsstand.

Nach der Eröffnung der Tagung durch Matthias Bickermann, fand am ersten Abend eine anregende Podiumsdiskussion statt, bei der primär sieben Experten aus verschiedenen Ländern über aktuelle Fragestellungen diskutierten. Dieses erste Zusammentreffen war für mich als Nachwuchswissenschaftlerin besonders interessant, da sich der Meinungs austausch unter anderem damit beschäftigte, wie es möglich ist, das Interesse der jüngeren Generation für die Kristallzüchtung zu wecken. In diesem Zusammenhang ging es außerdem um die Fragestellung, in welchem Umfang und auf welche Art und Weise das Wissen über Kristallzüchtungstechnologien am besten vermittelt werden kann. Wichtig ist es, intelligente junge Köpfe über diesen wissenschaftlichen Bereich zu informieren, aufzuklären und zu gewinnen.

Die erste Konferenzsession, geleitet von Maria Porrini und Koichi Kakimoto, widmete sich dem Thema Siliziumeinkristalle und klassische Halbleiter. Michael Rosch gab im ersten Vortrag einen guten Überblick über die Züchtung von Galliumarsenidkristallen. Interessant war der Beitrag von Joel Kearns von der „NASA“, welcher über die Siliziumzüchtung in der Photovoltaik und Halbleiterindustrie berichtete und dabei

anschauliche Probenbeispiele zeigte. Die zweite Session des Tages beschäftigte sich mit Halbleitermaterialien mit großer Bandlücke. Speziell ging es dabei um die Züchtung von Galliumoxid, Galliumnitrid, UV-transparente Aluminiumnitridkristalle und Siliziumkarbid. Der Abend klang mit einem Dinner aus und anschließender Postersession, bei der in entspannter Atmosphäre diskutiert und gefachsimpelt werden konnte.

Besonders spannend war für mich die erste Session des zweiten Konferenztages, die sich mit der Kristallzüchtung von Oxiden beschäftigte. John Frank aus den USA gab zunächst einen anschaulichen Überblick über die Fortschritte und Perspektiven der Oxidkristallzüchtung in der Industrie. Christo Gugushev hielt einen interessanten Beitrag über neuentwickelte Perovskitverbindungen.

Der Mittwochvormittag widmete sich der Materialforschung für die Photovoltaik sowie deren Wirtschaftlichkeit und Zukunftsorientierung. Anne Karin Soiland vom großen norwegischen Siliziumunternehmen „Elkem“, begann mit einem Vortrag, bei dem sie über Erfolge bei der kostengünstigen Herstellung von reinem Silizium berichtete. Hervorzugeben ist auch der Vortrag von Herrn Gunter Erfurt vom Unternehmen „Meyer Burger“, welcher anhand von detaillierten Kostenrechnungen ausführte, dass zukünftig bei der Produktion von Solarzellen einkristallines Silizium die Hauptrolle spielen wird. Beachtenswert war aber auch, dass er in der Diskussion Siliziumdünnschichttechnologien, insbesondere durch direkte Abscheidung von Silizium auf Glas, ein großes Entwicklungspotential bescheinigte.

Die Kernthematik der Session des letzten Konferenztages war nochmals die Oxidkristallzüchtung. Encarna Garcia Villora vom „National Institute for Materials Science“ aus Japan split-tete ihren Vortrag in zwei Teile, in denen sie unter anderem einen Einblick in die Züchtung von einkristallinem Phosphor für Lichtquellen mit der Anforderung einer hohen Helligkeit gab. Besonders eindrucksvoll waren hierbei ihre Animationen, die ihre Ergebnisse ideal veranschaulichten.

Im Anschluss an die letzte Session vergab Wolfram Miller im Namen der DGKK einen Preis für das beste Poster.

Ich möchte mich hiermit für die finanzielle Unterstützung seitens der DGKK bedanken, die mir die Teilnahme an diesem besonderen Workshop ermöglichte.

## DGKK-Fokus

### Galliumoxid attackiert Siliziumcarbid und GaN

Günter Wagner, Michele Baldini, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)



Abb.1: Semiisolierender  $2^* \beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  Kristall (Mg-dotiert), nach der Czochralski-Methode gezüchtet.

