

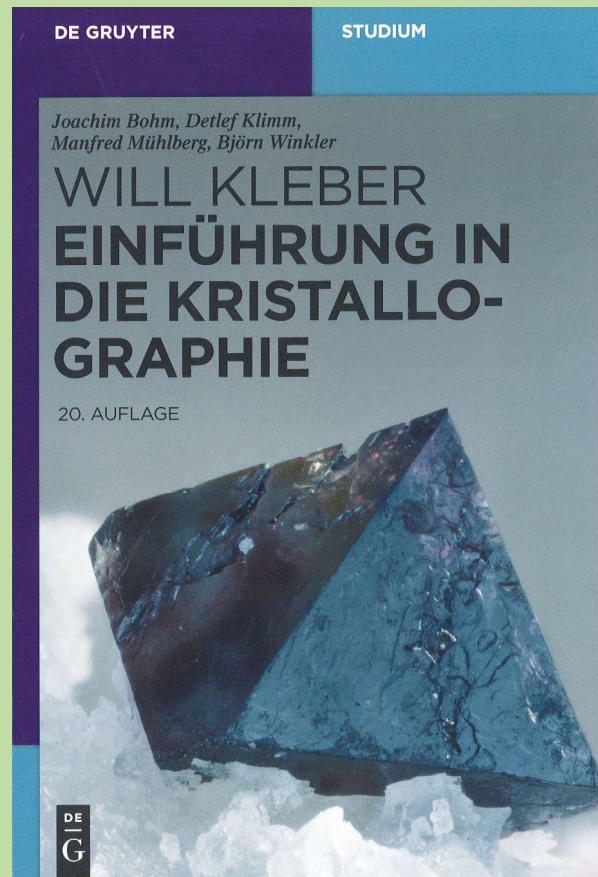


ISSN 2193-374X

Mitteilungsblatt
Nr. 118 / 2024



Deutsche Gesellschaft
für Kristallwachstum und
Kristallzüchtung e.V.



Inhaltsverzeichnis

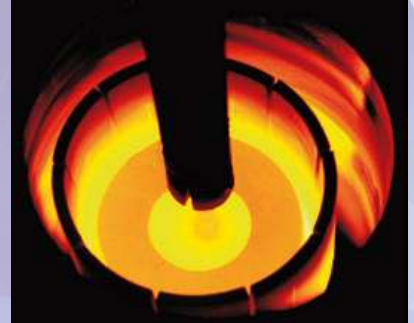
Der Vorsitzende / Editorial	3
DGKK intern	5
DGKK Nachrichten	10
DGKK Personen	21

SurfaceNet

Crystals



Crystal Puller

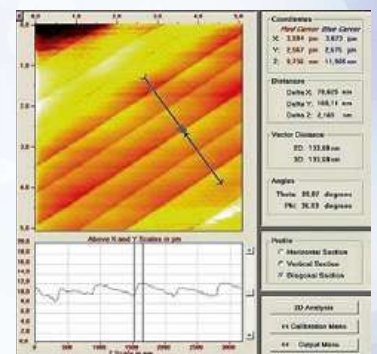


Wafers



Substrates Custom Parts

Analytical Services



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,

auch die Arbeitskreise haben in diesem Herbst erfolgreich stattgefunden. Wir nähern uns mit Riesenschritten dem neuen Jahr 2025 und der Jahrestagung DKT 2025 in Frankfurt. Die Planung dazu läuft bestens und es konnten sowohl Vortragende unserer französischen Kollegen als auch namhafte Sprecher für die eingeladenen Vorträge gefunden werden.

Aus dem weiteren Ausland und hier insbesondere aus der Türkei liegen Anmeldungen für unsere Tagung bzw. das Treffen der DGKK vor. Dies zeigt ein bestehendes Interesse an unserer Gesellschaft und der Kristallzüchtung auch über die deutschen Grenzen hinaus, was überaus erfreulich ist.

