

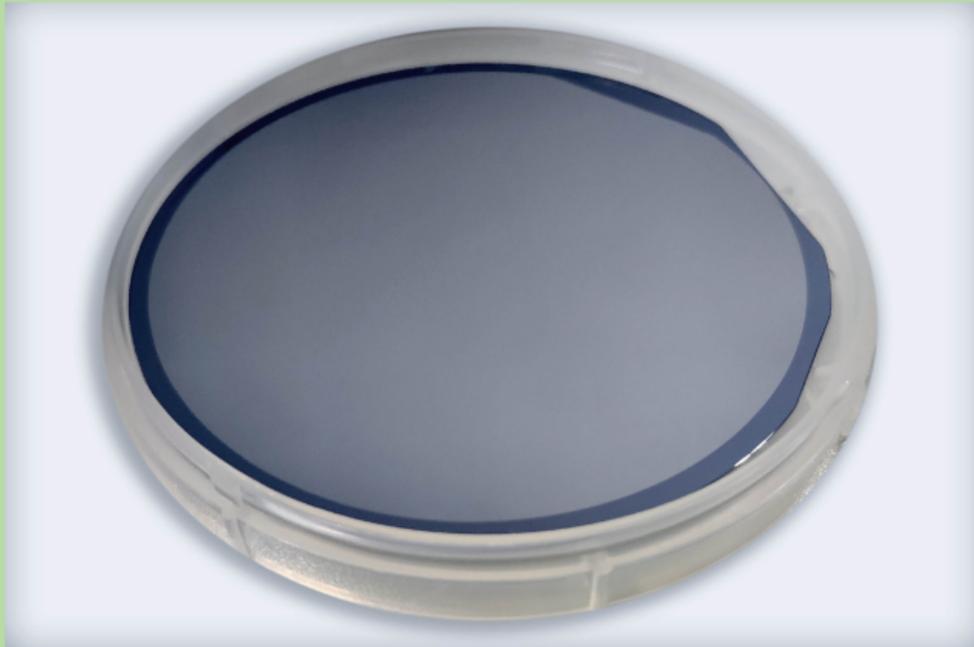


ISSN 2193-3758

Mitteilungsblatt  
Nr. 115 / 2023



Deutsche Gesellschaft  
für Kristallwachstum und  
Kristallzüchtung e.V.



---

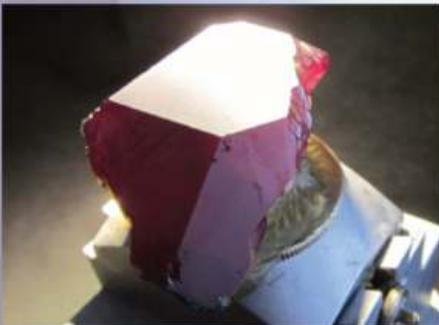
## Inhaltsverzeichnis

Der Vorsitzende / Editorial . . . . .	3
DGKK intern . . . . .	5
DGKK Nachrichten . . . . .	15
DGKK Personen . . . . .	23
DGKK Junge Forscherinnen und Forscher . . . . .	24

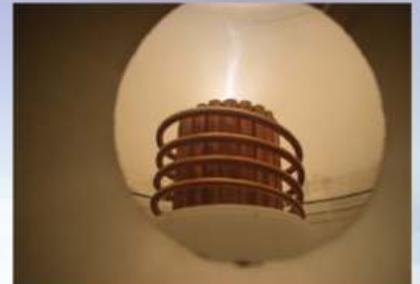
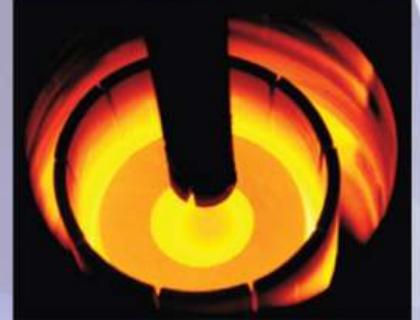
---

# SurfaceNet

## Crystals



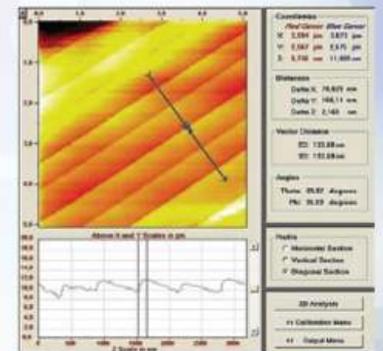
## Crystal Puller



## 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

## Der Vorsitzende

### Liebe Kolleginnen und Kollegen,

gerade haben wir die sehr schöne und erfolgreiche Jahrestagung unserer Gesellschaft, die DKT 2023, sowie direkt zuvor das Treffen der jDGKK in Augsburg absolviert. Zur DKT 2023 finden Sie später im Heft noch einen ausführlicheren Bericht.

Besonderen Spaß hat es mir persönlich gemacht, trotz meines fortgeschrittenen Alters am Treffen der jungen DGKK teilzunehmen und einen Vortrag zu halten. Auch Herr Prof. Müller aus Erlangen hat mit großer Begeisterung von seinem Leben als Kristallzüchter erzählt, manche Anekdote beigesteuert und auch für unseren Verein geworben. Ich selbst habe versucht, den jungen Kristallzüchtern anhand von Beispielen aus vielerlei Arbeitsgebieten die Vielfältigkeit unserer Arbeit nahezubringen und sie in ihrer Berufswahl und Ausrichtung zu bestärken. Die Kristallzüchtung als Schlüsseltechnologie in vielen Bereichen unserer hochtechnisierten Welt muss in Deutschland und Europa gestärkt werden. Ohne Zweifel sind gerade die jüngeren Kristallzüchter hier gefordert, und deren Berufsaussichten sind meines Erachtens nach glänzend.

Die Mitgliederversammlung fand am Abend des ersten Tages der DKT 2023 statt. Siehe dazu auch das Protokoll der Mitgliederversammlung. Es konnten zwischenzeitlich einige der bereits angeregten Änderungen wie zum Beispiel die neue Form der Mitgliederverwaltung durch das Portal "Easy Verein" realisiert werden. Entsprechend dem Vorschlag des Vorstands ist dieses Portal jetzt auch als "Datenbank" nutzbar, und man findet leicht die Kontaktadressen der anderen DGKK-Mitglieder und, sofern hinterlegt, ihre Arbeitsgebiete und Interessen. Dies ist auch als Service für die Mitglieder gedacht, welche sich Rat bei einem erfahrenen Kollegen einholen wollen. Eine schöne Informationsquelle auch für jüngere ratsuchende Kollegen und vielleicht auch ein Grund der DGKK beizutreten. Unserem Schatzmeister Herrn Krellner sei hierfür gedankt, ebenso wie für seine tadellose Führung und Neustrukturierung der Vereinsfinanzen.

Turnusmäßig fand auch eine Neuwahl der gesamten Vorstandschaft statt. Erfreulich war, dass alle Amtsinhaber bereit

waren sich für eine weitere Amtszeit zur Verfügung zu stellen. Die Mitgliederversammlung folgte mit großer Mehrheit dem Vorschlag des Vorstands, wofür ich mich an dieser Stelle noch einmal recht herzlich bedanke.

Sehr erfreulich ist auch zu bemerken, dass der für einige Zeit ruhende Arbeitskreis *Wachstumskinetik und Nanostrukturen* wieder aktiv geworden ist und in Zukunft wieder Arbeitskreistreffen abhalten wird. In diesem Zusammenhang sei auch erwähnt, dass der Arbeitskreis *Simulation* eine neue Arbeitsrichtung "Machine learning" einführen will und ein erstes Treffen bereits stattgefunden hat. Eine wichtige Neuerung hinsichtlich der Nutzung der KI in der Kristallzüchtung.

Wir befinden uns wieder im gewohnten Rhythmus mit der DKT im Frühjahr und den Arbeitskreistreffen im Herbst, und wir haben somit wieder zwei Möglichkeiten im Jahr unsere Kollegen zu sehen und uns mit ihnen auszutauschen

Die nächste DKT wird im Frühjahr 2024 in Erlangen, die DKT 2025 in Frankfurt/M., möglichst mit Beteiligung unserer französischen Kollegen, stattfinden. Für 2026 ist Karlsruhe als Tagungsort angedacht.

Soeben kam im letzten Moment die Mitteilung des vom IOCG-Executive-Komitee eingesetzten Frank- and Laudise-Preis-Auswahlgremiums, dass der Laudise-Preis an unser Mitglied und ehemaligen 1. Vorsitzenden Herrn Prof. Peter Rudolph verliehen wurde "for unmatched deep understanding of crystal growth fundamentals combined with a skill of technological practice in the field of various semiconductors (II-IV, III-V and silicon), these important results on liquid clustering, point defects, dislocation networks and the use of magnetic fields having been successfully incorporated into industrial crystal production." Der Preis wird öffentlich überreicht auf der ICCGE-20 in Neapel in diesem Sommer. Wir gratulieren herzlich! Somit haben wir mit Prof. Müller und nun mit Prof. Rudolph zwei Laudise-Preisträger in unseren Reihen.

Es grüßt Sie herzlich  
Andreas Erb

## Inhaltsverzeichnis

Der Vorsitzende	3	Kernspinfreie Quantenmaterialien	20
Editorial	4	IKZ Guest Fellowship Award 2023	21
Titelbild	4	Mitglieder 2023, erste Jahreshälfte	21
DGKK-intern	5	ERC Grant für Open-Science-Lehrmittel	22
DKT 2023 in Augsburg	5	DGKK-Personen	23
jDGKK in Augsburg	8	Jubilare	23
Protokoll der Mitgliederversammlung 2023	11	DGKK Junge Forscherinnen und Forscher	24
DGKK-Nachrichten	15	Dissertation Owen Ernst (IKZ, Berlin)	24
50 Jahre Niederländische Kristallzüchter-Vereinigung	15	Dissertation Ta-Shun Chou (IKZ, Berlin)	27
Humboldt-Preis an Kookrin Char	16	Über die DGKK	29
3D-Abbildung von Gitterdefekten	18	Arbeitskreise der DGKK	30
		Tagungskalender	30

## Editorial

### Verehrte Leserinnen und Leser,

typischerweise für eine Jahresmitteausgabe finden Sie in diesem Heft den Bericht über die diesjährige Deutsche Kristallzüchtungstagung, den über das Treffen der jungen DGKK und das Protokoll der Mitgliederversammlung. Die niederländische Kristallzüchtergesellschaft hat ihren 50. Jahrestag gefeiert, wie berichtet wird. Unter den Nachrichten sei Ihre Aufmerksamkeit insbesondere auf den Text zum European Research Grant zur Entwicklung von Open-Science-Lehrmitteln zur Kristallzüchtung gelenkt, den Kaspars Dadzis vom IKZ Berlin eingeworben hat. Erfreulicherweise haben zwei junge Dr.-Kollegen Berichte über ihre Dissertation eingereicht.

In eigener Sache: Wie schon mitgeteilt, geht die Redaktion unseres Mitteilungsblatts vom IKZ in Berlin-Adlershof (Hefte 88-104: Uwe Rehse, auch Wolfram Miller bis zu seiner Wahl zum DGKK-Vorsitzenden; Hefte 105-114: Klaus Böttcher) an das Institut für Physik in Augsburg. Der Wechsel gelingt nur fließend: das Layout dieser Ausgabe hat nochmals K. Böttcher in Adlershof gesetzt, aber Druck und Versand werden schon in bzw. von Augsburg aus erfolgen.

Eine interessante Lektüre dieser Ausgabe wünscht Ihnen

Anton Jesche

## Titelbild



Quelle: IKZ

Das Titelbild zeigt eine dünne kernspinfreie  $^{76}\text{Ge}$ -Schicht, gewachsen auf einem 4-Zoll Durchmesser (001)Si-Wafer in einer neu in Betrieb genommenen Molekularstrahlepitaxie-Anlage zum Wachstum von  $^{28}\text{Si}$ - und  $^{76}\text{Ge}$ -Heterostrukturen. Lesen Sie bitte ausführlicher dazu auf S. 20.

## 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](http://www.mateck.de)

## DGKK-intern

# Deutsche Kristallzuchttagung 2023 in Augsburg

Andreas Erb, Walther-Meißner-Institut für Tieftemperaturphysik, Garching

Nachdem im vergangenen Jahr 2022 keine DKT stattfand und die Mitgliederversammlung deshalb im Rahmen der Arbeitskreistreffen in Dresden und Freiberg stattfinden musste, konnte vom 15. – 17. März die DKT 2023 im Technologiezentrum Augsburg stattfinden. Ebenso fand im Vorfeld das Treffen der jDGKK in den gleichen Räumen statt. Federführend war Anton Jesche vom Institut für Physik, Universität Augsburg, dem an dieser Stelle herzlich gedankt sei.

Begonnen wurde am Mittwoch mit einer Session, in welcher unter anderem auch die ökologische Seite der Kristallzucht und damit einhergehend die Versorgung mit Grundstoffen sowie deren Recycling beleuchtet wurde, einer Thematik, die wir uns in den kommenden Jahren mehr und mehr stellen werden müssen.

Ebenfalls berichtet wurde über Möglichkeiten zur Energieeinsparung bei der Kristallzucht. Dr. Pascal Puphal, MPI für Festkörperforschung, Stuttgart, berichtete über seine Forschungsarbeiten zur Kontrolle der Grundzustände von Einkristallen und deren Beeinflussung. Bei der zweiten Sitzung waren der Schwerpunkt die Nitride, insbesondere GaN und AlN, und es wurden beeindruckende Züchtungsergebnisse dieser Substanzen berichtet. So sind von AlN mittlerweile 2-Zoll Substrate kommerziell erhältlich und können für Bauteile in verschiedenen Bereichen verwendet werden. Die Vorträge zu GaN beschäftigten sich mit Wachstumsmechanismen und Defektstrukturen.



Diskussion nach einem Vortrag. (Foto: Klaus Böttcher)

Wie üblich fand im Anschluss an die Vorträge des ersten Tages die Mitgliederversammlung statt. Es ist als gutes Zeichen zu werten, dass diese Mitgliederversammlung einschließlich Vorstandswahlen nur wenig mehr als 2 Stunden dauerte. Dafür gebührt vor allem unserer Schriftführerin Christiane Frank-Rotsch großer Dank, waren doch die Wahlen bestens vorbereitet und mit Wolfram Miller als Wahlleiter rasch erledigt.

Der zweite Tag der Tagung begann mit der ersten Sitzung des Arbeitskreises Intermetallika, welcher wie üblich stark an die universitäre Forschung angelehnt ist. Mit einem eingeladenen Vortrag von Frau Prof. Geetha Balakrishnan, University of



Beim Vortrag von Prof. Geetha Balakrishnan. (Foto: K. Böttcher)

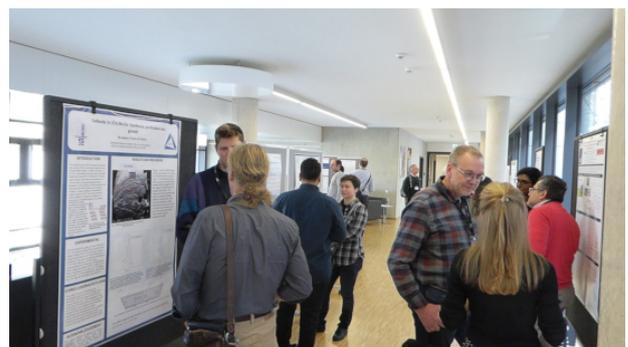
Warwick, wurden wir dabei in die komplizierte Physik des Magnetismus der Skyrmionen entführt.

Es folgte die erste Sitzung der Massivmaterialien mit Schwerpunkt auf Germaniumeinkristallen. Hier war vor allem das IKZ Berlin präsent, sowohl mit Vorträgen zur Modellierung als auch mit Untersuchungen zur Defektstruktur der Volumen-kristalle.

Nach dem Mittagessen war es wieder Zeit für die Poster-Session mit insgesamt 14 Postern, welche zahlreich besucht wurde. Es war genügend Zeit für ausgiebige Diskussionen und Gespräche zu den verschiedenen Beiträgen, eine Sache, die es bei Online oder hybrid durchgeführten Tagungen natürlicherweise nicht gibt.