In den vergangenen Jahren wurde ein hoher Forschungsaufwand für die Entwicklung von Siliziumcarbid (SiC) und Galliumnitrid (GaN) sowohl für die Einkristallzüchtung als auch für die Schichtabscheidung, geleistet. Diese Halbleiter mit großen Bandabstand ( $E_g > 3$  eV) haben ihr großes Potential für die Entwicklung von mikroelektronischen Leistungsbaulementen demonstriert. Bauelemente auf der Basis dieser Materialien arbeiten bei beträchtlich höheren Leistungen, Frequenzen, Betriebstemperaturen mit geringeren Schaltverlusten und bei kleineren Geometrien im Vergleich zu Leistungsbaulementen auf der Basis von Silizium. Die höhere Spannung ermöglicht direkt eine Reduzierung der Verluste bei der Energiewandlung. Eine höhere Arbeitsfrequenz bietet die Möglichkeit einer kompakteren Bauweise von Energiewandlern und eine höhere Effizienz. Diese Vorteile haben zur Erhöhung der Effizienz bei der Wandlung von Energie, insbesondere auf den Gebieten der regenerativen Energien wie bei Windgeneratoren und Photovoltaikanlagen, geführt, wo umfangreiche Komponenten zur Energie und Frequenzwandlung wirksam sind. Ein weiterer Vorteil der kompakten Komponenten liegt in einer Gewichtsreduktion und in einer höheren Effizienz im Bereich der Elektromobilität, wo ebenfalls umfangreiche Subsysteme zur Energiewandlung und Steuerung erforderlich sind. Ein konsequenter Einsatz von solchen Leistungsbaulementen mit hohen Arbeitsspannun-

gen und Leistungen bei hohen Arbeitsfrequenzen kann einen bedeutenden Beitrag zur Reduzierung bzw. Optimierung des Energieverbrauches liefern und damit einen Beitrag für die Ökonomie und, im Besonderen, für unsere Umwelt leisten.

Der größte Hinderungsgrund für einen massenweisen Einsatz dieser Bauelemente in den verschiedenen Technologiefeldern liegt in deren hohen Kosten und der begrenzten Verfügbarkeit von arteigenen Substraten für die epitaktische Abscheidung der für die Bauelementeentwicklung erforderlichen funktionalen Schichten und Schichtstrukturen. Im Gegensatz zu Silizium kann man SiC und GaN nicht aus der Schmelze züchten. Die dafür benutzten kommerziellen Techniken, wie der Physikalische Gasphasentransport (PVT) oder der Halid-gestützte physikalische Gasphasentransport (HPVT) sind durch geringe Wachstumsraten und Kristalldurchmesser im Vergleich zum Silizium gekennzeichnet. Dies hat hohe Substratkosten zur Folge. In Vergleich zum Si, wo Kristalle mit einem Durchmesser von 8 Zoll den Stand der Technik repräsentieren, werden SiC Kristalle mit 6 Zoll und GaN-Kristalle mit bis zu 2 Zoll angeboten. Während das Si in einer nahezu perfekten Kristallqualität verfügbar ist, werden bei SiC und GaN basierten Bauelementen die Leistungsparameter durch die noch existierenden Kristalldefekte begrenzt.

In der vergangenen Dekade hat sich die Grundlagen- und Technologieforschung in Bezug zu einen neuen Halbleiterwerkstoff mit großem Bandabstand sehr stark entwickelt. Galliumoxid ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ) mit einem beträchtlich größerem Bandabstand von 4,85 eV im Vergleich zu SiC (3,3 eV) und GaN (3,4 eV) hat sich in dem Forschungsfeld - Materialien für Anwendungen in der Leistungselektronik - etabliert. Die theoretisch bestimmte kritische Durchbruchspannung ist mit 8 MV/cm mehr als doppelt so hoch als die theoretische kritische Feldstärke von GaN (3 MV/cm) und SiC (3,18 MV/cm), was sehr gute Voraussetzungen für eine neue Generation von Hochspannung- Schalttransistoren bietet. Neben dem großen Bandabstand besitzt das  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  weitere Eigenschaften, wie eine hohe optische Transparenz bis in den tiefen UV-Bereich, die es für die Entwicklung von transparenten und leitfähigen Oxidschichten oder für solar blinde UV-Detektoren sehr attraktiv machen. Nachteile gegenüber dem Si, SiC und GaN sind die geringere thermische Leitfähigkeit und die bisher erfolglosen Versuche, p-leitendes Material herzustellen. Die geringe Wärmeleitfähigkeit kann durch das Abdünnen der Substrate

und die Verwendung von zusätzlichen Wärmesenken teilweise kompensiert werden. Durch die fehlende p-Leitfähigkeit ist die Art der elektronischen Bauelemente erheblich eingeschränkt, aber eine Reihe von unipolaren Bauelementen, wie MOSFET, MESFET, HEMT und Sensoren sind technologisch realisierbar.