Weit weniger erfreulich sind die politische Situation und der damit einhergehende wirtschaftliche Niedergang einiger für Deutschland doch so wichtigen Schlüsselindustrien wie Automobilbau, Stahl- und chemischer Industrie. Dies allein dem fürchterlichen Krieg in der Ukraine und den dadurch enorm gestiegenen Energiekosten anzulasten, wäre zu kurz gegriffen. Auch andere europäische Länder haben diese Situation zu vergegenwärtigen, kommen aber mit dieser weit besser zurecht als Deutschland. Den prinzipiell notwendigen Umbau der Wirtschaft, des Verkehrs, der Energieversorgung und der Gebäudetechnologie gleichzeitig mit dem Wegbrechen der russischen Erdgasversorgung voranzutreiben, führte aber zu noch stärker steigenden Energiepreisen und in der Folge zu immer mehr Insolvenzen und dem Verlust von Arbeitsplätzen durch Wegzug der Betriebe ins Ausland. Hoffnung machende Initiativen wie das Halbleiterwerk in Magdeburg kommen nun doch nicht. Die Wiederaufnahme von Photovoltaikherstellung in Freiberg war wohl nur ein kurzes Aufflackern, vielleicht auch um Subventionen ergattern zu können.

Mit dem Ende der Ampelkoalition und der Wiederwahl Trumps können wir uns auf spannende Zeiten einstellen und es gilt die deutschen und europäischen Schlüsselkompetenzen, wozu auch die Kristallzüchtung gehört, zu stärken. Am Ende des Tages muss das Geld, welches unseren immer noch großen Wohlstand sichert, mit irgendetwas erwirtschaftet werden.

Die DGKK hat in den vergangenen Jahren versucht unsere Stimme hörbar zu machen und Einfluss auf die politischen Entscheidungsträger zu erlangen, soweit dies einer so doch relativ kleinen, aber feinen! Gesellschaft möglich ist.

Wir stehen also am Ende eines ereignisreichen Jahres 2024 und schauen mit Ungewissheit auf die Neuwahlen 2025 und die sich daraus ergebende Wirtschaftspolitik. Mit deutlich mehr Zuversicht dürfen wir auf die Neuwahlen des Vorstandes der DGKK auf der in Frankfurt anlässlich DKT 2025 stattfindenden Mitgliederversammlung blicken. Der gesamte Vorstand und auch die Preiskommission ist neu zu wählen. Auch deshalb sollten Sie nach Frankfurt zur DKT 2025 kommen und von Ihrem Wahlrecht Gebrauch machen. Ich selbst scheidet nach 4 Jahren als erster Vorsitzender satzungsgemäß zum Januar 2026 aus dem Vorstand aus. Es ist uns gelungen, exzellente Kandidaten und Kandidatinnen für die Vorstandschaft zu finden, welche den Verein in die Zukunft führen werden.

Ich hoffe sehr, wir sehen uns bei der DKT im Frühjahr 2025 in Frankfurt und ich wünsche Ihnen allen ein gesegnetes Weihnachtsfest, viel Erfolg und Gesundheit im kommenden Jahr und vor allem schöne Kristalle.

Es grüßt Sie herzlich
Andreas Erb

Inhaltsverzeichnis

Der Vorsitzende	3
Editorial	4
Titelbild	4
DGKK-intern	5
AK-Treffen „Intermetallika“	5
Tagungskalender	5
AK-Treffen „Ultradünne Schichtsysteme“	6
DGKK-Nachrichten	10

2023 DGKK Preis Report	10
Materials 2030 – Europ. Initiative für ein Material-Ökosystem	12
Int. Photovoltaic Science and Engineering Conference	15
Indiumphosphidwafer - Freiburger Compound Materials	17
DGKK-Personen	21
Verstorbene	21
Mitglieder 2024, zweite Jahreshälfte	21
Über die DGKK	22

Editorial

Verehrte Leserinnen und Leser,

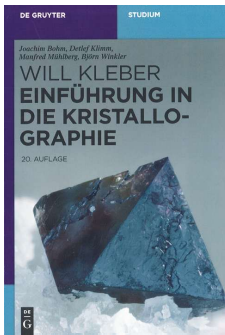
die aktuelle Ausgabe des Mitteilungsblattes erreicht Sie diesmal hoffentlich nur ein einziges Mal. Für den Fehldruck des Titelbildes in Mitteilungsblatt 117 möchte ich mich aufrichtig entschuldigen. Tatsächlich war der Probedruck einwandfrei. Auch wenn dieser Vorfall in Hinblick auf Nachhaltigkeit äußerst bedauerlich ist, sind der DGKK zumindest keine zusätzlichen Kosten entstanden.