Der Nachmittag stand unter dem Zeichen der Epitaxie, und hier wurden sehr eindrucksvolle Fortschritte auf verschiedenen Gebieten der epitaktischen Abscheidung berichtet. Besonders eindrucksvoll waren die Vorträge von Herrn Dr. Bitterlich zum Wachstum von HgCdTe, aber auch besonders der Vortrag von Herrn Prof. Heuken über den großen, auch kommerziellen Erfolg von Aixtron bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen. Bei allen Vorträgen wurde auch darauf hingewiesen, dass es hier gute Arbeitsmöglichkeiten für Kristallzüchter gibt und die jeweiligen Institute und Firmen Mitarbeiter suchen.

Traditionell spielt bei DGKK-Tagungen die gemeinsame Abendveranstaltung und Zusammensitzen eine wichtige Rol-



Lebhafte Diskussionen an den Postern. (Foto: K. Böttcher)

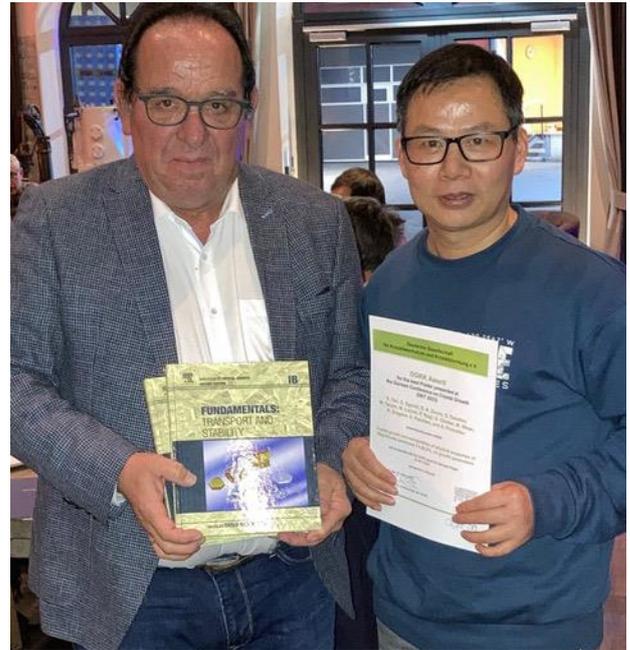
le. Dieser soziale Teil kann auf hybriden oder virtuellen Tagungen natürlicherweise nicht stattfinden, ist aber doch ein wesentlicher Teil unserer Gemeinschaft. Herr Jesche hatte als Veranstaltungsort das Brauhaus Riegele gewählt und damit ein wirklich glückliches Händchen bewiesen. Neben dem vorzüglichen Büfett war vor allem der Bierbrunnen im Eingangsbereich eine wirklich witzige Attraktion und wurde vor der eigentlichen Veranstaltung gerne angenommen.

Auf der Abendveranstaltung wurde dann auch der Preis für das beste Poster vergeben. Ausgezeichnet wurde Herr X. Yan vom Physikinstitut der Universität Wien. Ein schöner Beitrag aus der Arbeitsgruppe von Herrn Prokofiev, welcher wieder einmal als österreichische Bereicherung teilnahm. Ebenfalls auf der Abendveranstaltung geehrt und mit einem Buchpreis bedacht wurde Herr Klaus Böttcher, welcher viele Jahre lang die Redaktion der Vereinszeitschrift bestens erledigte und welcher nun in den Ruhestand geht. Vielen Dank auch an dieser Stelle. Mit Herrn Anton Jesche haben wir ja dankenswerterweise einen Nachfolger gefunden.



Abendveranstaltung im Brauhaus Riegele. (Foto: K. Böttcher)

Am Freitag, dem letzten Tag der DKT 2023, fanden noch 2 weitere Sessions mit insgesamt 5 Vorträgen statt. Wieder war die mehr universitäre Forschung Thema der Beiträge.



Preis des besten Posters an X. Yan vom Institut für Physik der Universität Wien. (Foto: Wolfram Müller)

Herr Prof. Prokofiev aus Wien berichtete über die Kristallzüchtung und Physik von topologischen Kondo-Halbmatalen und Dr. Isobe vom MPI für Festkörperphysik Stuttgart über Kristallzüchtung unter hohem Druck. Weitere Beiträge kamen vom MPI CPfS, Dresden, vom MRM Augsburg. Unser Schatzmeister Herr Prof. Krellner berichtete in dieser Session auch von der Kristallzüchtung isotoopenreiner  $\text{YbRh}_2\text{Si}_2$ -Einkristalle und den Effekten der Isotope auf die Physik dieser Kristalle. Insgesamt war die Tagung mit etwa 100 Teilnehmern ein voller Erfolg, und auch an dieser Stelle noch einmal Dank an den Organisator Herrn Dr. Anton Jesche sowie für die Unterstützung der Aussteller.



Bei bestem Wetter das Teilnehmerfoto. (Foto: Felix Müller)



EXPANDED  
POWDER  
EXTRUDED/VIBRO  
FIBER  
**SiC COATED**  
ISOSTATIC



# Graphite Specialties

## Smart solutions for a better future

SGL Carbon is a leading supplier of carbon and graphite based products for automotive, industrial and semiconductor applications.

We offer the broadest graphite portfolio by a full integration from feedstock production to engineering and customized services.

All our graphite products are well known throughout the industry for their high performance and lowest cost of ownership. We are qualified by major OEMs and enjoy a preferred supplier status at leading crystal growth companies, foundries and device producers.

- **Furnace Technology**  
Heaters, insulations, charging systems, crucibles
- **Epitaxy & MOCVD**  
Wafer carriers and platters
- **Energy Storage**  
Powder and bipolar plates
- **Chemical Industry**  
Heat exchangers, gaskets, sealings
- **Mechanical Engineering**  
Pumps, compressors, vessels
- **Automotive**  
Fuel and water pumps, sealings, gaskets
- **Industrial Applications**  
Molds, dies, EDM electrodes



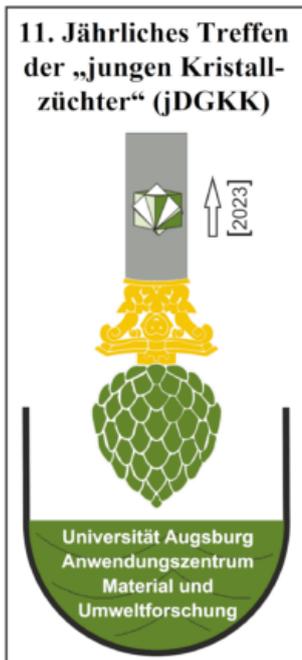
SGL CARBON GmbH  
Soehnleinstrasse 18  
65201 Wiesbaden  
[www.sglcarbon.com/gs](http://www.sglcarbon.com/gs)



Follow us on LinkedIn

## 11. Jährliches Treffen der "jungen Kristallzüchter" (jDGKK), 14. März 2023 in Augsburg

Sebastian Gruner, Freiburger Compound Materials GmbH



Logo des jDGKK Seminars Augsburg 2023. (Layout: Sebastian Gruner, Jan-Philipp Wöhrl; die Verwendung der Augsburger Zirkelnuss im Logo erfolgte mit freundlicher Genehmigung der Stadt Augsburg.)

also nun am 14.03.2023 am

Technologiezentrum der Universität Augsburg. Ein halbes Jahr nur war es her, dass sich die junge DGKK gemeinsam mit den jungen Kristallographen (yDGK) in Freiburg getroffen hat, da es im Jahr 2022 keine DKT-Tagung gab und man sich terminlich an den DGKK Arbeitskreistreffen "Massive Halbleiter" (Freiburg) und "Intermetallika" (Dresden) orientiert hat. Das letzte reguläre "jährliche" jDGKK-Seminar fand im Herbst 2021 am Leibniz-IZ in Berlin statt, und nach den terminlichen Unruhen mitten in der Pandemie waren wir nun froh, wieder im gewohnten Rhythmus im Vorfeld der Deutschen Kristallzüchertagung im Frühjahr tagen zu können. Etwas verspätet für ein "jährliches" jDGKK-Seminar traf sich die junge DGKK

Einer der Kernbestandteile dieser Seminare ist es, dass die jungen Kristallzüchter/-innen sich in offener und entspannter Atmosphäre darin üben können, die eigenen Forschungsarbeiten zu präsentieren, zu diskutieren und sich mit Fachkollegen/-innen über Ideen und Lösungsansätze auszutauschen.

Dazu waren die Teilnehmer/-innen angehalten, ein wissenschaftliches Poster zu ihrer Promotions- oder Masterarbeit zu präsentieren und zu verteidigen sowie im Vorfeld einen 5-Minuten-Kurzvortrag ("lightning talk") zum Besten zu geben, der das Interesse für das eigene Poster wecken soll.



Kurzpräsentation eines Seminarteilnehmers (Dr. Donald Evans, Universität Augsburg) (Foto: Jan-Philipp Wöhrl)

Die Mühen während der Kurzpräsentation sowie der Gestaltung und Verteidigung der Poster wurden auch in Form eines Posterpreises belohnt, welcher von der MaTeck Material-Technologie & Kristalle GmbH gesponsert und an Isabella Peracchi vom Leibniz IKZ verliehen wurde.

Zudem sollte ein diverses Programm mit Sprechern aus Akademie und Industrie Einblicke in Berufsfelder innerhalb der Kristallzüchtung geben sowie Erfahrungen und Ratschläge vermitteln, welche bereits verdiente Kristallzüchter der Jugend mit auf den Weg geben können. Erfreulicherweise wurde auch auf mehrere Stellenanzeigen in Industrie und akademischer Forschung hingewiesen.



Auditorium bei einer Präsentation im Seminarsaal. (Foto: Jan-Philipp Wöhrl)

So hat Dr. Merve Kabukcuoglu vom KIT Karlsruhe als junge PostDoc-Wissenschaftlerin zu Ergebnissen aus Ihrer Dissertation über Untersuchungen zur Versetzungsentwicklung in GaAs-Wafern mittels bildgebender 2D- & 3D- Röntgenbeugungsverfahren vorgetragen, für welche sie auf der ECCG7 in Paris als beste Rednerin ausgezeichnet wurde.



Prof. Georg Müller bei einem Rückblick auf sein Leben als Kristallzüchter. (Foto: Klaus Böttcher)

Im Kontrast dazu hat Prof. Dr. Dr. h.c. Georg Müller die DGKK-Jugend mit auf eine Zeitreise durch sein Leben als Kristallzüchter genommen und dabei sowohl wissenschaftliche als auch persönliche Erfolge und Glücksfälle hervorgehoben, die seinen Weg über Jahrzehnte geformt haben. Unser DGKK-Vorsitzender, Prof. Dr. Andreas Erb, hat einen Überblick über

die Züchtung zahlreicher oxidischer Verbindungen mitsamt persönlicher Anekdoten zu vergangenen Forschungsprojekten gegeben. Passend dazu stellte Dr. Elke Meißner vom Fraunhofer IISB verschiedene Methoden und Herausforderungen beim Wachstum von GaN und AlN vor.



Rege Diskussionen in der Kaffeepause. (Foto: Jan-Philipp Wöhrl)

Seitens der Industrie haben Adrian Vogt (AIM Infrarot-Module GmbH) und Thomas Fink (MaTeck Material-Technologie & Kristalle GmbH) jeweils eine eindrucksvolle Firmenpräsen-

tation gegeben und auf freie Stellen in den Unternehmen hingewiesen.

Franziska Breitner (Universität Augsburg, Gruppe Dr. Anton Jesche), welche das Seminar mit organisiert hat, hat die Teilnehmer/-innen des Seminars im Zuge einer Laborführung mit den Züchtungsanlagen und den Charakterisierungsgeräten unseres Gastgebers vertraut gemacht.

Nicht zuletzt diente das Seminar auch dazu, einander kennenzulernen und mit den Rednern außerhalb der Vorträge in Kontakt zu kommen. Zu diesem Zwecke trafen sich jDGKK, Vortragende sowie Teile des DGKK-Vorstandes zum Abendessen in den bayerischen Zeughaus-Stuben, wo das Event nach zahlreichen spannenden Beiträgen ein geselliges Ende fand. Die jungen Kristallzüchter bedanken sich ganz herzlich bei der DGKK für die Finanzierung des Seminars sowie bei der Firma MaTeck für das Sponsoring des Posterpreises. Weiterhin geht unser Dank an Dr. Anton Jesche für den kostenfrei zur Verfügung gestellten Tagungsraum, seine tatkräftige Unterstützung bei der Organisation sowie die aller weiteren lokalen Helfer in Augsburg und nicht zuletzt an die zahlreichen aktiven Seminarteilnehmer.

Das nächste Mal treffen sich die jungen Kristallzüchter (jDGKK) am 05.03.2024 in Erlangen im Vorfeld der DKT24. Seid dabei und freut euch auf ein abwechslungsreiches Programm!



Quantum Design  
EUROPE

qd-europe.com

## M81-SSM – Die perfekte Kombination aus Strom-Quelle, Messsystem und Lock in-Verstärker

- Erweiterte elektrische Messungen
- DC und AC bis 100 kHz, Lock-in
- Bis zu 3 Quellen (I, V) und 3 Messkanäle (V, I)
- Gemeinsamer DAC/ADC-Abtasttakt
- Optimiert für Grundschwingungen, Oberschwingungen und Phasen-AC



Quantum Design Europe – Ihr Ansprechpartner: Dr. Marc Kunzmann ✉ kunzmann@qd-europe.





 **comadur**

A COMPANY OF THE  **SWATCH GROUP**

# **comadur**



*Die Beherrschung von harten Swiss Made Komponenten, vom Pulver bis zum fertigen Produkt*

## Unternehmen

**Comadur** ist ein Unternehmen der Swatch Group, das sich auf die Entwicklung, Industrialisierung und Produktion von Komponenten aus extraharten Materialien spezialisiert hat. Comadur besitzt 7 Produktionsstandorte in der Schweiz und verfügt über mehr als 1.000 Mitarbeiter, 80 Berufe und einen Industriepark mit über 2.150 Maschinen der neuesten Generation.

## Tätigkeitsfelder

**Comadur** ist auf dem Gebiet der Kristallzucht synthetischer Kristalle (Saphir, Rubin) aktiv, sowie in der Entwicklung und Formgebung von Keramik (Zirkonoxid, Aluminiumoxid, Nitride, Karbide) und in Pulvertechnologien (Polyrubin, Mikromagnete, Emaille), die Nachbehandlungen bei hohen Temperaturen erfordern.

## Produkte

Die Schweizer Uhrenindustrie stellt die Mehrheit der Kunden von **Comadur** dar, darunter Marken aus allen Bereichen, von der Einstiegsklasse bis hin zu Prestige- und Luxussortimenten. **Comadur** ist auch in Segmenten außerhalb der Uhrenindustrie tätig, wie Medizin, Elektronik und anderen Anwendungsbereichen, die so vielfältig wie spezialisiert sind.

## Kompetenzen

Um eine perfekt kontrollierte und industrielle Produktion zu gewährleisten, setzt **Comadur** zahlreiche Techniken und Technologien ein, unter anderem: Die Entwicklung von Injektionsrohstoffen, Prozesssimulationen, hochpräzise CNC-Bearbeitung, additive Fertigung, Lasergravur oder Dünnschichttechnologie.

*Interesse an unserem Unternehmen? Unser Kontakt: [hr@comadur.ch](mailto:hr@comadur.ch)*



## Protokoll der Mitgliederversammlung 2023

### Anwesende:

#### DGKK-Mitglieder:

W. Aßmus, K. Böttcher, K. Dadzis, A. Erb, Th. Fink, Ch. Frank-Rotsch, J. Friedrich, P. Gille, Ch. Griesbeck, S. Gruner, C. Hartmann, A. Haghighirad, M. Heuken, A. Jesche, M. Jurisch, M. Kabukcuoglu, L. Kadinski, B. Kallinger, S. Khim, F.-M. Kießling, K. Kliemt, C. Krellner, W. Miller, F. Mosel, M. Oezkent, D. Peetz, I. Peracchi, P. Puphal, G. Raming, M. Rosch, P. Saß, S. Schimmel, Th. Schröder, A. Subramanian, R. Sumathi, S. Wurmehl

### Gäste:

A. Böhmer, E. Kochetkova, F. Müller

### Ort:

Technologie Zentrum Augsburg

### Zeit:

Mittwoch, den 15. März 2023, 18:00 Uhr

### TOP 1 Begrüßung und Feststellen der Beschlussfähigkeit

Es sind zu diesem Zeitpunkt **36** Mitglieder und **3** Gäste anwesend, d.h. laut Satzung ist die Versammlung beschlussfähig. Der Vorsitzende der DGKK, Andreas Erb, begrüßt die Anwesenden. Er stellt fest, dass frist- und formgerecht eingeladen worden ist.