Im Gegensatz zum SiC und GaN besitzt das  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  den großen Vorteil, das qualitativ sehr hochwertige Einkristalle verfügbar sind, die mit etablierten Kristallzüchtungsmethoden aus der Schmelze gezüchtet werden können. Diese industriell ausgereiften Verfahren sind durch erheblich größere Wachstumsraten, im Vergleich zu den Sublimationsverfahren, gekennzeichnet. Damit sind kostengünstigere Möglichkeiten gegeben, arteigene und strukturell hochwertige Substrate für die epitaktische Abscheidung von Schichten und Schichtstrukturen für die Bauelemententwicklung herzustellen.

Galliumoxid existiert in fünf Modifikationen, die als  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ - und  $\varepsilon$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ , bezeichnet werden. Dabei ist die  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  Modifikation die thermodynamisch stabilste Phase. Die anderen Modifikationen sind instabil und wandeln sich bei ausreichenden hohen Temperaturen in den  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Polytyp um. Aus diesem Grund lässt sich nur die  $\beta$ -Phase des  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  aus der Schmelze, bei Temperaturen von ca. 1800 °C, züchten.  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  hat eine monokline Gitterstruktur mit den Gitterkonstanten  $a=1,223$  nm,  $b=0,304$  nm,  $c=0,580$  nm,  $\alpha = \gamma = 90^\circ$  und  $\beta = 103,7^\circ$ . Der  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  Kristall besitzt zwei ausgeprägte Spaltflächen, (100) und (001). Substrate für das epitaktische Wachstum von  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Schichten lassen sich deshalb vorzugsweise in der [100]- oder [001]-Richtung aus den Kristallen mit geringem Aufwand präparieren. Zur Züchtung von  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  Einkristallen wurden verschiedene Schmelzüchtungsmethoden, wie das Czochralski (CZ)-Verfahren, das Optical Floating Zone (OFZ)-Verfahren, das Vertical-Bridgman-Verfahren (VB) und das Edge-Defined Film-feed (EFG)-Verfahren verwendet. Dabei ist das CZ-Verfahren in Bezug auf Kristallvolumen und Kristallqualität das effektivste. Mit dem OFZ-Verfahren wurden Kristalle mit einem Durchmesser von 25 mm und einer Länge von 50 mm gezüchtet. Das Bridgman-Verfahren liefert zurzeit Kristalle mit bis zu 25 mm Durchmesser und 25 mm Länge. Mit dem EFG-Verfahren werden  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Tafeln mit den Abmaßen 18x60x120 mm<sup>3</sup> gewachsen, aus denen sich 2 Zoll  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Wafer mit (-201)-Orientierung präparieren lassen. Wegen der ausgeprägten Spaltbarkeit der (100)- und (001)-Flächen werden bei den Methoden, die einen Keim benutzen, wie EFG, FZ und CZ die Kristalle in [010]-Richtung gezüchtet. Mit den Bridgman-Verfahren werden Kristalle in [100]-Richtung gezüchtet, was die Präparation von (100)-orientierten Wafern deutlich erleich-

tern könnte. Die japanische Firma TAMURA Corp. ist zurzeit der einzige kommerzielle Anbieter von  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Wafern. Diese werden aus EFG-Kristallen präpariert. Kommerziell angebotene (100)-orientierte  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  Wafer haben eine rechteckige Form mit 10 x 15 mm<sup>2</sup> Kantenlänge.