In diesem Heft erwarten Sie spannende Artikel zur europäischen Initiative 'Materials 2030' von Wolfram Miller und zu

Indiumphosphidwafern von Marc Dietrich. Außerdem finden Sie interessante Berichte über Arbeitskreistreffen und Konferenzen sowie die Ankündigung der DKT, verbunden mit einer Einladung zur Mitgliederversammlung. Ich freue mich sehr auf ein schönes Wiedersehen in Frankfurt am Main. Unserem Vorsitzenden, Andreas Erb, wünsche ich an dieser Stelle eine baldige und vollständige Genesung.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen
Anton Jesche

Titelbild



Das Titelbild dieser Ausgabe ziert ein wahrer Klassiker: Die *Einführung in die Kristallographie* war für viele von uns das erste Lehrbuch zu den Themen Kristallstruktur und Kristallzüchtung und ein treuer Begleiter während Studium, Promotion und darüber hinaus. Der Anlass für diese Würdigung ist jedoch ein trauriger: Prof. Bohm und Prof. Mühlberg sind vor kurzem verstorben. Ihr Andenken wird zweifellos bewahrt bleiben – nicht nur wegen ihrer bedeutenden Beiträge zu diesem Werk.

Quelle: *Einführung in die Kristallographie*, De Gruyter, All Rights Reserved



We grow your ideas

Material composition, shape, polish and analysis according to your requirements

Im Langenbroich 20
52428 Jülich, Germany
 +49 2461 9352 0
 info@mateck.de
 www.mateck.de



Scan to visit



Metal single crystals



Semiconductor crystals



Oxide single crystals



High purity materials



Sputter targets



Substrates



Optical crystals



Services (re)polishing, shaping, analysis

DGKK-intern

Arbeitskreistreffen „Intermetallika“ in Bochum

Anna Böhmer und Sabine Wurmehl

Der Arbeitskreis „intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelation“ – kurz: „Intermetallika“ – traf sich dieses Jahr vom 26. - 27. September, erstmals an der Ruhr-Universität Bochum. Gastgeberin war Prof. Anna Böhmer und der Lehrstuhl Experimentalphysik IV. Etwa 25 Personen nahmen teil, ähnlich wie in den letzten Jahren. Elf Präsentationen wurden angeregt diskutiert. Der Fokus lag dieses Jahr auf intermetallischen Systemen mit Funktionalitäten von frustriertem Magnetismus, über Supraleitung bis zu Schwer-Fermionen-Physik. Die untersuchten Kristalle wur-

den durch vielfältige Methoden, unter anderem durch Gasphasentransport und per Flusszüchtung erhalten. Auch die Flusszüchtung zweier oxidischer Spinketten-Verbindungen wurde vorgestellt, sowie erste Ergebnisse zum Einfluss von magnetischen Feldern während des Kristallwachstums auf die Züchtungsergebnisse. Zum Ausklang des ersten Abends trafen sich die Teilnehmer in der „Karawane“ in der Bochumer Innenstadt und genossen orientalische Köstlichkeiten. Das nächste Arbeitskreis-Treffen findet im Herbst 2025 auf Einladung von Dr. A. Prokofiev in Wien statt.



Gruppenbild der Teilnehmer des Arbeitskreistreffens „Intermetallika“ Ende September 2024 in Bochum. (Foto: Peter Zajac)

Tagungskalender

2025

- **04. March 2025**
13th annual meeting of the young crystal growers (jDGKK),
Frankfurt/Main
- **05. – 07. March 2025**
DKT 2025,
Frankfurt/Main
- **28. Jul – 02. Aug 2025**
19th Int. Summer School on Crystal Growth,
Xián (China)
- **03. – 08. Aug 2025**
International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-21),
Xián (China)

Arbeitskreistreffen „Ultradünne Schichtsysteme, Wachstumskinetik und Layertransfer“ in Aachen

Wolfram Miller (Leibniz-Institut für Kristallzüchtung)