### TOP 2 Bericht des Vorsitzenden

Er begrüßt besonders die Mitglieder, die erfreulicherweise kürzlich der DGKK beigetreten sind. Nachdem auf der Mitgliederversammlung im Oktober 2022 keine neuen Mitglieder begrüßt werden konnten, sind in den letzten Wochen 6 neue Mitglieder in die DGKK eingetreten.

A. Erb beginnt seinen Bericht mit einer kurzen Übersicht von Veranstaltungen, die unter Schirmherrschaft bzw. Beteiligung der DGKK seit Oktober 2022 stattgefunden haben. Es fanden wieder mehrere Arbeitskreise und ein Treffen der Jungen DGKK statt. Am IKZ wurde eine Winterschule im Hybridformat durchgeführt.

Bedingt dadurch, dass nahezu keine Tagungen stattgefunden haben, wurde auch nur ein einziger Antrag auf Reisekostenzuschuss gestellt.

Trotz mehrerer Aufrufe ist kein Vorschlag für den DGKK-Nachwuchspreis beim Vorstand eingegangen. Auch wurden nicht alle Preisgelder der letzten Jahre abgerufen. Der Vorstand ist dabei, die Ursachen zu analysieren und Möglichkeiten zu finden, den Preis wieder attraktiver zu gestalten. M. Heuken als Mitglied der Preiskommission merkt an, dass auch verstärkt in den Arbeitskreisen geworben werden sollte

und aus den Arbeitskreisen heraus Vorschläge unterbreitet werden sollten.

Das Mitglied A. Meyer hatte 2022 sein 50-jähriges Jubiläum der DGKK-Mitgliedschaft, A. Erb hat ihm gratuliert und zur DKT eingeladen, leider war ihm die Anreise nicht möglich.

Weiterhin berichtet A. Erb, dass der Vorstand seine Arbeit mit einer Videokonferenz im Februar 2023 und einem Hybrid-Treffen vor der DKT in Augsburg abgestimmt hat.

Die zur Mitgliederversammlung 2022 beschlossenen Satzungsänderungen sind umgesetzt worden, insbesondere der Sitz der Gesellschaft ist jetzt in Frankfurt/M. beim Schatzmeister.

Das Mitteilungsblatt 114 ist termingerecht erschienen, dies ist das letzte Mitteilungsblatt, welches unter der Redaktion von K. Böttcher herausgegeben wurde. A. Jesche übernimmt die Nachfolge der Redaktion des Mitteilungsblattes. A. Erb dankt K. Böttcher für die in vielen Jahren geleistete Arbeit und A. Jesche für seine Bereitschaft das Amt zu übernehmen.

Es wird darum gebeten, Artikel zu abgeschlossenen Master- und Promotionsarbeiten einzureichen. Um auch zukünftig das Mitteilungsblatt herausgeben zu können, ist es notwendig ausreichend Beiträge einzureichen. Es ergeht der Aufruf an alle Arbeitskreissprecher, Berichte aus den Arbeitskreisen mit entsprechenden Fachbeiträgen einzusenden und A. Jesche aktiv zu unterstützen.

Die DGKK ist gegenwärtig international gut vernetzt, und auch national konnte die Zusammenarbeit mit anderen Verbänden gestärkt werden. Die DGKK ist Mitglied im BV Matwerk, und diese Mitgliedschaft erscheint dem Vorstand weiterhin sinnvoll insbesondere in Bezug auf Vernetzung und Politik. A. Erb nahm an der letzten Mitgliederversammlung im Oktober 2022 teil.

2023 erfolgt wieder die Wahl der Fachkollegien der DFG für die Amtsperiode 2024-2028. M. Bickermann ist wieder vorgeschlagen und steht dabei zur Wiederwahl.

A. Erb berichtet, dass Ch. Frank-Rotsch in das IOCG Executive Committee für die kommende Periode ab 2023 wiedergewählt wurde.

Auch das Executive Committee des European Network on Crystal Growth (ENCG) wurde 2022 neu gewählt, Th. Schröder ist zum neuen Koordinator gewählt worden, L. Pastero zur Sekretärin und M. Velazquez und M. Leszczynski zu weiteren Mitgliedern. Die Thematik der Technologiesouveränität für kristalline Materialien soll im europäischen Umfeld als Schwerpunkt der Arbeiten des ENCG in den nächsten Jahren angegangen werden.

### TOP 3 Bericht der Schriftführerin

Die Mitgliederzahl der DGKK ist zum Stand 09.03.2023 leicht rückgängig bei 341, dies ist eine Veränderung von "-11" im Vergleich zu 2022 bei insgesamt 6 Eintritten.

**Von den 341 Mitgliedern sind 298 Vollmitglieder, 21 Studenten und 22 Firmen.**

Der Rückgang der Mitglieder beruht vor allem aus Austritten nach Mahnaktionen der Mitgliedsbeiträge.

### TOP 4 Bericht des Schatzmeisters

Der Schatzmeister C. Krellner berichtet, dass die Steuererklärung für den Zeitraum 2019-2021 erfolgt ist und dass die Gemeinnützigkeit der DGKK für weitere 3 Jahre (2022-2024) bewilligt wurde.

Der Kassenstand der DGKK betrug zum 31.12.2022:

Sparkasse Karlsruhe	: 4.319,01 €
Tagesgeldkonto	: 22.643,81 €
	<b>26.962,82 €</b>

Der Kassenstand hat sich im Vergleich zu 2021 um 7.412,30 € erhöht.

Die Einnahmen 2022 stammen zum einem aus den Mitgliedsbeiträgen sowie aus Einnahmen aus Anzeigen, welche wieder leicht angestiegen sind. Die Ausgaben 2022 waren etwas geringer, z.B. die Preisgelder nicht abgerufen wurden, die Rücklagen hierfür belaufen sich auf 9.000 €. Auch fanden 2022 nur wenige Veranstaltungen statt, so dass hierfür keine Zuschüsse abgerufen wurden. Die Hauptausgaben fielen für den Druck des Mitteilungsblattes an.

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

Der Bericht der Kassenprüfung wird von F.-M. Kießling gegeben. Es bestätigt eine korrekte Kassenführung, die Prüfung er-

gab keine Beanstandungen, und aus Sicht der Kassenprüfer sind alle Ausgaben notwendig und gerechtfertigt gewesen. Ein paar Rückfragen zwischen den Kassenprüfern und dem Schatzmeister erfolgten vorab per Email.

Er beantragt die Entlastung des Vorstandes. Der Antrag wird einstimmig unter Enthaltung des Vorstandes angenommen.

### TOP 6 Planung für 2023

C. Krellner stellt den Ansatz des Haushaltes 2023 vor, wobei für das kommende Jahr die geplanten Einnahmen vor allem aus den Mitgliedsbeiträgen und Anzeigen im Mitteilungsblatt erwartet werden. Für 2023 ist davon auszugehen, dass ein ausgewogener Haushalt vorliegen wird. Es wird erwartet, dass die Kosten zum Druck des Mitteilungsblattes aufgrund der Preisentwicklung und die Anstellung eines Studenten zur Unterstützung der Redaktion leicht steigen. Es wird kein Überschuss aus der DKT generiert, im Gegenteil, es ist ein Defizit zu erwarten, so dass hier ein Zuschuss von der DGKK erfolgen sollte. Es soll der Nachwuchs stärker gefördert werden, so soll ein neuer Schülerwettbewerb vor der DKT 2024 organisiert werden.

### TOP 7 Wahl des Vorstandes für die Zeit von 01.01.2024-31.12.2025

Wahlleiter ist W. Miller.

Er gibt einleitend einen Überblick über den Wahlvorschlag des Vorstandes. Der amtierende Vorstand stellt sich geschlossen zur Wiederwahl. Von Seiten der Mitgliedschaft sind keine weiteren Vorschläge vor der Mitgliedsversammlung eingereicht worden. W. Miller erläutert den Anwesenden den Wahlablauf, bevor die geheime Wahl stattfindet.

#### Wahl des 1. Vorsitzenden

**A. Erb** 36 Stimmen

Andreas Erb bedankt sich für das Vertrauen und nimmt die Wahl gern an.

#### Wahl des 2. Vorsitzenden

**T. Schröder** 34 Stimmen

Enthaltung 2 Stimmen

Thomas Schröder bedankt sich für das Vertrauen und nimmt die Wahl gern an.

#### Wahl des Schatzmeisters

**C. Krellner** 35 Stimmen

Enthaltung 1 Stimme

Cornelius Krellner bedankt sich für das Vertrauen und nimmt die Wahl gern an.

#### Wahl der Schriftführerin

**Ch. Frank-Rotsch** 34 Stimmen

Ungültig 1 Stimme

Enthaltung 1 Stimme

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

#### Wahl der drei Beisitzer

**S. Gruner** 36 Stimmen

**M. Rosch** 34 Stimmen

**J. Tonn** 34 Stimmen

J. Friedrich 1 Stimme

Gewählt wurden S. Gruner, M. Rosch und J. Tonn. Michael Rosch und Sebastian Gruner bedanken sich für das Vertrauen und nehmen die Wahl gern an. Justus Tonn hat zuvor mitgeteilt, dass er die Wahl annimmt.

## TOP 8 Wahl der Kassenprüfer

Die Wahl der Kassenprüfer erfolgt für die Dauer der Wahlperiode des gegenwärtigen Vorstandes gemäß §11 (13) bis 31.12.2025. Es lagen drei Vorschläge des Vorstandes zur Wahl vor.

<b>F. M. Kießling</b>	34	Stimmen
<b>E. Meißner</b>	34	Stimmen
<b>R. Sumathi</b>	32	Stimmen
<b>S. Schimmel</b>	1	Stimme - nimmt Wahl als vierte Kassenprüfer(in) an
M. Oezkent	1	Stimme - lehnt Amt ab
P. Gille	1	Stimme - lehnt Amt ab
M. Kabukcuoglu	1	Stimme - lehnt Amt ab
A. Jesche	1	Stimme - lehnt Amt ab
W. Miller	1	Stimme - lehnt Amt ab

Gewählt wurden gemäß Satzung **Frank M. Kießling, Elke Meißner, Radhakrishnan Sumathi** und **Saskia Schimmel**.

Der Wahlleiter W. Miller dankt den Helfern für die Unterstützung bei den Wahldurchführungen.

## TOP 9 Deutsche Kristallzüchtungstagung 2024 und 2025

Die DKT 2024 soll vom 6.-8. März 2024 in Erlangen stattfinden. J. Friedrich berichtet zum Stand der Vorbereitungen. Die Veranstalter der DKT 2024 werden gemeinsam die FAU und das IISB sein, wobei sie von P. Wellmann und J. Friedrich organisiert wird. Die DKT wird auch unter Thematik "50 Jahre Erlanger Kristalllabor" stehen, und es ist geplant, im Rahmen der DKT die Preisträger des Schülerwettbewerbs auszuzeichnen. Es ist geplant, dass das Treffen der jDGKK wieder im Vorfeld der DKT stattfindet.

## TOP 10 Abschließende Diskussion und Beschluss über die DKT 2025

Es wurde bereits 2022 vorgemerkt, **dass die DKT 2025 in Frankfurt/M. unter Organisation des Kristall- und Materiallabors der Goethe-Universität Frankfurt stattfinden könnte.**

**Dieser Vorschlag wurde von der Mitgliederversammlung einstimmig angenommen.** Der Termin ist voraussichtlich der 5.-7. März 2025, wird aber nach Bekanntgabe aller Messtermine nochmal geprüft. Es wurde angeregt und geplant, die DKT in Frankfurt/M. in enger Zusammenarbeit mit den französischen Kollegen zu organisieren, hierzu sind bereits erste positive Gespräche geführt worden.

Eine Fortführung der Zusammenarbeit mit anderen europäischen Kristallzüchtungsgesellschaften wird angestrebt, auch um die DKT wieder attraktiver zu gestalten und die Teilnehmerzahl zu stabilisieren. Für die DKT 2026 ist hierzu auch diskutiert worden und Karlsruhe als Veranstaltungsort vorgemerkt worden, wobei auch hier der Kontakt besonders zu den Schweizer Kollegen gesucht werden soll.

## TOP 11 Diskussion und Abstimmung zur Nutzung des Mitgliederverzeichnisses

C. Krellner stellt das seit ca. einem Jahr von der DGKK genutzte Portal "Easy Verein" zur Mitgliederverwaltung vor. Das Portal bietet nicht nur die Möglichkeit der Verwaltung der Mitgliederdaten durch den Vorstand sowie der Pflege der eigenen Daten durch das jeweilige Mitglied durch individuell geschützte Zugangsdaten, sondern es würde auch eine Suchfunktion anderer Mitglieder ermöglichen. Unter Berücksichtigung des Schutzes der persönlichen Daten und einem möglichen Fachaustausch wurde vorgeschlagen, folgende Informationen für andere DGKK-Mitglieder sichtbar zu machen:

- Name
- Bild (falls hochgeladen)
- E-Mail Adresse & homepage (falls angegeben)
- Interessen (falls angegeben)

Es wurde darauf hingewiesen, dass eine "Suche" nur für DGKK-Mitglieder möglich wäre und jedes Mitglied selbst entscheidet, mit welchen Informationen es gefunden werden möchte, ggf. ist jederzeit eine Löschung der Informationen durch die Mitglieder möglich.

Dieser Vorschlag wurde einstimmig angenommen.

## TOP 12 Berichte zu den DGKK – Arbeitskreisen

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

M. Heuken berichtet, dass der Arbeitskreis im Mai 2022 in Bremen wieder stattgefunden hat. Er erfreute sich guter Beteiligung mit einer großen Firmenausstellung. Der nächste Arbeitskreis ist für Dezember 2023 in Stuttgart geplant und wird von M. Jetter organisiert.

### *Arbeitskreis Massive Verbindungshalbleiter:*

Der Arbeitskreis traf sich im Oktober 2022 in Freiberg. J. Friedrich berichtet über den Arbeitskreis, der nach den pandemiebedingten Ausfällen sehr gut mit ca. 50 Teilnehmern besucht war. Das nächste Treffen soll am 4./5. Oktober 2023 in Erlangen stattfinden.

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

Der Arbeitskreis traf sich Oktober 2022 am IFW in Dresden, wo auch die Mitgliederversammlung 2022 stattfand. Das nächste Arbeitskreistreffen ist für den 28./29. September 2023 in Frankfurt/M. geplant.

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

Der Arbeitskreis trifft sich seit einigen Jahren gemeinsam mit den französischen Kollegen als "Deutsch-französischer Workshop über Oxid-, dielektrische und Laser-Einkristalle (WODIL)", der 11. WODIL Workshop fand im September 2022 in Villeurbanne (Frankreich) statt und der "12th German-French Workshop on Oxide, Dielectric and Laser single crystals (WODIL 2023)" soll am 21./22. September 2023 in Berlin stattfinden.

*Wachstumskinetik und Nanostrukturen:*

Der Arbeitskreis plant nach längerer Pause wieder aktiv zu werden und sich neu auszurichten. W. Miller berichtet, dass sich die Themen des Arbeitskreises um "Layer Transfer" und "Neue Physik" wie Quanteneffekte erweitern. Es ist bereits ein Arbeitskreistreffen "Growth Kinetics and Layer Transfer of ultrathin layers and 2D-materials" für den 6./7.11.2023 in Berlin angekündigt. Dieses Treffen wird am IKZ von J. Martin und O. Ernst organisiert.

*Simulation:*

L. Kadinski berichtet, dass sich im Vorfeld zur DKT 13 Teilnehmer zu einem "Workshop" zum Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Kristallzüchtung getroffen haben. Es wurde entschieden, den Arbeitskreis zukünftig mit zwei Bereichen weiterzuführen. L. Kadinski ist weiterhin der Ansprechpartner für Simulation, und L. Stockmeier wird als Ansprechpartner für den Bereich "Machine Learning (ML)" fungieren. Als nächste Treffen ist für ML ein Online-Treffen im Oktober 2023 geplant, und der Arbeitskreis trifft sich dann wieder in zeitlicher Nähe zur DKT 2024 in Erlangen in Präsenz.