Im Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) wird in der Abteilung Dielektrika und Wide Bandgap Materialien seit 8 Jahren an der Züchtung von  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Kristallen und anderen transparenten, halbleitenden Oxiden nach dem CZ-Verfahren geforscht. Im Jahr 2016 wurde von Dr. Zbigniew Galazka mit einem Durchmesser von 2 Zoll und 1 Kg Gewicht der bisher weltweit größte  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Kristall hergestellt (Abb.1). Dafür wurde eine, mit internationalen Patenten angemeldete, modifizierte CZ-Methode angewendet. Durch Dotierung mit Zinn oder Silizium und dafür angepassten Züchtungsbedingungen lassen sich halbleitende Kristalle mit einer freien Elektronenkonzentration im Bereich von  $10^{16}$ - $10^{19}$  cm<sup>-3</sup> herstellen. Semiisolierende Kristalle lassen sich durch Dotierung mit Magnesium züchten, wobei freie Ladungsträger von unerwünscht eingebautem Silizium aus dem Ausgangspulver und Wasserstoff aus der Gasatmosphäre durch Magnesium kompensiert werden. Aus den CZ-Kristallen des IKZ werden durch die Firma CrysTec, Berlin, (100)-orientierte, definiert fehlorientierte (100)- und (001)-orientierte Wafer als Substratmaterial für den MOVPE-Prozess zur Entwicklung von halbleitenden  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Schichten und -Schichtfolgen hergestellt.

Für die Entwicklung hoch effizienter Leistungsbaulemente ist das kontrollierte epitaktische Wachstum von  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Schichten genauso entscheidend, wie die Züchtung von strukturell perfekten Einkristallen zur Waferpräparation. Epitaxieschichten mit hoher struktureller Perfektion und definiert eingestellten elektrischen Eigenschaften sind eine Voraussetzung für die Entwicklung von unterschiedlichen Typen von Bauelementen. So wurden verschiedene Schichttechnologien zur epitaktischen Abscheidung von  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  eingesetzt und der Einfluss der Verfahren auf die Schichteigenschaften und das Anwendungspotential der gewachsenen Schichten untersucht. Zum Einsatz kamen sol-gel Verfahren, spray-pyrolyse, RF-sputtern, pulse laser deposition (PLD), molecular beam epitaxy (MBE), halide vapor phase epitaxy (HVPE) und metal organic vapor phase epitaxy (MOVPE) sowie eine Kombination aus MOVPE und HVPE.

Die Pionierarbeiten zur Homoepitaxie von  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  und zur Prozessierung von ersten Bauelementestrukturen wurden seit 2008 von japanischen Wissenschaftlern publiziert. Sie lieferten sehr überzeugende Argumente für einen effektiven Einsatz von  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Einkristallen und Epitaxieschichten zur Entwicklung von Leistungsbaulementen. Die Epitaxieschicht-

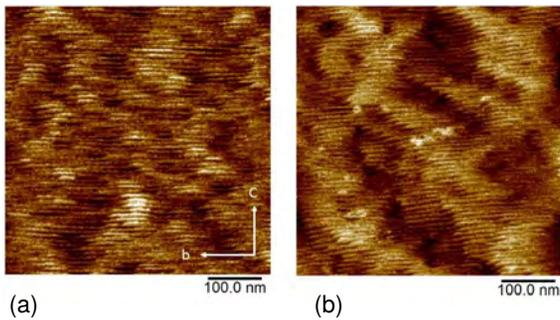


Abb.2: (a) AFM-Abbildung der Oberflächenmorphologie eines 4°fehlorientierten (100)- $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Substrates nach Oxidation in Sauerstoff bei 900°C, (rms= 132 pm) und (b) einer darauf gewachsenen 200 nm dicken n-leitenden (100)- $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Epitaxieschicht mit ausgeprägtem Stufenfluss-Wachstum (rms=276 pm).

ten mit sehr guten strukturellen und elektrischen Eigenschaften wurden sowohl auf (100)-OFZ- $\text{Ga}_2\text{O}_3$  als auch auf (010)-EFG- $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Substraten mit dem MBE-Verfahren gewachsen. Erste Feldeffekt-Transistoren (MESFET und MOSFET) auf dieser Materialbasis wurden von der Gruppe um M. Higashiwaki vom Nationalen Institut für Information und Kommunikation in Tokyo schon 2012 demonstriert.