Das diesjährige Treffen des AK Ultradünne Schichtsysteme, Wachstumskinetik und Layertransfer fand am 16. und 17. September an der RWTH in Aachen statt, organisiert von der Gruppe um Holger Kalisch. Entsprechend stark vertreten waren die 2D Materialien MoS_2 und MoSe_2 bzw. WS_2 und WSe_2 . Die Forschung hier hat den Labormaßstab verlassen und auch Ergebnisse der Schaltung von Bauelementen waren Thema des Workshops. Typisches Substrat bei der MOCVD der 2D-Schichten ist Saphir. Der Beitrag von Iryna Kandybka (KUL/imec) stellte die Ergebnisse auf 200 mm Wafern mit verschiedenen Offcuts vors. Bei geringem cutoff (1°) und damit breiten Terrassen ergeben sich dreieckige Strukturen mit z.T. zusätzlichen Facetten. Bei 4° offcut ergeben sich dagegen Diamantstrukturen (ACS Nano 18 (2024), 3173-3186). Es wird vermutet, dass der Unterschied aufgrund einer höheren Schwoebel-Barriere im zweiten Fall zustande kommt.

Ein anderes Thema war das Abscheiden von Heterostrukturen von WS_2 und WSe_2 . Ein Problem dabei ist das 3D Wachstum. Ybing Wang (RWTH) zeigte, wie dieses durch die Zugabe von H_2O vermindert werden konnte, da sich hierbei WH_2O_4 bilden kann, das in die Gasphase desorbiert. Dieses erhöht die Netto-Desorption von Wolfram und vermindert so die Nukleations-Wahrscheinlichkeit auf einer schon gebildeten 2D-Schicht. Wasser ist nur Katalysator für die Desorption von Wolfram und wird nicht eingebaut. Jedenfalls wurde bei XPS-Messungen wurde kein Wasser nachgewiesen.

Der große potentielle Markt von den 2D-Chalkonid-Schichten ist neuromorphes Computing. Mit der enormen Zunahme von machine learning und artificial intelligence steigt die benötigte Rechenleistung und damit auch der Energieverbrauch. So verbraucht z.B. GPT-4 täglich 1 GWh für die Anfragen. Klassische Computer-Architekturen haben das Limit, das Speicher und Prozessor getrennt sind (von Neumann bottle neck). Dennis Braun (RWTH Aachen) berichtete über die Performance von zwei prozessierten Bauelementen. Sie wurden aus zwei verschiedenen MoS_2 -Schichten hergestellt: Charge A hatte größere Körner (550 nm) Charge B bestand aus kleineren Körner (87 nm). Das Bauelement aus Charge A zeigte ein sehr gutes Verhalten beim Switching verglichen mit Literatur-Beispiele. Das Dauerexperiment lief eine Woche lang, mit einer Performance von über 93%. Damit ist die Performance in derselben Größenordnung wie bei oxidischen Memresistoren.

Jimin Lee (RWTH) berichtete über vertikal angeordnete MoS_2 -Bauteile für neuromorphes Rechnen. Die Strukturierung eines Grabens auf einem Silizium-Wafer erfolgte durch

optische Lithographie. Als Trennschicht wird entweder Si_2 oder AuSiO_2 verwendet. Im nächsten Schritt wird Mo abgeschieden und dieses im weiteren sulfuriert, d.h. es bildet sich MoS_2 .