*Junge DGKK:*

S. Gruner berichtet über das Treffen der jDGKK, welches im Vorfeld der DKT 2023 in Augsburg stattfand. Das nächste Treffen ist in Erlangen zur DKT 2024 geplant, auch sollen weitere gemeinsame Treffen mit der jDGK, wie im Oktober 2022 in Freiberg, durchgeführt werden. Hierbei soll aber ein Abstand von mind. 2 Jahren zwischen den gemeinsamen Treffen liegen.

**TOP 13 Verschiedenes**

Zur Ergänzung der Zusammenarbeit der DGKK mit der ENCG stellt W. Miller den Stand einer aktualisierten Datenerfassung von Akteuren auf dem Gebiet der Kristallzüchtung vor, wobei ein Analysetool beauftragt und gegenwärtig getestet wird. Diese Aktivität soll auch auf europäischer Ebene fortgeführt werden.

A. Erb schließt gegen 20 Uhr die Mitgliederversammlung und bedankt sich bei allen Anwesenden und hofft auf eine zahlreiche Teilnahme zur DKT 2024 in Erlangen.

Christiane Frank-Rotsch  
Schriftführerin der DGKK

Andreas Erb  
1. Vorsitzender der DGKK



## Identification of Different Polymorphic Forms

using Non-Destructive FT-IR Spectroscopy



Innovation with Integrity

- Unique Bruker FM technology
- MIR and FIR spectrum in one single scan
- Chemical identification and polymorphs differentiation in one measurement
- No exchange of any optical component



**Bruker Optics GmbH & Co. KG**  
info.bopt.de@bruker.com

[bruker.com/ftir-research](http://bruker.com/ftir-research)



• **Brochure:**  
Bruker FM



• **Application Note:**  
Differentiation of Polymorphs



## DGKK-Nachrichten

### Bericht vom Fest-Symposium zum 50. Jahrestag der Gründung der Niederländischen Kristallzüchter-Vereinigung (DACG), Amsterdam, 20.-22. März 2023

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

Unsere niederländischen Nachbarn sind ebenfalls in der Kristallzüchtung aktiv. Personen wie Piet Bennema (Wachstums-oberflächen), Piet Hartman (Kristallmorphologie) und Jan P. Van Der Eerden (atomare Wachstumstheorie) haben unsere Disziplin in den letzten 50 Jahren mitgeprägt. Nach ersten Gesprächen 1970 hat sich die Nederlandse Vereniging voor Kristalgroei (NVKG, englisch DACG) 1972 gegründet.



Fig. 1: Logo der niederländischen Gesellschaft (<https://dacg.nl/>).

Nach der Corona-bedingten Auszeit wurde im März 2023 die Festveranstaltung zum 50. Jahrestag der Gründung nachgeholt. Im Science Park Amsterdam haben sich ca. 70 Kristallzüchter zu einem dreitägigen Symposium getroffen. Organisator und designierter IOCG-Präsident Prof. Elias Vlieg hatte nicht nur die niederländischen Kollegen, sondern auch Kristallzüchter aus den Nachbarländern eingeladen. Alle sprachen durchgehend Englisch! Und ich hatte die Ehre, dort die Grüße der DGKK zu überbringen und unsere Züchtung von Oxid-Volumenkristallen vorzustellen.



Fig. 2: Intensive Diskussionen in der Kaffeepause. (Foto: DACG)

So eine Tagung ermöglicht in erster Linie das Kennenlernen und den Austausch, und es wurde mit langen Kaffeepausen und einem Abendprogramm auch wirklich viel Gelegenheit dazu geboten. Wirklich beeindruckend fand ich aber die fachliche Ausrichtung, die sich so sehr von der Deutschen

Kristallzüchertagung unterscheidet: Die niederländische universitäre Forschung scheint auf Kristallisationsphänomene fokussiert zu sein – eventuell auch dem industriellen Salzabbau durch Solespülung in der Twente (Hengelo) geschuldet, wie von Bart Zwijnenburg (Nobian) in einem schönen Übersichtsvortrag berichtet wurde. Daneben gibt es auch Forschung zu Energiethemen und zur Medikamentenherstellung, während Arbeiten zu Volumenkristallen und Halbleitern (mangels nationaler Industrie?) nicht vertreten waren.



Fig. 3: Die Organisatoren: Prof. Elias Vlieg (Radboud Univ.), Prof. Noushine Shahidzadeh (Univ. Amsterdam), Rose Pham (Univ. Amsterdam), Prof. Burak Eral (Delft Univ. of Technology). (Foto: DACG)

Ich konnte also eine Menge über das Kristallwachstum von Kochsalz, Bariumsulfat, Natriumiodat, Aminosäuren und anderen organischen Molekülen lernen! Außerdem berichteten z.B. Arie van Houselt (University of Twente) über die Kinetik und atomaren Vorgänge bei der eutektischen Erstarrung und Paul Tinnemans (Radboud University) über die Betrachtung von Phasengrenzen-Instabilitäten mittels Röntgenverfahren. Vikram Korede und Nagaraj Nagalingam (Delft University of Technology) zeigten uns, wie man mit Laserpulsen die Kristallisation aus Lösungen steuert, und Menno Demmenie (University of Amsterdam), warum die Flaschenform praktisch keine, die Ausgangstemperatur der Flasche aber sehr wohl eine Rolle spielt, wenn wassergefüllte Glasflaschen im Gefrierschrank platzen.

Dazu kamen die eingeladenen "ausländischen" Vorträge von Kimberly Dick Thelander (Lund, Schweden) über die in-situ-Beobachtung des Stufenflusswachstums von Nanodrähten, Marjatta Louhi-Kultanen (Aalto, Finnland) über den Einfluss der Viskosität auf die industrielle Kristallisation organischer Stoffe, Marc Prat (Toulouse, Frankreich) über die Entwicklung von Salzkrusten bei Wasserverdunstung in poröser Umgebung, Sally Price (London, UK) über die Vorhersage u.a. der Bildung der 13 (!) polymorphen Formen von 5-Methyl-2-

[(2-nitrophenyl)amino]-3-thiophencarbonitril (genannt "ROY") und Michael Zaworotko (Limerick, Irland) über aktuelle metallorganische Gerüstverbindungen (MOFs) in Kristallform für verschiedenste Anwendungen. Was es nicht alles gibt!

In dieser Form und auch aufgrund der perfekten Organisation und der sehr herzlichen Atmosphäre war das Fest-Symposium eine sehr gelungene Veranstaltung, die ich in bester Erinnerung behalten werde.



Fig. 4: Gruppenfoto am Eingang des Amsterdam Science Park. (Foto: DACG)

## Verleihung des Humboldt-Forschungspreises an Prof. Kookrin Char mit IKZ als gastgebendes Institut

News des IKZ, Berlin, 3. April 2023

**Professor Kookrin Char von der Seoul National University (Südkorea) hat einen der hochgeschätzten Humboldt-Forschungspreise 2023 für seine herausragenden Arbeiten auf dem Gebiet der oxidischen Heteroepitaxie und Heterostrukturen erhalten.**



Verleihung des Humboldt-Forschungspreises an Prof. Kookrin Char (rechts im Bild) durch Prof. Robert Schlögl, Präsident der Humboldt-Stiftung (Foto: Humboldt-Stiftung)

Mit dem Preis werden "Forscher ausgezeichnet, deren grundlegende Entdeckungen, neue Theorien oder Erkenntnisse ihr Fachgebiet über ihr unmittelbares Forschungsgebiet hinaus nachhaltig beeinflusst haben und von denen darüber hinaus auch in Zukunft herausragende Forschungsleistungen zu erwarten sind". Die Alexander von Humboldt-Stiftung würdigt Kookrin Char mit der Auszeichnung als einen der

international anerkannten und führenden Pioniere auf dem Gebiet der Oxide und der damit verbundenen Elektronik. Er ist Forschungspartner des IKZ und engagiert sich im Rahmen des Leibniz-WissenschaftsCampus GraFOx (Growth and Fundamentals of Oxides for Electronic Applications).

Die Preisverleihung fand vom 23. bis 26. März 2023 in Bamberg im Rahmen eines Symposiums für die Forschungspreisträger statt, das den Preisträgern die Möglichkeit bot, sich untereinander und die Mitarbeitenden der Stiftung kennenzulernen.

Professor Char wurde vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung nominiert und freut sich auf seinen Forschungsaufenthalt am Institut im Jahr 2023 und darüber hinaus. Obwohl die Auszeichnung bereits in 2021 erfolgte, verhinderte die Pandemie bislang die Reise. Nun freut sich Kookrin auf den Besuch beim IKZ und seinen Partnern aus dem GraFOx-Netzwerk, um die erfolgreiche Zusammenarbeit und den Austausch fortzusetzen.

Kontakt:  
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), [www.ikz-berlin.de](http://www.ikz-berlin.de)



# SILTRONIC BIETET EFFIZIENTE WAFERLÖSUNGEN FÜR WELTWEITE INNOVATIONEN

- Wir sind einer der Top 5–Hersteller von Siliziumwafern für die Halbleiterindustrie.
- Wir stehen für technologische Innovation, Qualität und Flexibilität.
- Wir sind in Ihrem Smartphone, Ihrem Auto oder auch Ihrem Laptop zu finden.
- Wir sind kompetenter Partner aller Top 20–Halbleiterhersteller.
- Wir besitzen ein Netzwerk von modernsten Fertigungslinien in Europa, Asien und Amerika.

## Dreidimensionale Abbildung von Gitterdefekten in Einkristallen

News des IKZ, Berlin, 1. März 2023

**Eine Kombination von X-ray Diffraction Laminography (XDL) und Laser-Streulicht-Tomographie (LST) ermöglicht eine effektivere Charakterisierung der räumlichen Verteilung von Kristalldefekten.**

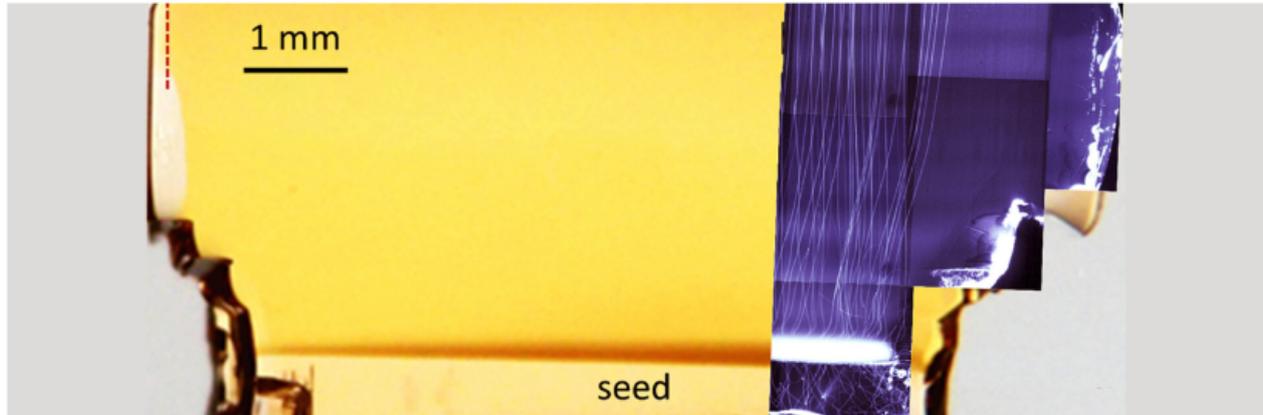


Abb. 1: Querschnitt durch den Wafer des AlN-Einkristalls, der am IKZ durch physikalischen Gasphasentransport (PVT) gezüchtet wurde. Der rechte Teil zeigt eine Überlagerung mit monochromatischer Röntgentopographie der 1-100-Reflexion. Der Keim ist unten in etwas hellerer Farbe zu sehen. (Foto: IKZ)

Moderne Analysemethoden erlauben ein besseres Verständnis der Bewegung von Liniendefekten in Volumenkristallen. Liniendefekte oder "Versetzungen" sind ein häufig beobachtetes Phänomen und stellen eine Abweichung von der sonst strengen atomaren Ordnung des Kristallgitters dar. Diese Gitterfehler beeinflussen sowohl die mechanischen, elektrischen und optischen Eigenschaften der Kristalle als auch ihr Wachstum. Um hochwertige Kristalle zu züchten, ist es daher wichtig, das Entstehen von Versetzungen zu verstehen und ihre Dichte zu regulieren. Auch wenn es von der konkreten Anwendung abhängt, wirken sich Versetzungen in den meisten Fällen nachteilig auf die Kristalleigenschaften aus.

Sobald eine Versetzung im Kristall vorliegt, kann sie nicht einfach an einem Punkt enden, sondern durchzieht den Kristall, bis sie dessen Oberfläche erreicht. Versetzungen können sich jedoch ab einer gewissen Temperatur, angetrieben durch innere mechanische Spannung, im Kristall bewegen. Diese Bewegung findet nicht in beliebiger Richtung statt, sondern folgt grundlegenden kristallographischen Regeln, die sich aus den zugrundeliegenden atomaren Mechanismen (sog. "Klettern" oder "Gleiten") ergeben. Die Beeinflussung dieser Versetzungsbewegung stellt daher einen möglichen Ansatz zur Verringerung der Versetzungsdichte dar.

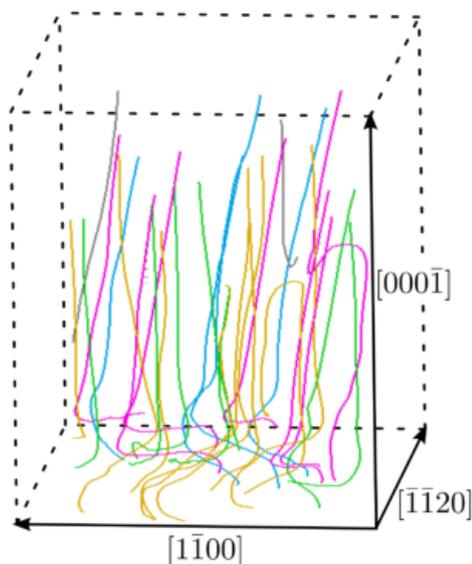


Abb. 2: 3D-Rekonstruktion der Linienvläufe der Versetzungen über der Ankeim-Grenzfläche auf Basis der in Abb. 1 gezeigten Laminographie-Daten. Verschiedene Burgers-Vektoren sind farblich gekennzeichnet. (Foto: IKZ)

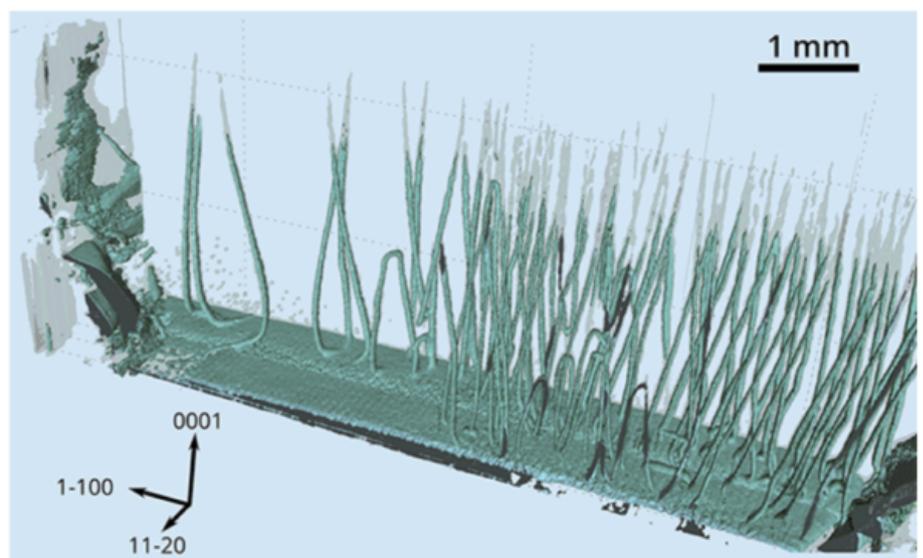


Abb. 3: Laser-Streulicht-Tomogramm des Kristalls aus Abb. 1. Die gleichen Versetzungen wie in Abb. 2 sind sichtbar, jedoch für einen größeren Teil des Kristalls. Kristallografische Richtungen sind eingezeichnet. (Foto: IKZ)

Dreidimensionale (3D) Bildgebung von Versetzungslinien kann einen wertvollen Einblick in die Mechanismen der Entstehung und die Dynamik von Versetzungen geben und so Rückschlüsse auf den Wachstumsprozess erlauben.