Im Jahr 2012 hat das IKZ erfolgreich ein Projekt zur  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Materialentwicklung im Rahmen des Pakts für Forschung der Leibniz-Gemeinschaft eingeworben. Der Inhalt dieses Projektes bestand in der Entwicklung von epitaktischen  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Schichten auf  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Substraten, welche aus CZ-Kristallen aus dem IKZ präpariert wurden. Die Aufgabe bestand in der Herstellung und Optimierung von halbleitenden Schichten von hoher struktureller Perfektion und mit gezielt eingestellten elektrischen Eigenschaften. Mit Investitionsmitteln aus dem Institutshaushalt wurde eine kommerzielle MO-VPE Anlage zur Abscheidung von oxidischen Materialien beschafft und die Infrastruktur für die thermische und chemische Vorbehandlung von  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Substraten aufgebaut. Die Entscheidung für die MOVPE Methode begründete sich darauf, dass vielfältige Erfahrungen und Kenntnisse aus vorangegangenen Projekten zur Gasphasen-Epitaxie von SiC im IKZ vorhanden waren. Außerdem ist die MOVPE-Methode ein in der Halbleiterindustrie technologisch ausgereiftes Standardverfahren zur Herstellung von Schichtstrukturen für mikroelektronische Bauelemente, Sensoren, LED's und Halbleiter-Lasern. Mit dem MOVPE-Verfahren lassen sich unter moderaten Abscheidungsbedingungen auf großen Flächen kostengünstig Schichten abscheiden. Da dieses Verfahren nahe am thermodynamischen Gleichgewicht arbeitet, sind Voraussetzungen zur Abscheidung von strukturell hochwertigen, einkristallinen Schichten gegeben.

In den ersten beiden Jahren der dreijährigen Projektlaufzeit wurde das Schichtwachstum unter Verwendung von Trimethylgallium (TMGa) als Ga- Precursor und alternative Sauerstoff-

quellen, wie Reinstsauerstoff, Wasser und  $\text{CO}_2$  zur Schichtabscheidung untersucht. Die strukturellen, elektrischen und optischen Eigenschaften der gewachsenen Schichten wurden im Institut mit elektrischen (Hall-Effekt, CV), optischen (Ellipsometrie, Transmissionsmessungen, Ramanspektroskopie), elektronenoptischen (TEM, REM) und röntgenoptischen Analysemethoden bestimmt. Die Ergebnisse der Untersuchungen mit dem hochauflösenden Transmissionselektronenmikroskop (HR-TEM) durch M. Albrecht und R. Schewski machten deutlich, dass die Schichten einkristallin, epitaktisch gewachsen waren, jedoch eine hohe Dichte an Planardefekten enthielten. Die hohe Konzentration an inkohärenten Zwillingsgrenzen mit nicht abgesättigten Bindungen, Punktdefekten, vorzugsweise Ga-Vakanzen, und der Einbau von Kohlenstoff aus dem Ga-Precursor führten dazu, dass die Schichtwiderstände sehr hoch waren und keine belastbaren Hall-Effekt Messungen realisiert werden konnten. In weiteren Versuchsreihen wurde versucht, durch den Einsatz von Indium als Surfactant die Diffusion von ad-Atomen auf der (100)-Oberfläche zu verstärken. Dadurch konnte die Defektkonzentration in den Schichten bedeutend verringert werden. Versuche, eine definierte n-typ-Leitfähigkeit einzustellen, waren jedoch nicht erfolgreich.

Während der Weiterführung der Arbeiten im Rahmen von zwei institutsinternen Projekten wurden durch den Austausch von TMGa durch Triethylgallium (TEGa) als Ga-Quelle und  $\text{O}_2$  als Oxidant die Voraussetzungen geschaffen, um halbleitende  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Schichten abzuscheiden. Durch die Dotierung mit Zinn oder Silizium und die Optimierung der Abscheidungsbedingungen konnten reproduzierbar n-leitende Schichten gewachsen werden. Mit Hall-Effekt und CV-Messungen wurde in den Schichten eine freie Ladungsträgerkonzentration von  $2 \times 10^{17}$ - $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  bestimmt. Die Ladungsträgerbeweglichkeit in den Schichten war bei ca.  $40 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , was etwa einem Drittel des Wertes im bulk-Material entsprach. In der Arbeitsgruppe Physikalische Charakterisierung wurden von K. Irmscher und A. Fiedler als Ursachen für die geringe Beweglichkeit in den Schichten eine Ladungsträgerkompensation und Streuprozesse identifiziert, welche im Wesentlichen durch die hohe Dichte an Planardefekten verursacht sind. Eine signifikante Verbesserung der kristallinen Struktur in den Schichten wurde durch den Einsatz von definiert fehlorientierten  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Substraten und einer Optimierung der Oberflächenpräparation erreicht (Abb. 2a). Während bei (100)on-orientierten Substraten das epitaktische Wachstum durch eine zweidimensionale Inselbildung gekennzeichnet ist, kann auf (100)off-orientierten Substraten ein Stufenflusswachstum erzwungen werden (Abb. 2b). Bei entsprechend großer Fehlorientierung