Für eine spätere Massenproduktion wäre es gut, 2D-Schichten direkt auf Silizium (leitfähiges Silizium, LED's als Produkt) bzw. auf Silizium mit SiO_2 -Pufferschicht (für FET's) abzuscheiden. Yingfang Ding berichtete über ihre Experimente an der RWTH zur Abscheidung von WS_2 . Bei direkter Abscheidung of einen Si(100)-Wafer kommt es zur Bildung von SiS_x . Deshalb wird als Schutzschicht SiO_2 benötigt. Es bilden sich kleinere Körner als auf Saphir, die dafür gleichmäßiger angeordnet sind. Der Nachteil ist, dass eine hohe Substrattemperatur benötigt wird (750°), woraus eine kleine Wachstumsrate resultiert. Es ist unklar, ob hier andere Lösungen gefunden werden können, oder ob der auch großtechnische geeignetere Weg über Abscheiden auf Saphir und anschließendem Layertransfer führt. Ergebnisse zum Layertransfer, die hier von Amir Ghiami (RWTH) vorgestellt wurden, sind sehr vielversprechend. Der Transfer erfolgt mit Hilfe eines PMMA-Stempels. Zum guten Ablösen vom Saphir-Wafer wird ein Bruch am Rand zwischen Wafer und Schicht eingebracht. Die weitere Abspaltung läuft dann ohne größere Energiebarriere und es wird die gesamte Schicht abgelöst. Beim Aufbringen der 2D-Schicht auf den SiO_2 beschichteten Si-Wafer ist eine Wetting-Layer von Wasser erforderlich. So werden Blasen und ähnliches zwischen Schicht und Ziel-Substrat vermieden. Es scheint, dass ein solcher "quasi-dry" Transfer zu einer höheren Performance im Bauteil führt als als ein "wet" Transfer.

Daneben gibt es auch andere potentielle Anwendungen, so z.B. die Spaltung von Wasser. Hier ist notwendig, das band gap modulieren zu können. Deshalb werden Legierungen verwendet: $\text{Mo}_{1-x}\text{W}_x\text{S}_2$.

Über das Wachstum von Graphen auf flüssigem Kupfer handelte der Vortrag von Gertjan van Baarle (Leiden Probe). Das Wachstum erfolgte in einem speziellen CVD-Reaktor, der in-situ-Beobachtung mittels verschiedener spektroskopischer Verfahren zuläßt. Im Detail wurde die Reflektionsmethode vorgestellt, die die unterschiedliche optischen Reflektivität ausnutzt. Damit konnte das Wachstum der hexagonalen Struktur im Detail verfolgt werden. Mehr Informationen sind im Artikel ACS Nano 22 (2021), 9638-9648 zu finden.

Zwei Vorträge von der Universität Münster, zeigten die dortigen Möglichkeiten, 2D-Materialien zu untersuchen. Ein

Vortrag handelte von der Exziton-Phononen-Kopplung (Jan-Hendrik Larusch), der andere zeigte die optische Messung des dielektrischen Tensors von CsSBr (Pierre-Maurice Piel).

Zurück zum Thema Abscheidung von 2D-Materialien: Ein wichtiges Thema ist die Gleichmässigkeit des Abscheidens. Nikita Berg (AIXTRON) stellte die Ergebnisse der Rauigkeitsmessungen bei einem 300 mm-Wafer vor. Das automatische Abscannen der Probe mit dem AFM dauerte 1-2 h.

Neben 2D-Materialien gab es auch andere Themen. So z.B. zum Abscheiden von GaN auf Saphir. Arno Kirchbrücher erklärte hier den Einsatz unterschiedlicher Materialien als Hard Masks zum selektierten Abscheiden von p-dotierten GaN. SiO₂ und SiN_x haben den unerwünschten Effekt eines

ungewollten Dopings durch Zersetzung und Diffusion von Silizium in das GaN. Al₂O₃ wiederum lässt sich nicht vom GaN ablösen. Deshalb wird zunächst eine 200 nm dicke SiO₂-Schicht aufgebracht und dann eine Al₂O₃-Schicht (25 nm). Letztere lässt sich dann vom SiO₂ ablösen.

Die komplette Liste aller Vorträge ist der Tabelle zu entnehmen. Zur erweiterten Diskussion wurde am Montag abend in das Café Anvers gegangen, wo bei türkischem Essen und diversen Getränken der erste Tag des Workshops ausklang. Herzlicher Dank geht an die Fa. AIXTRON, die die Rechnung für den Abend übernahm. Alle Beteiligten waren sich einig, diesen das Arbeitskreis-Treffen auch nächstes Jahr fortführen zu wollen - vermutlich dann wieder in Berlin.