Dies wurde jüngst in einer gemeinsamen Veröffentlichung von Wissenschaftlern des IKZ und des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) gezeigt. Durch Nutzung von 3D-Röntgenbildgebung unter Beugungskontrast wurden der 3D-Linienverlauf sowie die Burgersvektoren der Versetzungen in einem Aluminiumnitrid (AlN)-Einkristall rekonstruiert, der mittels physikalischer Gasphasenabscheidung auf einem Keim am IKZ (T. Straubinger/Aluminiumnitrid-Kristallzüchtung) gewachsen wurde (Abb. 1) [1].

Die verwendete Methode, XDL (engl. X-ray diffraction lamigraphy), erfordert einen intensiven, parallelen sowie monochromatischen Röntgenstrahl, wie er nur an Synchrotron-Strahlungsquellen (hier PETRA-III, Beamline P23, Hamburg) verfügbar ist. Hochpräzise Mechaniken sind außerdem nötig, um die Rotation der Probe um einen bestimmten Gittervektor zu ermöglichen. Der so gewonnene Zugang zu 3D-Informationen erlaubt eine Rekonstruktion des beleuchteten Volumens unter Nutzung etablierter Algorithmen.

Eine weniger aufwändige Methode, um 3D-Informationen

zu erhalten, ist die Laser-Streulicht-Tomographie (LST), welche am IKZ zuletzt weiterentwickelt wurde. Während XDL die Verzerrungsfelder um Versetzungen abbildet, basiert die Kontrastentstehung bei LST auf der Dekoration von Versetzungen mit Punktdefekten, was eine lokale Änderung des Brechungsindex zur Folge hat. Das dadurch gestreute Laserlicht wird durch eine Kamera aufgezeichnet. Über Nutzung eines fein fokussierten Strahls und durch Abrastern der Probe werden direkt die 3D-Verteilung der Punktdefekte und damit auch dekorierte Versetzungslinien abgebildet (Abb. 2,3). Ein Nachweis undekorierter Versetzungen ist in der Praxis zwar nicht möglich, LST ist jedoch als Methode wesentlich zeitsparender und erlaubt die Vermessung vergleichsweise großer Volumina. Die Kombination aus LST und Röntgenbildgebung ist daher ein besonders effektiver Ansatz, um die räumliche Verteilung von Defekten zu charakterisieren.

[1] T. Straubinger et al., Dislocation Climb in AlN Crystals Grown at Low-Temperature Gradients Revealed by 3D X-Ray Diffraction Imaging, *Crystal Growth & Design* 23, 1538 (2023). <http://doi.org/10.1021/acs.cgd.2c01131>

Kontakt: Dr. Carsten Richter und Dr. Tobias Schulz  
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), [www.ikz-berlin.de](http://www.ikz-berlin.de)



**3-5 Power Electronics GmbH**

Gostritzer Str. 61 – 63,  
01217 Dresden  
Tel.: +49 (0)351 8728200,  
Fax: +49 (0)351 8728202  
E-Mail: [info@3-5pe.com](mailto:info@3-5pe.com)

## Der Spezialist für directWide-Band Gap Dioden

Anwendungsorientierte Entwicklung von Gallium Arsenid Leistungshalbleitern

Durchbruchspannungen 400V – 1700V  
Stromtragfähigkeit bis 100A pro Chip

Hoher Wirkungsgrad Bestes Preis/Leistungsverhältnis

Herstellungsverfahren und Bauelemente Weltweit patentiert



## Inbetriebnahme einer neuen Epitaxie-Anlage zum Wachstum von kernspinfreien Quantenmaterialien auf Basis von Silizium und Germanium

News des IKZ, Berlin, 6. April 2023

**Neue Molekularstrahlepitaxie-Anlage für das Wachstum von kernspinfreiem Silizium und Germanium wurde erstmalig in Betrieb genommen, um die Grenzen der Materialeigenschaften für Quantentechnologien auszureizen.**



Abb. 1: Neu in Betrieb genommenen Molekularstrahlepitaxie-Anlage zum Wachstum von  $^{28}\text{Si}$ - und  $^{76}\text{Ge}$ -Heterostrukturen, zusammen mit der SiGe-basierten Quantenmaterialien-Gruppe: Dr. Kevin Peter Gradwohl (links), Maximilian Oezkent und Yujia Liu (rechts). (Foto: IKZ)

Silizium (Si) und Germanium (Ge) sind die Arbeitspferde der modernen Halbleitertechnologie, welche im Laufe jahrzehntelanger wissenschaftlicher und technologischer Entwicklung fortgeschrittene Bauteilherstellungsprozesse für extrem reine Materialien hervorgebracht hat. Dieses enorme Know-how, zusammen mit der Möglichkeit isotonenangereichertes Si und Ge, völlig frei von Isotopen mit Kernspins, herzustellen, machen diese auch für Anwendungen in der Quantentechnologie äußerst interessant [1,2].



Abb. 2: Dünne kernspinfreie  $^{76}\text{Ge}$ -Schicht, gewachsen auf einem 4-Zoll Durchmesser (001)Si-Wafer in der neuen Molekularstrahlepitaxie-Anlage. (Foto: IKZ)

Kernspins in Si und Ge stören Quantenzustände, und ihre Abwesenheit versprechen nützliche Quantentechnologien in unmittelbarer Reichweite. Das IKZ forscht seit Jahrzeh-

ten an der Verarbeitung, Reinigung und Züchtung solcher kernspinfreier Si- und Ge-Volumenkristallen (HYPERLINK1, HYPERLINK2) und hat sich zu einem weltweit führenden Kompetenzzentrum auf diesem Gebiet entwickelt. Diese einzigartigen Materialien werden nun als Quellenmaterial in einer kürzlich in Betrieb genommenen Molekularstrahlepitaxie (MBE) - Anlage für die Entwicklung neuartiger Quantenmaterialien verwendet, welche in Abb. 1 zu sehen ist. Hier werden das angereicherte Si und Ge unter Ultrahochvakuumbedingungen mit weniger als einem Billionstel einer Atmosphäre (10-11 mbar) verdampft, um dünne Schichten auf Si-Wafern zu züchten, wie z.B. in Abb. 2 zu sehen ist.

Das Alleinstellungsmerkmal dieser Anlage ist die Verwendung von ausschließlich isotonenangereichertem Si und Ge, wodurch die Präsenz von natürlichen Isotopen vermieden wird, und sie damit die weltweit erste und einzige kernspinfreie MBE-Anlage darstellt. Die Maschine stellt eine Gesamtinvestition von 1,2 Millionen Euro dar und umfasste eine Planungs- und Bauzeit von über drei Jahren. Mit der Inbetriebnahme dieser Maschine und der Gründung einer neuen Nachwuchsforschungsgruppe "SiGe-basierte Quantenmaterialien und Heterostrukturen" positioniert sich das IKZ strategisch für die langfristige Entwicklung und das Benchmarking einer neuen Generation von Materialien, um den Anforderungen neuartiger Quantenanwendungen gerecht zu werden. Das IKZ wird seine Expertise zu isotonenangereichterten SiGe-Quantenheterostrukturen für die Zusammenarbeit in gemeinsamen F&E-Projekten mit interessierten Partnern anbieten; des Weiteren wird es auch möglich sein, solche Materialsysteme durch das IKZ Service & Transfer auf Basis von Vollkostenrechnung käuflich zu erwerben.

[1] Liu, Yujia, et al. "Role of critical thickness in SiGe/Si/SiGe heterostructure design for qubits." *Journal of Applied Physics* 132.8 (2022): 085302. DOI:10.1063/5.0101753

[2] Gradwohl, Kevin-P., et al. "Strain relaxation of Si/SiGe heterostructures by a geometric Monte Carlo approach." *physica status solidi, Rapid Research Letters* (2023): 2200398. DOI:10.1002/pssr.202200398

Kontakt:

Dr. Kevin-Peter Gradwohl (Nachwuchsforschungsgruppe "SiGe-basierte Quantenmaterialien und Heterostrukturen")

## Verleihung des IKZ International Guest Fellowship Award 2023 "Freestanding Functional Oxide Films" an Prof. Nini Pryds

News des IKZ, Berlin, 3. Mai 2023

**Der IKZ International Guest Fellowship Award 2023 wird dieses Jahr an Prof. Nini Pryds von der Technischen Universität Dänemark (DTU) für seine maßgeblichen Beiträge auf dem Gebiet der Manipulation von freistehenden Perowskitschichten verliehen.**

Oxide bieten – abhängig von Zusammensetzung und Struktur – viele verschiedene funktionale Eigenschaften, die sich gezielt durch Gitterverspannungen, Bildung von Heterointerfaces oder Stöchiometrieabweichungen beeinflussen lassen. Die Herstellung und Stapelung von freistehenden Oxidmembranen ermöglicht die Entwicklung einer innovativen Plattform für unterschiedliche Materialien und Materialkombinationen mit neuartigen Eigenschaften, jenseits der Möglichkeiten der klassischen Heteroepitaxie. Das IKZ beschäftigt sich seit 3 Jahren mit der Herstellung und Stapelung solcher freistehenden kristallinen Schichten.

Mit dem IKZ International Guest Fellowship Award 2023 soll ein international renommierter Wissenschaftlicher aus dem neu aufkommenden Forschungsgebiet der freistehenden dünnen Oxidschichten geehrt, und eine internationale Zusammenarbeit mit dem IKZ auf diesem Gebiet etabliert werden. Der diesjährige Preisträger ist Prof. Nini Pryds von der DTU, ein international anerkannter Wissenschaftler auf dem Gebiet der dünnen Perowskitschichten. Er hat herausragende Beiträge zu neuen Disziplinen wie "Nanoionik" und "Iontronik" geleistet, die sich mit dem Entwurf und der Kontrolle von grenzflächenbezogenen Phänomenen in schnellen ionischen und elektronischen Leitern befassen. Seit geraumer Zeit beschäftigt sich Prof. Nini Pryds auch mit Synthese, Transfer und Charakterisierung von freistehenden kristallinen Oxidschichten.



Prof. Nini Pryds von der Technischen Universität Dänemark präsentiert den wissenschaftlichen Vortrag zu seinem IKZ Fellowship 2023 Award. (Foto: IKZ)

Im Rahmen des Workshops "Freestanding Functional Thin Films", der am 24.4.2023 im IKZ stattfand, wurde die Auszeichnung und das Preisgeld überreicht. Das Programm bot neben der Preisverleihung an Prof. Nini Pryds auch mehrere Vorträge zu dem Thema und die Möglichkeit zur Diskussion über gemeinsame zukünftige Kooperationen und Forschungsanträge.

Weitere Informationen:

Jutta Schwarzkopf, Jens Martin  
(Abteilung Nanostrukturen & Schichten)

## Mitglieder 2023, erste Jahreshälfte

Wir begrüßen seit dem 22.11.2022 als neue Mitglieder (Stand 19.05.2023):

### Neumitglieder / Privatpersonen:

Frau Prof. Anna Böhmer	Ruhr-Universität Bochum
Herrn Constantin Buyer	AIM Infrarot-Module GmbH Heilbronn
Herrn Christopher Griesbeck	Surfacenet Rheine
Herrn Dr. Jens Martin	Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin
Frau Isabella Peracchi	Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin
Herrn Aravind Subramanian	Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin

## ERC Grant zur Entwicklung von Open-Science-Lehrmittel für die Kristallzucht

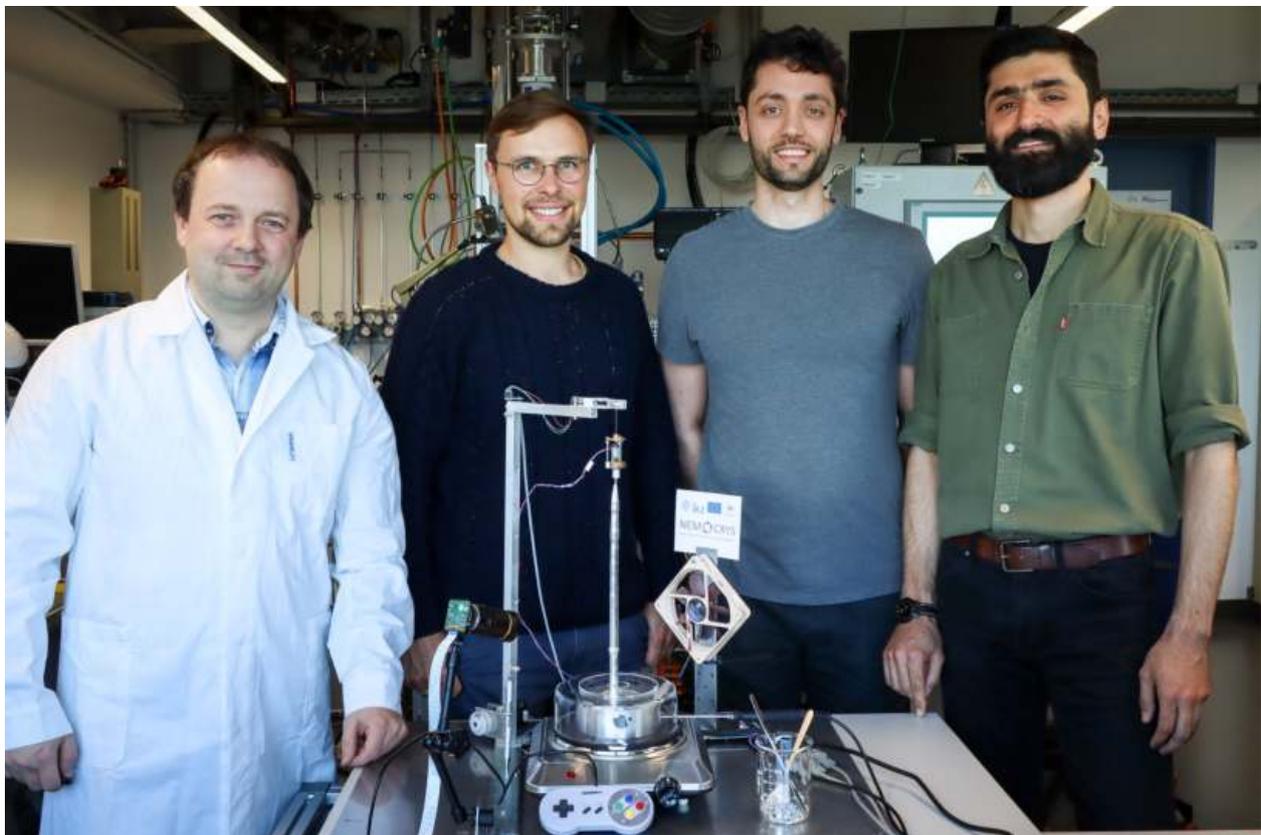
Pressemitteilung des IKZ, Berlin, 24. Mai 2023

**Zum ersten Mal geht ein renommierter Proof of Concept Grant des Europäischen Forschungsrats (ERC) an einen Wissenschaftler im Forschungsverbund Berlin e.V. Das Projekt „Hands-on Materials Science for Education“ (HANDSOME) von Dr. Kaspars Dadzis am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) erhält 150.000 Euro für die Entwicklung leicht verfügbarer Lehrmittel für die Materialwissenschaft. Das neue Projekt baut auf dem ERC Starting Grant auf, mit dem Dadzis und sein Team seit 2020 einen neuen Ansatz zur Modellierung von Kristallzüchtungsprozessen entwickeln.**

Kristalline Materialien sind für das moderne Leben unabdingbar. Kristallzüchtungsprozesse für neuartige Materialien weiterzuentwickeln, ist nach wie vor eine wichtige Herausforderung in der Materialwissenschaft und im Ingenieurwesen. Außerhalb spezialisierter Forschungskreise und Unternehmen ist die Kristallzüchtung jedoch nach wie vor ein wenig bekanntes Thema. Selbst in der akademischen Welt, wo Kristalle von Forschenden für eine Vielzahl von Zwecken genutzt werden, ist das Bewusstsein für die faszinierende Wissenschaft, die hinter der Herstellung von kristallinen Materialien steht, gering. Mit dem HANDSOME-Projekt wollen Dadzis und sein Team die Kristallzüchtung der breiten Öffentlichkeit näherbringen und die Integration dieses Themas in den unterschiedlichsten Bildungsbereichen unterstützen. „Wir möchten das Bewusstsein für die Herausforderungen und Perspektiven der modernen Materialwissenschaft schärfen und mehr

junge Talente für das spannende Feld der Kristallzüchtung begeistern“, so Dadzis.