ist die Terrassenlänge der auf den (100)-Flächen entstehenden Stufen geringer als die Diffusionslänge der ad-Atome. Die ad-Atome können zu den Stufenkanten diffundieren und das vertikale Schichtwachstum erfolgt über ein horizontales Auswachsen der Stufen. Im Ergebnis des Einsatzes von fehlorientierten Substraten konnte die Kompensation und Streuung von Ladungsträgern reduziert und das Dotierfenster in den Schichten von  $1 \times 10^{17}$ -  $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-2}$  erweitert werden. Die geringere Konzentration an Defekten hatte eine Erhöhung der Ladungsträgerbeweglichkeit  $\mu$  auf Wert um  $100 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  zur Folge, was der Größenordnung der Ladungsträgerbeweglichkeit im bulk- $\text{Ga}_2\text{O}_3$  entspricht.

In der [100]-Richtung besitzt  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  die geringste Wärmeleitfähigkeit. Einen nahezu doppelt so großen Wert misst man in der [001]-Richtung, während der Betrag in der [010] Richtung den dreifachen Wert annimmt. Die (100)- und die (001)-Flächen sind natürliche Spaltflächen beim Galliumoxid, also sehr gut für die Substratpräparation geeignet. Dem steht jedoch die geringere Wärmeleitfähigkeit gegenüber. Die [010]-Richtung mit der höchsten Wärmeleitfähigkeit bietet keine spaltfähige (010)- Fläche an. Das Ziel laufender Studien besteht darin, einen Kompromiss zu finden und die optimalen Bedingungen für das Wachstum von strukturell hochwertigen halbleitenden Epitaxieschichten kombiniert mit den für die Bauelemententwicklung besten thermischen und mechanischen Eigenschaften zu ermitteln.

In 2017 werden deshalb das homoepitaktische Wachstum von  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  und der Einbau von Silizium auf (100)- und (001)off-orientierten Substraten im Mittelpunkt unserer Untersuchungen stehen. Die dafür erforderlichen  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -Kristalle werden in unserem Institut gezüchtet und in Qualität und Größe weiterentwickelt.

In den vergangenen zwei Jahren ist parallel zu den Wachstumsuntersuchungen eine sehr effektive Kooperation mit der Gruppe von Dr. Gregg Jessen von den Air Force Research Laboratories (AFRL) in den USA entstanden. Auf der Grundlage unserer Epitaxieschichten und Strukturen hat dieses Forschungsteam Metall-Oxid-Halbleiter Feldeffekt-Transistoren (MOSFETs) prozessiert, welche das große Potential des  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  für Anwendungen in der Leistungselektronik demonstrieren. In einer ersten zwei-Finger MOSFET-Architektur wurde eine maximale Durchbruchfeldstärke von  $3,8 \text{ MV/cm}$  erreicht. Diese Feldstärke übertrifft die für GaN und SiC theoretisch ermittelten Durchbruchfeldstärken bei vergleichbarer Bauelementgeometrie. Eine Kooperation zur Entwicklung von Bauelementen ist auch mit dem Ferdinand-Braun-institut für Höchstfrequenzelektronik (FBH) begonnen worden und erste

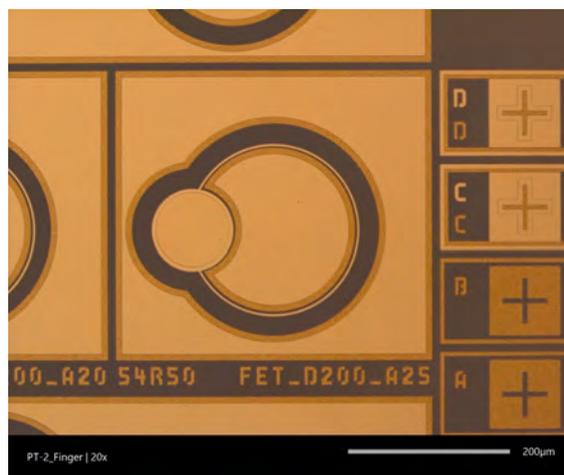


Abb.3: SEM-Abbildung eines im FBH gefertigten zirkularen MISFET auf Basis einer n-type- $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (100)-Epitaxieschicht.