Ein wichtiger Meilenstein des Projekts ist die Entwicklung eines neuartigen praxisnahen Versuchsaufbaus zur Demonstration des sogenannten Czochralski-Verfahrens. Diese in der Industrie weit verbreitete Technologie wird z. B. bei der Herstellung von Siliziumkristallen für Computerchips eingesetzt. Der Grundgedanke des HANDSOME-Demonstrationskits ist es, dass bei sorgfältiger Konzeption des Prozesses die physikalischen Phänomene, die die Züchtung von Siliziumkristallen bei Temperaturen von über 1400°C in hochentwickelten Öfen unter Vakuum bestimmen, im Wesentlichen die gleichen sind wie bei Zinnkristallen, die bei etwa 230°C auf einer Kochplatte an Raumluft gezüchtet werden. Messungen und Beobachtungen mit Zinn durchzuführen, ist jedoch deutlich einfacher,



Die Forschungsgruppe „Modellexperimente“ in ihrem Labor am IKZ. Vor ihnen steht ein Prototyp der Demonstrations-Versuchsanordnung zur Kristallzüchtung. Von links nach rechts: Kaspars Dadzis, Arved Wintzer, Iason Tsiapkis, Sepehr Froushani. (Foto: K. Dadzis)

günstiger und sicherer, was für leicht verfügbare Lehrmittel sehr nützlich ist. Anhand praktischer Experimente mit Zinn als Modellmaterial lassen sich physikalische Phänomene wie Energieübertragung, Flüssigkeitsströmung, Schmelzen und Erstarren darstellen – Aspekte, die sowohl im Physikunterricht als auch im täglichen Leben eine Rolle spielen.

Seit er 2020 die Forschungsgruppe „Modellexperimente“ gegründet hat, zu der auch ein eigenes Forschungslabor gehört, sind einfache Tischexperimente fester Bestandteil von Dadzis' Arbeit am IKZ. Diese Experimente dienen als Vorstufe für die Versuchsaufbauten, mit denen er und sein Team umfangreiche Daten zu Kristallzüchtungsprozessen sammeln. Auf Basis dieser Messdaten entwickeln sie eine neue Generation von Kristallzüchtungssimulationen, bei denen die zugrundeliegenden Modellierungsannahmen nicht nur postuliert, sondern rigoros validiert werden. Die beiden Doktoranden des Teams, Arved Wintzer und Iason Tsiapkinis, arbeiten an Simulationen für verschiedene moderne Züchtungstechniken mit einem breiten Spektrum an physikalischen Phänomenen – vom Wärme- und Stofftransport in der Schmelze bis hin zu Spannungen in den Kristallen. Dr. Sepehr Froushani entwickelt neuartige Messtechniken, zum Beispiel zur Überwachung und Optimierung der Energieeffizienz von Züchtungsanlagen.

In dem neuen Projekt wird ein robuster und modularer Tisch-Aufbau mit kostengünstigen Komponenten entwickelt, der in erster Linie für Lehrzwecke bestimmt ist. Ein Alleinstellungsmerkmal des HANDSOME-Kits wird der Open-Science-Ansatz sein: für den gesamten Versuchsaufbau inklusive Prozesssteuerung und Messtechnik werden ausschließlich frei verfügbare Hardware-Komponenten sowie Open Source Software verwendet. Das Projektteam geht davon aus, dass dieses neuartige Lehrmittel für verschiedene Schulen, für naturwissenschaftliche und technische Lehrveranstaltungen an Universitäten, aber auch für Wissenschaftskommunikation und Öffentlichkeitsarbeit geeignet sein wird. Verschiedene Institutionen haben bereits ihr Interesse bekundet, mit dem IKZ-Team bei der Entwicklung des Kits zusammenzuarbeiten und die Prototypen in ihre Bildungsaktivitäten zu integrieren.

### Die ERC-Förderlinie Proof of Concept (PoC)

Der Europäische Forschungsrat (ERC) hat die 66 Empfänger der ersten Runde der diesjährigen Ausschreibung zum Proof of Concept Grant bekannt gegeben. Diese Förderung ist Teil des EU-Forschungs- und Innovationsprogramms „Horizon Europe“. Von der Entwicklung einer neuen Methode zur Detektion von Weltraummüll über die Vorstellung eines künstlichen Bodens zur Bestimmung des Nährstoffbedarfs von Pflanzen bis hin zur Entwicklung einer kostengünstigen und zuverlässigen Methode zur Erkennung von Eierstockkrebs – das PoC-Programm unterstützt Forschende der unterschiedlichsten Disziplinen. Die Forscher nutzen diese Art der Finanzierung, um die Praxistauglichkeit wissenschaftlicher Konzepte zu prüfen, Geschäftsmöglichkeiten zu erkunden oder Patentanmeldungen vorzubereiten. Das PoC-Förderprogramm wendet sich ausschließlich an Forschende, die bereits vom ERC gefördert werden oder wurden. Die Förderung dient dazu, das Innovationspotenzial der Erkenntnisse zu erkunden, die im Rahmen eines Starting-, Consolidator-, Advanced- oder Synergy- Grant-Projekts gewonnen wurden.

Weiterführende Informationen: <https://erc.europa.eu/apply-grant/proof-concept>

### Der Europäische Forschungsrat (ERC)

Der ERC, der 2007 von der Europäischen Union gegründet wurde, ist die wichtigste europäische Förderorganisation für exzellente Grundlagenforschung. Er fördert Projekte kreativer Forschender aller Nationalitäten und jeden Alters in ganz Europa. Der ERC bietet vier Hauptförderlinien an: Starting Grants, Consolidator Grants, Advanced Grants und Synergy Grants.

Weiterführende Informat.: <https://erc.europa.eu/homepage>

Ansprechperson:

Dr. Kaspars Dadzis, Tel. +49 (0)30 6392 2830

E-Mail: [kaspars.dadzis@ikz-berlin.de](mailto:kaspars.dadzis@ikz-berlin.de)

Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ),

Sektion Fundamentale Beschreibung/

Nachwuchs-Forschungsgruppe „Modellexperimente“

## DGKK-Personen

### Jubilare

Wir gratulieren herzlich zum Geburtstag:

Herrn Prof. Dr. Peter Görnert, Jena

zum 80. Geburtstag

Herrn Dr. Wolfgang Löser, Dresden

zum 75. Geburtstag

## DGKK Junge Forscherinnen und Forscher

### Die Entnetzung im Sinne der Kristallzüchtung

Owen Ernst, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin

#### Die Flüssigphase in der Kristallzüchtung

Die Entnetzung von Wasser auf einem Lotosblatt ist eines der ältesten Sprachbilder. Bereits vor über 2200 Jahren fand sie nachweislich schriftliche Erwähnung in der Bhagavadgita, einer spirituell philosophischen Offenbarungsschrift des Hinduismus, und stellt nach heutigem Wissensstand die älteste schriftlich erwähnte Materialinstabilität dar. Vom Morgentau bis zum abendlichen Weinglas begegnen uns Be- und Entnetzungsphänomene tagtäglich (Abb. 1).



Abb. 1: Links, Lotos-Effekt: Tropfen perlen von einem Blatt ab, so dass es scheinbar vom Wasser unberührt bleibt. Rechts, Marangoni-Effekt: In Weingläsern bildet sich ein flüssiger Kranz, der sich zu Tropfen zusammenzieht. Die Strukturen werden in der Önologie als Kirchenfensterchen bezeichnet. (Bild: IKZ)

Aber auch in der Kristallzüchtung werden wir regelmäßig mit Problemen konfrontiert, die ihren Ursprung in Be- und Entnetzung haben [1]. Bedeckt der Meniskus den Impfkristall? Steigt die Schmelze am Tiegelrand hoch? Ist die epitaktisch gewachsene Schicht bei hohen Temperaturen stabil oder zerfällt sie in eine Vielzahl an Tropfen?

Insbesondere bei der Flüssigphasenepitaxie, also dem Wachstum epitaktischer Schichten aus einer Lösung, und ihrer ausgefallenen Spielart der VLS-Methode (Vapour-Liquid-Solid) stehen Be- und Entnetzungsphänomene im Fokus (Abb. 2). Bei VLS werden Schmelztropfen, häufig nur 10-100 nm im Durchmesser, auf einer kristallinen Unterlage aufgebracht. Als Beispiel wählen wir Gold-Nanotropfen auf einer Silizium(100)oberfläche. Platziert man dieses System in eine Germanium-Atmosphäre, bspw. innerhalb einer MBE-Kammer, lösen sich Ge-Atome aus der Gasphase in den flüssigen Au-Tropfen.

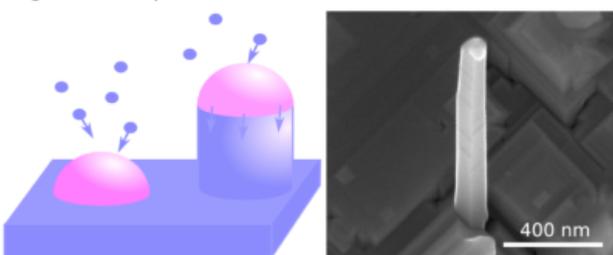


Abb. 2: VLS-Methode: Bestandteile der Gasphase lösen sich in Tropfen (links). Wird eine Übersättigung erreicht, kann sich gelöstes Material epitaktisch an der Grenzfläche zum Substrat abscheiden. Ein Nanodraht wächst (rechts). (Bild: IKZ)

Die Ge-Konzentration steigt bis zur Übersättigung. In Konsequenz scheidet sich Ge epitaktisch an der Si/Au-Grenzfläche ab. Nanodrähte wachsen. Durchmesser, Anzahl und Länge der Drähte hängen maßgeblich von den Eigenschaften der Tropfen ab. Um diese zu kontrollieren, muss verstanden werden, wie die Tropfen genau entstehen.

#### Au auf Si: Tropfen verstehen & Keimbildung ausschließen

Klassische Entnetzung ist ein physikalisches Phänomen, welches der Minimierung der Freien Helmholtzenergie dient. Ober- und Grenzflächenenergien, interatomare Wechselwirkungen und die Schichtdicke (bzw. Tropfenhöhe) sind die maßgeblichen Faktoren, welche die Energie beeinflussen. Strebt die Funktion zu höheren Schichtdicken, dann bilden sich Tropfen. Liegt das Minimum bei geringeren Schichtdicken, benetzt das System. Die klassische Gibbs'sche Keimbildung ist ein konkurrierender Prozess, der leicht mit Entnetzung verwechselt werden kann. Auch hier bilden sich Inseln oder Tropfen. Diese entstehen jedoch nicht aus dem Zerfall einer vorherigen Schicht, sondern wachsen von Beginn an. Bei der Keimbildung treffen sich Individualteilchen, bauen Bindungen auf oder lösen sich voneinander. Tieferen Temperaturen führen zu geringerer Diffusionslänge und damit zu einer größeren Anzahl an kleinen Inseln (Abb. 3a). Bei der Entnetzung ist das Gegenteil der Fall. Solange nicht von anderen Effekten überdeckt, bspw. Oswald-Reifung, führt Entnetzung bei tieferen Temperaturen zu weniger Tropfen höheren Durchmessers. Grund hierfür ist, dass die Atome nicht als Individuen agieren, sondern innerhalb einer bestehenden Schicht ein Ensemble bilden. Das Ensemble schwingt. Tieferen Temperaturen führen zu geringeren Frequenzen, weniger Wellenbergen innerhalb der Oszillation, und somit zu weniger Tropfen. Um ein solches kollektives Verhalten zu initiieren, muss eine genügend hohe Temperatur erreicht werden, welche durchaus unter der Schmelztemperatur des Materials liegen kann (Festphasen-Entnetzung).

Die klassische (spinodale) Entnetzung findet in mehreren Stufen statt: Zuerst liegt eine flache Schicht vor. Diese beginnt durch thermische oder äußere Einflüsse zu schwingen. Unter energetisch günstigen Voraussetzungen kann sich die Oszillation selbst verstärken. Erreichen die Täler der Schwingung das Substrat, stabilisieren sich die Täler und weiten sich aus. Die Tropfen entstehen dort, wo sich aufgestautes Material trifft.

Nanosekundenlaserpulse können genutzt werden, um die einzelnen Phasen sichtbar zu machen (Abb. 3b) [2]. Unter Ausnutzung der Energie- und daraus resultierenden Temperaturverteilung innerhalb der Laserpunkte ist es uns gelungen, die einzelnen Stufen der spinodalen Entnetzung nebeneinander zu generieren. Die scharfen Grenzen zwischen den Stufen überraschten uns, da sie auf diskrete Aktivierungsbarrieren zwischen den Stufen hindeuten, die unseres Wis-

sens nie empirisch nachgewiesen werden konnten. Da die Energieverteilung des Lasers und die Absorptionsstärke des

Substrats bekannt sind, konnten wir die Aktivierungsbarrieren quantifizieren.

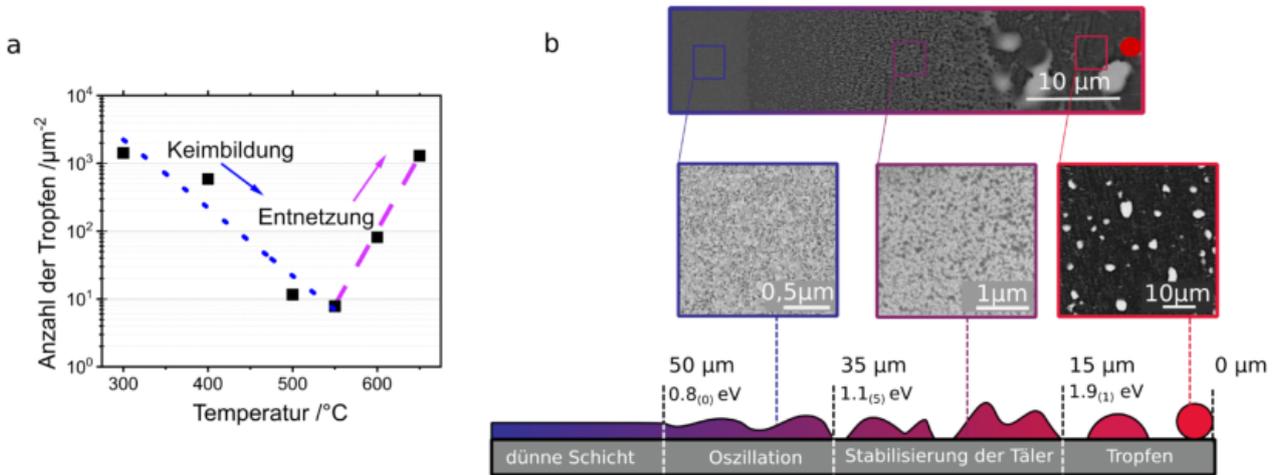


Abb. 3: (a) Ab einer kritischen Temperatur wird Keimbildung durch Entnetzung abgelöst. Hier: Au auf  $\text{SiO}_2$ ,  $T_{\text{krit}}=550^\circ\text{C}$ . (b) Durch Laserexperimente konnten die Stufen der Entnetzung sichtbar gemacht werden. Oben: SEM-Draufsicht. Im Zentrum des Laserpunktes (rote Markierung) läuft die Entnetzung vollständig ab. Daneben konnten die verschiedenen Stufen identifiziert werden. Unten: Schematische Abbildung des spinodalen Entnetzungsmechanismus mit den Abständen zum Laserzentrum und den berechneten Aktivierungsbarrieren. Hier: Au auf Si. (Bild: IKZ)

**In auf Mo: Ein neuer Mechanismus wird nötig**

Der Theorie klassischer Entnetzung folgend, sollten Indiumschichten auf Molybdän stabil sein. Trotzdem bilden sich Tropfen, wenn im Laborexperiment Mo-Substrate mittels PVD mit In beschichtet werden. Nicht allein die bloße Existenz der In-Tropfen, sondern auch ihre Eigenschaften sind untypisch. Sie bilden sich nur in engen Temperaturkorridoren und nur auf nanoskopisch angerauten Substraten. Ihre Gestalt besitzt eine hohe Temperaturabhängigkeit, welche über die von klassischer Entnetzung, Keimbildung oder Hysterese-Effekten weit hinaus geht. Bei den klassischen Phänomenen wird die Gestalt der Tropfen vom Benetzungswinkel bestimmt. Bei den untypischen In-Tropfen auf Mo ist dies nicht der Fall. Statt-

dessen besitzen sie eine scheinbar vordefinierte Höhe. Diese Eigenschaften zu erklären, machte es nötig, einen neuen Mechanismus zu postulieren.