vielfersprechende Ergebnisse sind im Mai 2017 auf dem 41<sup>st</sup> Workshop on Compound Semiconductor Devices, Gran Canaria, vorgestellt worden (Abb. 3) Im Institut für Kristallzüchtung wollen wir auch in den nächsten Jahren auf diesem Gebiet der  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ -Materialentwicklung, in der Einkristallzüchtung und der Epitaxie, das internationale Leistungsniveau mitbestimmen. Im Leibniz Science Campus „GraFox“ werden die Zusammenhänge zwischen Züchtungsparametern, strukturellen und elektrischen Parametern in Zusammenarbeit mit Forschern der Berliner Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen untersucht. Mit der Forschergruppe von Frau Prof. S. Fischer an der Humboldt-Universität wird in einem gemeinsamen DFG-Projekt an diesem Material geforscht. Im Herbst 2016 wurde, gemeinsam mit dem Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenzelektronik (FBH) und der TU-Berlin (Fachgebiet Leistungselektromik), beim BMBF ein Projekt in der Fördermaßnahme „Validierung des technologischen und gesellschaftlichen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung - VIP+“ eingereicht. Mit dem Air Force Research Laboratories ist eine Fortführung der Kooperation auf der Basis eines gemeinsamen Projektes beabsichtigt. Die sehr guten elektrischen Charakteristiken von ersten MOSFET-Strukturen sowohl von dem AFRL als auch aus dem FBH dokumentieren die guten Eigenschaften der Kristalle und Schichten aus dem IKZ und zeigen das große Potential des  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  für einen Einsatz in der Leistungselektronik Diese Ergebnisse sind für uns eine große Motivation, weiterhin an der Verbesserung der Schichteigenschaften zu forschen. Mit der Entwicklung von Demonstratoren hocheffizienter kompakter Energiekonverter auf der Basis von  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  wollen wir einen Beitrag zur Reduzierung von Energieverlusten und der Optimierung des Energieverbrauches liefern und damit einen Beitrag für unsere Umwelt leisten.

## 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. 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

### Stellvertretender Vorsitzender

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

### Schatzmeister

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

### Schriftführerin

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

### Redaktion und Anzeigen:

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

### Redaktionsschluss:

15. Juli 2017  
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

### 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.

### Beisitzer

Dr. Alfred Müller  
Siltronic AG  
Johannes-Hess-Straße 24, 84489 Burghausen  
Tel.: 08677 / 83 4665  
E-Mail: alfred.muller@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@fmf.uni-freiburg.de

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

### Bankverbindung:

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

### Internetredaktion:

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

E-Mail: internet.redaktion@dgkk.de

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

### Mitgliedschaft:

Der Mitgliedsbeitrag kostet zur Zeit im Jahr 30 € und für Studenten ermäßigt 20 €. Beiträge für juristische Personen erhalten Sie auf Anfrage. Das Aufnahmeformular finden Sie auf der letzten Seite in diesem Heft. Sie können sich aber auch über die Internetseite der DGKK online anmelden. Dort finden Sie auch die DGKK Stichwortliste.

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

## Arbeitskreise der DGKK

### Herstellung und Charakterisierung von Massiven Halbleiterkristallen

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

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

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

### Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik

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

### Epitaxie von III-V-Halbleitern

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

### Wachstumskinetik und Nanostrukturen

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

### Industrielle Kristallzüchtung

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

### Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung

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

## Tagungskalender

### 2017

- **14. – 15. September 2017**  
*6th German-French workshop on Oxide, Dielectric and Laser single crystals*  
**Bordeaux, France**  
 Leitung: Philippe Veber  
<https://wodil2017.sciencesconf.org/>
- **18. – 21. September 2017**  
*European Materials Research Society (E-MRS) Fall Meeting*  
**Warsaw, Poland**  
<http://www.european-mrs.com/meetings/2017-fall-meeting>
- **9. – 10. Oktober 2017**  
*Arbeitskreis "Intermetallische und oxydische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelationen"*

### Frankfurt/ Main, Germany

Leitung: Cornelius Krellner

- **11. – 12. Oktober 2017**  
*Arbeitskreis "Massive Halbleiterkristalle"*  
**Freiberg, Germany**
- **7. – 8. Dezember 2017**  
*Arbeitskreis "Epitaxie von III/V-Halbleitern"*  
**Freiburg i. Br., Germany**  
 Leitung: Frank Dimroth

### 2018

- **13. – 14. Februar 2018**  
*7th Seminar of the Junge DGKK*  
**Wien, Austria**  
 Leitung: Luwdig Stockmeier, Sami Dzaber
- **14. – 16. Februar 2018**  
*1st German-Austrian Conference on Crystal Growth*  
**Wien, Austria**  
 Leitung: Andrey Prokofiev
- **5. – 8. März 2018**  
*26th Annual Meeting of DGK*  
**Essen, Germany**  
 Leitung: Matthias Epple  
<http://www.dgk-conference.de>
- **10. – 13. Juni 2018**  
*26th ACCGE Western Section Conference*  
**Fallen Leaf Lake, USA**
- **13. – 19. September 2018**  
*2nd European School on Crystal Growth (ESCG-2)*  
**Riviera Holiday Club, Varna, Bulgaria**  
 Leitung: Bogdan Ranguelov, Michail Michailov, Vesela Tsakova
- **16. – 20. September 2018**  
*European Conference on Crystal Growth (ECCG-6)*  
**Riviera Holiday Club, Varna, Bulgaria**  
 Leitung: Bogdan Ranguelov, Michail Michailov, Vesela Tsakova

# FURNACE TECHNOLOGY LEADERSHIP

**linn**  
High Therm



info@linn.de

www.linn.de



## Crystal growth system

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

## Tube furnace

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



## Horizontal zone melting system

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



## Micro-Crystal growth system

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

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

## Tube furnace

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



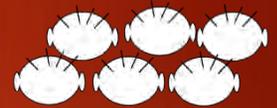
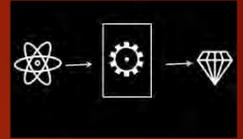
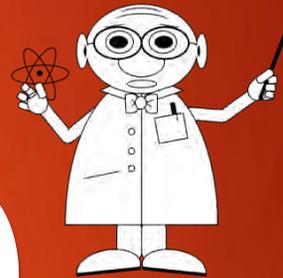
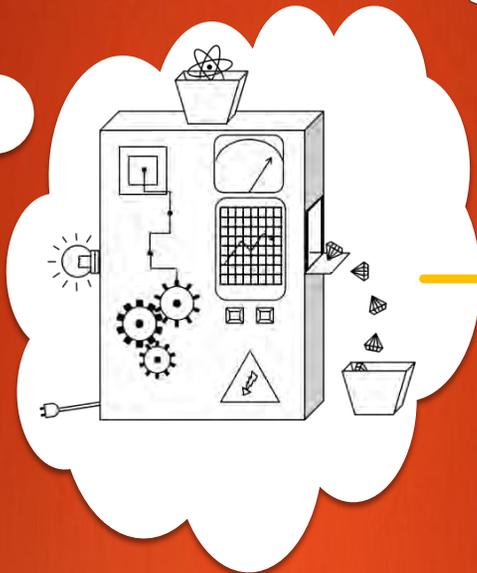
**Special systems according to customer specifications!**

# Produktideen realisieren?



## Wissenschaftler oder Unternehmer?

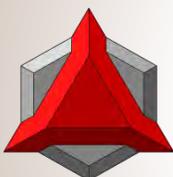
### Mit uns geht beides!



- ▶ Wissenschaftliche Arbeit und Ideenvermarktung ist vereinbar – mit dem richtigen Partner!
- ▶ Auch Forschungstechnologien haben Marktpotential
- ▶ Sprechen Sie uns an – gemeinsam machen wir aus Ihren Ideen erfolgreiche Produkte!
- ▶ [www.scidre.de](http://www.scidre.de), [info@scidre.de](mailto:info@scidre.de)
- ▶ 0351 821 131 464

#### Ihre Vorteile:

- ▶ Keine Beeinträchtigung Ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit
- ▶ Sie werden als Erfinder und Entwickler sichtbar
- ▶ Sie verdienen an jedem verkauften Produkt; Ihre Einrichtung profitiert vom erfolgreichen Technologietransfer
- ▶ Sie tragen kein unternehmerisches Risiko und haben wenig Aufwand – wir übernehmen den Produktsupport



**SCIDRE**  
SCIENTIFIC INSTRUMENTS DRESDEN GMBH