Die Funktion der flächennormierten Freien Helmholtz-Energie für In auf Mo besitzt für geringe Schichtdicken einen steilen, positiven Anstieg, der sich für höhere Schichtdicken abflacht (Abb. 4). Zerfällt ein Energiezustand auf dieser Funktion in zwei Zustände, dann sinkt die Gesamtenergie, da der Energieverlust für den Zustand geringerer Schichtdicke (Z1) höher ist als der Energiegewinn für den Zustand höherer Schichtdicke (Z2). Während sich Z1 dem thermodynamischen Minimum annähert, entfernt sich Z2 zunehmend. Es entsteht also ein energetisches Ungleichgewicht zwischen den Subsystemen Z1 und Z2.

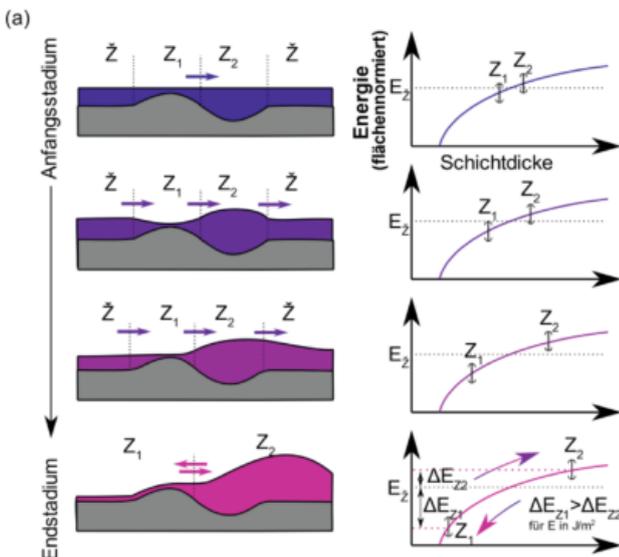


Abb. 4: Neuer Mechanismus: Eine Rauheit im Substrat führt zu Schichtdickenschwankungen und energetischen Unterschieden (Z1/Z2). Aufgrund der Form der Energiefunktion sinkt die Energie von Z1 stärker als Z2 ansteigt. Materialtransfer  $Z1 \rightarrow Z2$  ist für das Gesamtsystem energetisch günstig. Jedoch entfernt sich Z2 zunehmend vom Minimum. (Bild: IKZ)

Alein über die Senkung der Gesamtenergie im System kann die atypische Entnetzung von In auf Mo phänomenologisch nicht erklärt werden. Empirische Untersuchungen zeigten, dass die In-Schicht bei  $500^\circ\text{C}$  erst ab einer Schichtdicke von 17 nm zerfällt. Woher stammt dieser diskrete Wert? Zudem entfernen sich Z1 und Z2 nicht unendlich weit voneinander. Z2, der Tropfenzustand, bildet In-Höhen von etwa 2  $\mu\text{m}$  aus. Z1, das Areal zwischen den Tropfen, formt eine durchgängige Benetzungsschicht von etwa 2 nm. Energetisch existiert kein Grund, weshalb Z1 nicht bis auf 0 nm, dem energetischen Minimum, herabsinken sollte. Die Ursache hierfür vermuten wir in der Entropie des Systems. Die Entropiefunktion von In-Schichten auf Mo besitzt eine Besonderheit: sie weist einen Hochpunkt auf (Abb. 5). Schichtwachstum über diesen Hochpunkt hinaus ist mit einem Entropieverlust verbunden, der dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik widerspricht. Es ist kein Zufall, dass dieser Hochpunkt bei 17 nm liegt, der empirisch ermittelten Schichtdicke für den Zustandszerfall. Das System hat keine andere Wahl als zwei separate Zustände, Z1 und Z2, zu bilden. Die Zustandsvervielfachung führt zu

zwei Effekten, die zeitlich parallel ablaufen. Zum einen wird ein Entropieguthaben gebildet, welches dem Entropieanstieg durch Bildung zweier Zustände entspricht. Das Guthaben beträgt  $S = k N_A^{-1} \ln Z = 5.76 \text{ J/mol K}$  ( $S$  – Entropie,  $k$  – Boltzmannkonstante,  $N_A$  – Avogadrokonstante,  $Z$  – Anzahl gebildeter Zustände).

Zum anderen verändern die gebildeten Zustände Z1 und Z2 ihre Schichtdicken, um die Gesamtenergie im System zu senken. Dabei entfernen sie sich jedoch zunehmend vom Hochpunkt der Entropie. Um den Entropieverlust auszugleichen, wird das Entropieguthaben aufgebraucht. Die Schichtdicke von Z1 kann daher nur so weit sinken, bis sich sein Entropiewert um  $S=5.76 \text{ J/mol K}$  vom Hochpunkt entfernt hat.

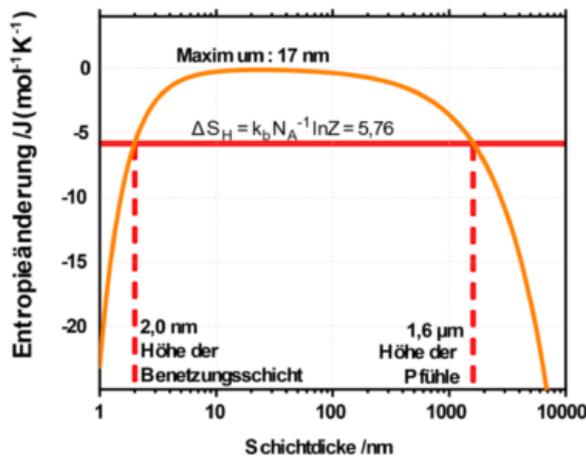


Abb. 5: Die Entropiefunktion für In auf Mo besitzt einen Hochpunkt bei 17 nm. Eine Verdopplung der Anzahl der Zustände ( $Z=2$ ) kann ein Entropieguthaben von  $5.76 \text{ J/molK}$  gebildet werden. Dieses Guthaben ermöglicht eine Veränderung der Schichtdicken der neuen Zustände weg vom Hochpunkt. (Bild: IKZ)

Gleiches gilt für den Anstieg der Tropfenhöhe in Z2. Diese Hypothese ist nur tragfähig, solange die Bildung des Entropieguthabens und ihr Verbrauch simultan erfolgen. Das Konzept des energetischen Ungleichgewichts, welches sich aufgrund eines "Entropieverbrauchs" einstellt, ist nicht neu.

"Ungleichgewicht ernährt sich von negativer Entropie", Erwin Schrödinger, Was ist Leben? 1942

Wir taufen den postulierten Mechanismus *dissipative Entnetzung* in Anlehnung an die Entropie-getriebenen dissipativen Strukturen im Nichtgleichgewicht, für deren Beschreibung Ilya Prigogine 1977 den Chemie-Nobelpreis verliehen bekam.

### Ungleichgewicht birgt Symmetrie

Andere Beispiele, bei denen Zustände ein energetisches Ungleichgewicht aufbauen oder außerhalb des thermodynamischen Gleichgewichts existieren, zeigen eine Tendenz zur Symmetriebildung. Bénard-Zellen in einseitig stark erhitzten Flüssigkeiten, die Belousov-Zhabotinsky-Reaktion (chemische Uhr/oszillierende Reaktion) oder auch viele Prozesse, die das Leben selbst ermöglichen, gehören dazu. Daher versuchten wir dissipative Entnetzung zu nutzen, um symmetrische Tropfenmuster selbstorganisiert und mit möglichst wenig Oberflächenpräparation zu generieren. Hierfür modifizierten wir das Molybdänsubstrat an einzelnen Punkten, an denen sich Tropfen bilden sollten. Wir senkten die quadratische

Rauheit lokal von  $\pm 3 \text{ nm}$  auf  $\pm 1 \text{ nm}$  ab. Da die Entnetzung nur an den rauen Bereichen initiiert wird, bleiben die Tropfen lokal auf den glatten Punkten zurück. Auf diese Weise erzeugten wir regelmäßige Muster mit  $40 \times 40 = 1600$  angeordneten In-Tropfen (Abb. 6). Im Gegensatz zu den oben genannten Beispielen muss diese Symmetrie auf Makroebene durch leichte Systemmodifikation von außen vorgegeben werden. Trotzdem lässt sich festhalten, dass es durch dissipative Entnetzung möglich ist, benetzende Systeme zur Entnetzung zu zwingen. Die Entropie nötigt das System zu einem Regimewechsel. Das resultierende Ungleichgewicht zwischen den Zuständen kann genutzt werden, um eine symmetrische Tropfenstruktur künstlich zu erschaffen.

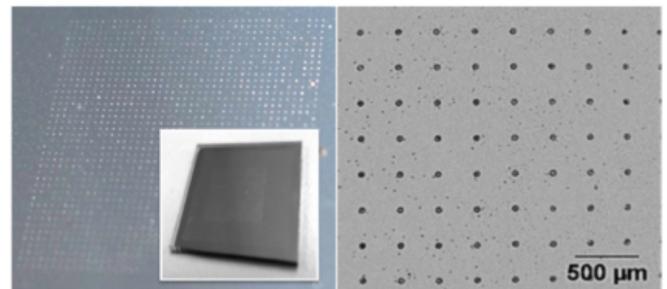


Abb. 6: Durch leichte Oberflächenpräparationen konnten regelmäßige Muster von  $40 \times 40$  In-Tropfen auf Mo erzeugt werden. (Bild: IKZ)

### Die Zukunft liegt in der Epitaxie

Über ausgewählte Kristallzüchtungsmethoden, insbesondere Flüssigphasenepitaxie und VLS, kann mithilfe von Erfahrung und Wissen über Entnetzungsphänomene mehr Kontrolle gewonnen werden. Auch die Bildung von regelmäßigen Tropfenmustern, welche im Nichtgleichgewicht erzeugt werden können, bietet Potential für lokal definiertes Kristallwachstum und neue Kristallzüchtungsmethoden mit Möglichkeit zur bottom-up Strukturierung.

Eine weitere Chance sehe ich in der Übertragung der hier gezeigten Nichtgleichgewichtsmechanismen in die Welt der Epitaxie. Die energetischen Unterschiede zwischen Frank-van der Merwe- und Volmer-Weber-Wachstum, also Schicht- oder Insel-Bildung in der Epitaxie, sind denen zwischen Benetzung und Entnetzung sehr ähnlich. Somit könnte es im Nichtgleichgewicht möglich sein, epitaktisches Insel-Wachstum zu erzwingen, wo im Gleichgewicht sonst nur Schichtwachstum möglich ist. Durch geschickte Modifikation von Materialparametern könnten im Ungleichgewicht regelmäßige, weitläufige Muster hochkristalliner Nanoinseln epitaktisch erzeugt werden. Noch ist dies jedoch nur ein Gedankenspiel.

[1] Owen C Ernst, Yujia Liu, Torsten Boeck „Leveraging dewetting models rather than nucleation models: current crystallographic challenges in interfacial and nanomaterials research“, Zeitschrift für Kristallographie-Crystalline Materials 237 (2022)

[2] Owen C Ernst, David Uebel, Stefan Kayser, Felix Lange, Thomas Teubner, Torsten Boeck „Revealing all states of dewetting of a thin gold layer on a silicon surface by nanosecond laser conditioning“, Applied Surface Science Advances 3 (2021)

## Growth and Characterization of Epitaxial Gallium Oxide Films

Ta-Shun Chou, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin

Over the past decade,  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> emerged as a promising candidate for next-generation high-power and high-frequency applications beyond 4H-SiC and GaN<sup>[1]</sup>. Owing to its ultra-wide bandgap of approximately 4.5 to 4.9 eV and a high theoretical breakdown field strength of about 7 to 8 MVcm<sup>-1</sup>,  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> exhibits an up to ten-times higher Baliga's figure-of-merit (BFOM) than 4H-SiC and an up to four-times higher BFOM than GaN and, therefore, shows great potential to outperform its already established technological counterparts. The high estimated breakdown field allows for a more compact design with miniaturized device dimensions and a reduced minimum thickness of the low/medium-doped drift layer, leading to low on-resistance in high-power devices. Furthermore, the availability of  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> high-quality single crystal substrates grown by various melt growth techniques such as the Czochralski method and edge-defined film-fed growth (EFG) allows for homoepitaxial growth and future mass production of  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> based high-power devices at low cost compared with SiC and GaN.

methods have reported the investigation of homoepitaxial  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films. Among them, the metalorganic vapour-phase epitaxy (MOVPE) technique is the preferred growth method for industrial applications due to its advantages of high growth rates and the capability for mass production and homogenous growth of large wafers. In the current work, we present our results from the MOVPE growth process of (100)  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> to fulfill the mentioned epitaxy requirement of the vertical device.

Homoepitaxial  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films via MOVPE with a smooth surface and excellent electrical properties have been reported on the (010) and the (100) planes. From a practical point of view, the (100) plane should be preferred since it is a perfect cleavage plane of  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> with the lowest surface energy. However, obtaining high-quality (100)  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is challenging, which needs misoriented substrates and the proper growth condition to achieve desirable step-flow morphology giving the optimal properties in terms of structural quality (minimal defect density) and electrical properties (high carrier mobility) as shown in Fig. 1. Following the classical Burton-Cabrera-Frank (BCF) theory, the step-flow morphology can be achieved when the effective diffusion length of the surface adatoms and the surface step width are comparable. However, it turns out that achieving step-flow morphology and maintaining step-flow morphology are two different "Knowhows". As shown in Fig. 2a and b, the step-flow morphology is unstable under a high O<sub>2</sub>/Ga ratio condition while growing above a certain thickness (300 nm in this case), and an undesired surface roughening occurs, which significantly degrades the film quality (low carrier mobility).

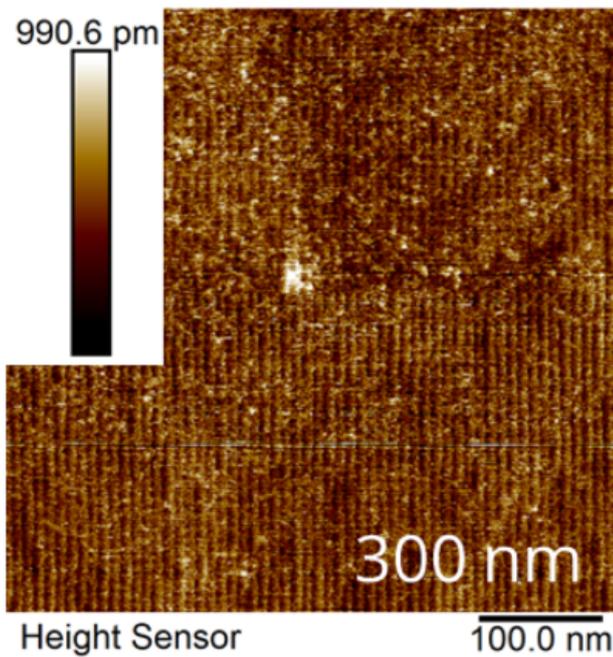


Fig. 1: AFM images of a 300 nm thick homoepitaxial (100)  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin film grown with a step-flow morphology. (Fig.: IKZ)

To better exploit the promising breakdown field strength of  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> the vertical device structure is getting more attention due to two obvious advantages: (1) less sensitive to the surface states and (2) breakdown voltage scaling up without chip area increasing (by increasing the drift layer thickness). Fabricating such vertical power electronic devices sustaining hundreds to thousands of Volts requires a high-quality epitaxial layer acting as the drift layer, which usually requires a film thickness of several  $\mu$ m (or thicker) and a low doping level down to 10<sup>15</sup> to 10<sup>16</sup> cm<sup>-3</sup> regime. Different deposition

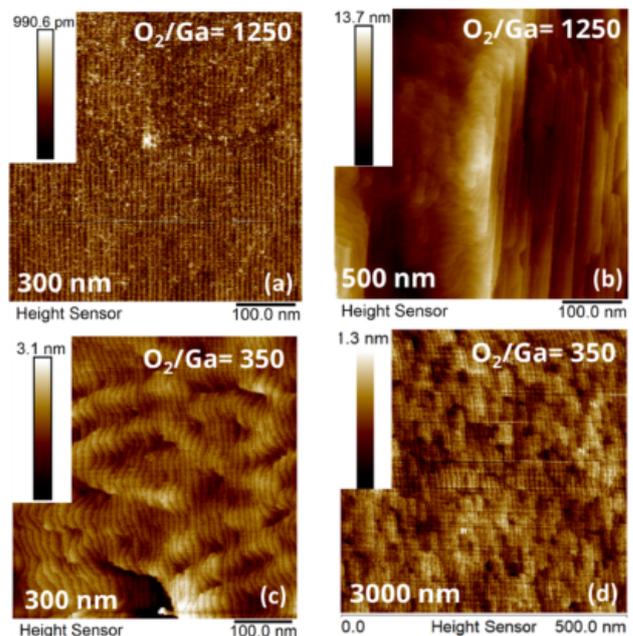


Fig. 2: AFM images of  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film with different thicknesses on (100) oriented  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> substrates under an O<sub>2</sub>/Ga ratio of 1250: (a) 300 nm and (b) 500 nm, and under an O<sub>2</sub>/Ga ratio of 350: (c) 300 nm and (d) 3000 nm. (Fig.: IKZ)

On the contrary, a low  $O_2/Ga$  ratio condition is beneficial to maintain the step-flow morphology even at the  $\mu\text{m}$ -level thickness, as shown in Fig. 2c and d. Two plausible mechanisms are applied to explain such an improvement. First, with a low  $O_2/Ga$  ratio, a stronger capillary diffusion is induced on the surface of the step edge to minimize (or balance) the influence of the random fluctuation on the step shape caused by the adatom attachment to the step edge. In plain text, the step has a stronger capability to remain straight. Second, it has been reported in the GaN community that a higher coverage of Ga helps to reduce the Schwöbel barrier at the step edge and promotes the interchange of Ga adatoms between the step terrace, which enhances the step stability and helps to maintain the step-flow morphology during the growth<sup>[2]</sup>.

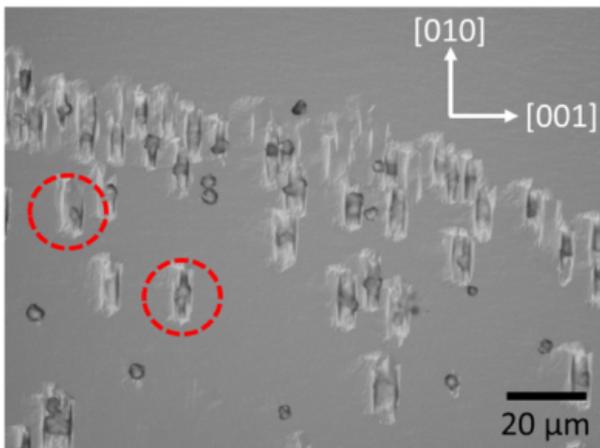


Fig. 3: Zoom-in light microscopy image of the parasitic particles and the induced defects. (Fig.: IKZ)

However, morphology instability is not the only issue towards thick (100)  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  films. It has been observed that parasitic particles form on the film surface while growing thicknesses above  $1.5\ \mu\text{m}$  to  $2\ \mu\text{m}$ , as shown in Fig. 3. Such particles has an average diameter of  $2\ \mu\text{m}$  which can be easily seen under conventional light microscopy as black dots and undesired structural defects are also induced by those particles, as highlighted by the red circles in Fig. 3. Once the particles are observed on the film surface, the quality of the film degrades in terms of a significant drop in carrier mobility. Characterized by the Energy Dispersive X-Ray Analysis (EDX), the nature of the particles is actually  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ , which suggests that the origin of the parasitic particle might be the product of gaseous pre- or side-reactions due to the unreacted precursors in the chamber. Two possible strategies are proposed to minimize the formation probability of particles: (1) shortening the flight distance of the precursor by closing the gap (from 8 cm to 1.5 cm) between the precursor injecting showerhead and the substrate and (2) increasing the total flowing gas into the chamber to dilute the local concentration of precursor. By combining both proposed strategies, the density of parasitic particles is largely reduced without sacrificing the film quality, which allows us to demonstrate the first MOVPE-grown  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  film up to  $4\ \mu\text{m}$  with a high carrier mobility above

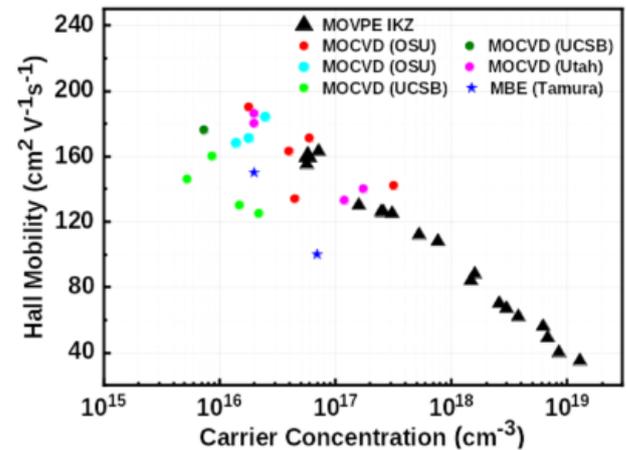


Fig. 4: The electron Hall mobility of films grown on (100)  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  substrate as a function of carrier concentration (black closed triangles). Other symbols show results from the literature. (Fig.: IKZ)

$160\ \text{cm}^2/\text{Vs}$  at a doping level of  $5.7 \times 10^{16}\ \text{cm}^{-3}$  (room-temperature result). A comparison of our results with the literature can be found in Fig. 4<sup>[3,4]</sup>.

With the above results, the first (100)  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ -based enhancement-mode<sup>[5]</sup> vertical device has been demonstrated based on the film from our developed growth process. With a nominal drift layer of 950 nm (after all necessary etching processes) and a doping level of  $5.7 \times 10^{16}\ \text{cm}^{-3}$ , the fabricated device shows a breakdown voltage of up to 290 V. This breakdown voltage corresponds to an average breakdown strength of around  $2.7\ \text{MV cm}^{-1}$ , which is already much higher than all lateral devices based on (100)  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  in the literature (as an additional comparison, the critical breakdown fields of SiC and GaN are  $2.5\ \text{MV cm}^{-1}$  and  $3.3\ \text{MV cm}^{-1}$ , respectively). Even though more research is still required for the growth process and the device fabrication development, the potential of  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  in high-power electronic applications have been revealed at this early stage.

## References:

- [1] J. Rehm, T.-S. Chou, S. Bin Anooz, A. Fiedler, Z. Galazka, and A. Popp, Appl. Phys. Lett. 121, 240503 (2022).
- [2] T.-S. Chou, P. Seyidov, S. Bin Anooz, R. Grüneberg, T. Thi Thuy Vi, K. Irmischer, M. Albrecht, Z. Galazka, J. Schwarzkopf, and A. Popp, AIP Adv. 11, 115323 (2021).
- [3] T.-S. Chou, P. Seyidov, S. Bin Anooz, R. Grüneberg, J. Rehm, T.T.V. Tran, A. Fiedler, Z. Galazka, M. Albrecht, and A. Popp, Jpn. J. Appl. Phys. 62, SF1004 (2023).
- [4] T.-S. Chou, P. Seyidov, S. Bin Anooz, R. Grüneberg, M. Pietsch, J. Rehm, T.T.V. Tran, K. Tetzner, Z. Galazka, M. Albrecht, K. Irmischer, A. Fiedler, and A. Popp, Appl. Phys. Lett. 122, 052102 (2023).
- [5] K. Tetzner, M. Klupsch, A. Popp, S. Bin Anooz, T.-S. Chou, Z. Galazka, K. Ickert, M. Matalla, R. Unger, E.B. Treidel, M. Wolf, A. Trampert, J. Würfl, and O. Hilt, Jpn. J. Appl. Phys. 62, SF1010 (2023).

## 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.

### 1. Vorsitzender

Prof. Dr. Andreas Erb  
Walther-Meißner-Institut für Tieftemperaturforschung  
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften  
Walther-Meißner-Straße 8, 85748 Garching  
Tel.: 089 / 2891 4228  
E-Mail: andreas.erb@wmi.badw.de

### 2. Vorsitzender

Prof. Dr. Thomas Schröder  
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)  
Max-Born-Str. 2, 12489 Berlin  
Tel.: 030 / 6392 3001  
E-Mail: thomas.schroeder@ikz-berlin.de

### Schatzmeister

Prof. Dr. Cornelius Krellner  
Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Physikalisches Institut, Campus Riedberg  
Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt/Main  
Tel.: 069 / 798-47295  
E-Mail: krellner@physik.uni-frankfurt.de

### Schriftführerin

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

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

### Beisitzer

Sebastian Gruner  
Freiberger Compound Materials GmbH  
Am Junger-Löwe-Schacht 5, 09599 Freiberg  
Tel.: 03731 /  
E-Mail: Sebastian.Gruner@freiberger.com

Michael Rosch  
Freiberger Compound Materials GmbH  
Am Junger-Löwe-Schacht 5, 09599 Freiberg  
Tel.: 03731 / 280 181  
E-Mail: michael.rosch@freiberger.com

Dr. Justus Tonn  
Siemens Healthcare GmbH  
Siemensstraße 1, 91301 Forchheim  
Tel.: 0173 / 541 7465  
E-Mail: justus.tonn@siemens-healthineers.com

### Bankverbindung:

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

### Redaktion:

Dr. Anton Jesche  
Universität Augsburg, Institut für Physik  
Tel.: 821 / 598 3659  
Fax: 821 / 598 3652  
E-Mail: redaktion@dgkk.de

### Anzeigen:

Michael Rosch  
Freiberger Compound Materials GmbH  
Tel.: 03731 / 280 181  
E-Mail: anzeigen@dgkk.de

### 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

### Redaktionsschluss:

24. Mai 2023  
ISSN 2193-374X (Druck)  
ISSN 2193-3758 (Internet)  
Gesetzt mit pdfL<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

### Internetredaktion:

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

E-Mail: internet.redaktion@dgkk.de

Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)

Tel.: 030 / 6392 3093

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. Sie können sich über die Internetseite der DGKK online anmelden. Dort finden Sie auch die DGKK Stichwortliste.

### Anzeigenpreise:

Die Anzeigenpreise gelten pro Anzeige in Abhängigkeit von der Größe und sind Brutto-Preise. Bitte wenden Sie sich bei Interesse an die Redaktion.

Anzahl Anzeigen	Grundpreis GP		GP mit Bearb.-Gebühr	
	1/1 Seite	1/2 Seite	1/1 Seite	1/2 Seite
1	288,00 €	135,00 €	316,80 €	148,50 €
4	234,00 €	108,00 €	257,40 €	118,80 €

## 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@fau.de

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

Sprecherin: Dr. Sabine Wurmehl  
 Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW), Helmholtzstraße 20, 01069 Dresden  
 Tel.: (0351) 4659-519 E-Mail: s.wurmehl@ifw-dresden.de

### Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik

Sprecher: Dr. Klaus Dupré  
 Electro-Optics Technology GmbH, 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 SE, Dornkaulstr. 2, 52134 Herzogenrath  
 Tel.: (2407) 9030 154 Fax: (2407) 9030 125 E-Mail: m.heuken@aixtron.com

### Ultradünne Schichtsysteme, Wachstumskinetik und Layer-Transfer

Sprecher: Dr. Owen C. Ernst (Bereich Ultradünne Schichtsysteme)  
 Sprecher: Dr. Wolfram Miller (Bereich Wachstumskinetik)  
 Sprecher: Dr. Jens Martin (Bereich Layer-Transfer)  
 Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Max-Born-Str. 2, 12489 Berlin  
 Tel.: (030) 6392 3051 Fax: (030) 6392 3003 E-Mail: owen.ernst@ikz-berlin.de  
 Tel.: (030) 6392 3074 Fax: (030) 6392 3003 E-Mail: wolfram.miller@ikz-berlin.de  
 Tel.: (030) 6392 2857 Fax: (030) 6392 3003 E-Mail: jens.martin@ikz-berlin.de

### Simulation in der Kristallzüchtung

Sprecher: Dr. Lev Kadinski (Bereich Simulation)  
 Sprecher: Dr. Ludwig Stockmeier (Bereich Machine Learning)  
 Siltronic AG  
 E-Mail: lev.kadinski@siltronic.com, E-Mail: ludwig.stockmeier@siltronic.com

## Tagungskalender

### 2023

- **30. Juli – 4. August 2023**  
 20<sup>th</sup> Int. Conf. on Crystal Growth and Epitaxy  
**Neapel (Italien)**
- **21. – 22. September 2023**  
 12<sup>th</sup> German-French Workshop on Oxide,  
 Dielectric and Laser Crystals (WODIL 2023)  
**IKZ, Berlin**
- **28. – 29. September 2023**  
 DGKK-Arbeitskreis "Intermetallika"  
**Frankfurt/M.**
- **4. – 5. Oktober 2023**  
 DGKK-Arbeitskreis "Massive Halbleiterkristalle",  
**Erlangen**
- **Oktober 2023**  
 DGKK-Arbeitskreis "Simulation",  
 Bereich "Machine Learning",  
**online**
- **6. – 7. November 2023**  
 DGKK-Arbeitskreis "Ultradünne Schichtsysteme,  
 Wachstumskinetik und Layer-Transfer",  
**IKZ, Berlin**
- **Dezember 2023**  
 DGKK-Arbeitskreis "Epitaxie von III-V-Halbleitern",  
**Stuttgart**

### 2024

- **5. März 2024**  
 Junge DGKK (jDGKK)  
**Erlangen**
- **6. – 8. März 2024**  
 Deutsche Kristallzüchtungstagung (DKT 2024),  
**Erlangen**



# SCIDRE

SCIENTIFIC INSTRUMENTS DRESDEN GMBH

## Instruments and Services for Materials Science

- Crystal Growth Furnaces
- Pre- and Post-Processing Tools
- Sample Analysis Instruments
- Utilization of Equipment Ideas
- Cryo Technologies

Examples of instruments and furnaces for crystal growth:



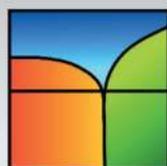
A-HSO  
Advanced  
High Pressure  
Oxygen Furnace  
(200 bar O<sub>2</sub>)



HKZ  
High Pressure  
High Temperature  
Optical Floating  
Zone Furnace



LKZ  
High Pressure  
High Temperature  
Laser Floating  
Zone Furnace



## DRESDEN MATERIALS

- An accessible joint lab for crystal growth and materials research -  
State-of-the-art equipment for sample preparation,  
crystal growth and sample analysis available  
for your application in Dresden

Sample Preparation

Synthesis and  
Crystal Growth

Sample Analysis



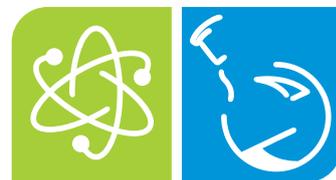
Reserve time slots and make your experiment with our technical support  
Save your money and lab space by renting instead of purchasing  
Collaborative on-demand access to cutting-edge equipment  
Test new parameters for your samples and processes  
Details and reservations: [www.dresden-materials.de](http://www.dresden-materials.de)

Scientific Instruments Dresden GmbH  
Gutzkowstraße 30  
01069 Dresden, Germany

Web page  
E-mail  
Phone

[www.scidre.de](http://www.scidre.de)  
[info@scidre.de](mailto:info@scidre.de)  
+49 (0)351 8422 1470

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 Tel.: + 49 (0) 7 21 - 9 33 81 40  
D-76137 Karlsruhe info@chempur.de

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