Iryna Kandybka	KUL/imec	Growth mechanisms modulating MoS ₂ crystalline orientation during chemical vapor epitaxy on sapphire
Yibing Wang	RWTH	MOCVD of TMDC Films and Suppression of Bilayer Formation by H ₂ O as an Additive
Vika Jangra	RWTH	Realising growth of Mo _x W _{1-x} S ₂ nano films for photoelectrochemical water-splitting reactions
Arno Kirchbrücher	RWTH	Selective-area growth of GaN with an Al ₂ O ₃ /SiO ₂ double-layer hard mask
Yingfang Ding	RWTH	Metal Organic Chemical Vapor Deposition (MOCVD) of WS ₂ on Si/SiO ₂ Substrates
Jona Riedel	RWTH	Development of Metal Halide Perovskite CVD
Jimin Lee	RWTH	CVD-grown Vertically Aligned MoS ₂ with Diffused SiO _x Film for Threshold Resistive Switching Devices
Wolfram Miller	IKZ	A general kinetic Monte Carlo tool for computation of epitaxial growth
Gertjan van Baarle	Leiden Probe	In situ visualisation of 2D material growth by CVD
Sanyo Tang	RWTH	Insights into MOCVD of TMDC Thin Films by In-Situ Reflectance Spectroscopy
Jan-Hendrik Larusch	Uni Münster	Exciton-phonon coupling in 2D magnetic semiconductor from inelastic light scattering
Pierre-Maurice Piel	Uni Münster	Anisotropic dielectric function of CrSBr layers from Spectroscopic Imaging Ellipsometry
Vivek Pachauri	RWTH	Chemical etchant influences during assisted wet-transfer to obtain high quality MoS ₂ atomic layers.
Kerstin Volz	Uni Marburg	MOCVD growth of 2D (Ga,In)(S,Se): Influence of nucleation and interface formation on 2D film properties
Zhaodong Wang	FZ Jülich	Study of the direct growth of single-layer graphene on sapphire by chemical vapor deposition
Nikita Berg	AIXTRON	Uniform Deposition of 2D Materials on up to 300 mm Scale by MOCVD
Dennis Braun	RWTH	Influence of MOCVD MoS ₂ Material Properties on Memristor Resistance State and Switching Voltage Variability
Hleb Fiadziushkin	RWTH	Memristors based on MOCVD 2D-MoS ₂ : insights into the fabrication process
Amir Ghiami	RWTH	Quasi-Dry Transfer Based on PMMA and Thermal Release Tape (TRT) for Heterogeneous Integration of 2D-TMDC Layers
Jens Martin	IKZ	Update on layer transfer processes of 2D-vdW and twisted perovskites

Tabelle 1: Liste der Vorträge



Gut gefüllter Seminarraum beim Workshop. Vorne links in der ersten Reihe sitzt Holger Kalisch, der Organisator des diesjährigen Workshops. (Foto: W. Miller)



German-French Crystal Growth Conference (DKT 2025)

March 5th - 7th 2025

Campus Riedberg, Frankfurt/Main, Germany

Themes and Topics

- *Crystal growth of intermetallics with spin- and charge correlations*
- *Growth methods for optical crystals*
- *Fabrication & characterisation of bulk semiconductors*
- *Oxide, dielectric and laser single crystals*
- *Simulation of crystal growth processes*
- *Epitaxy of III/V semiconductors*
- *Ultrathin layer systems and growth kinetics*
- *50 years Crystal and Materials Lab Frankfurt*

Invited speakers

Gurvan Brasse, CIMAP Caen
Dmitry Berkov, GNRL Jena
Michael Dudley, Stony Brook
Alban Ferrier, IRCP Paris
Peter Gille, LMU Munich
Varun Harbola, MPI Stuttgart
André Strittmatter, Magdeburg
Sophie Tencé, Bordeaux

Programme committee

M. Bickermann, IKZ Berlin
O. Ernst, TU Cottbus
M. Heuken, Aixtron SE
L. Kadinski, Siltronic AG
J. Martin, IKZ Berlin
W. Miller, IKZ Berlin
M. Plapp, École Polytechnique
S. Schwung, EOT GmbH
L. Stockmeier, Siltronic AG
M. Velazquez, CNRS Grenoble
P. Wellmann, FAU Erlangen
S. Wurmehl, IFW Dresden

Website:

www.uni-frankfurt.de/52533955

E-mail:

dkt2025@uni-frankfurt.de

Abstract submission:

15.01.2025

Early registration:

31.01.2025

Conference fee:

DGKK / Normal / Student
Early: 140 € / 170 € / 80 €
Late: 180 € / 210 € / 120 €

Industry exhibition:

Registration till 15.01.2025

jDGKK:

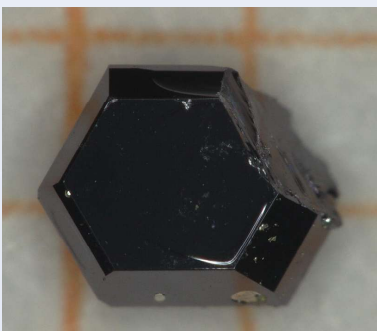
04.03.2025 – 05.03.2025

Accommodation:

Relexa Hotel, reserved rooms
code *DKT2025* till 15.01.2025

Conference chair:

Prof. Cornelius Krellner



**Deutsche Gesellschaft für
Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V.**



An alle Mitglieder

Schriftführerin

Dr. Christiane Frank-Rotsch
Leibniz Institut für Kristallzüchtung
Max-Born-Str.2
D-12489 Berlin
Telefon (030) 6392 3031
Telefax (030) 6392 3003
Email christiane.frank-rotsch@ikz-berlin.de
29.11.2024

Jahreshauptversammlung 2025

Liebe Mitglieder,

der Vorstand lädt Sie herzlich zur ordentlichen Mitgliederversammlung (Jahreshauptversammlung 2025) ein, die anlässlich DKT 2025 in Frankfurt/Main stattfindet.

Ort: Physikalisches Institut Physik, Campus Riedberg
Physikhörsaal Raum Nr. _0.111
Max-von-Laue-Straße 1
60438 Frankfurt am Main

Zeit: **Mittwoch, 05.03.2025, 18:30 Uhr**

Vorläufige Tagesordnung:

1. Begrüßung und Feststellung der Beschlussfähigkeit
2. Bericht des Vorsitzenden
3. Bericht der Schriftführerin
4. Bericht des Schatzmeisters
5. Bericht der Kassenprüfer und Entlastung des Vorstandes
6. Planung für 2025
7. Wahl des Vorstands 2026-2027
8. Wahl der Kassenprüfer 2026-2027
9. Wahl der Preiskommission für die Zeit vom 01.04.2025 - 31.03.2031
10. Deutsche Kristallzüchtungstagungen 2026 und 2027
11. Abschließende Diskussion und Beschluss über die DKT 2027
12. Berichte zu den DGKK – Arbeitskreisen
13. Verschiedenes

Anträge auf Erweiterung der Tagesordnung sind dem Vorstand gemäß § 9 (2) der Satzung rechtzeitig mitzuteilen.

Wir möchten Sie bitten, Ihre Teilnahme an der Jahreshauptversammlung 2025 möglich zu machen.

Mit freundlichen Grüßen

Christiane Frank-Rotsch
Schriftführerin DGKK

DGKK-Nachrichten

Bericht des DGKK Nachwuchspreisträgers 2023: Dr. rer. nat. Ta-Shun Chou

Department/Organization: Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin, Germany

Conference Name: 21st International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE XXI)

Conference Location: Las Vegas, Nevada, USA

Conference Dates: May 12-17, 2024

1. Conference Introduction and Motivation

1.1 ICMOVPE

The International Conference on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE) is a biennial event that gathers scientists, researchers, engineers, and industry professionals worldwide to discuss advancements in MOVPE technology. This conference focuses on synthesizing, characterizing, and applying semiconductor materials using MOVPE, with applications in optoelectronics, photonics, and microelectronics. Key activities include keynote speeches by leading experts, technical sessions with oral and poster presentations, and workshops. ICMOVPE serves as a vital platform for sharing research, fostering collaboration, and driving innovation in the field of semiconductor material growth.

Website: <https://www.mrs.org/icmovpe-xxi>

1.2 Motivation

Attending the International Conference on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE) is essential for advancing my Ga₂O₃ film growth research using MOVPE. Having attended the previous conference in 2022 in Stuttgart, I experienced firsthand the unparalleled exposure to cutting-edge advancements and innovative methodologies in MOVPE technology, which significantly enhanced the quality and impact of my work. This biennial event provides a unique platform to network with leading experts and industry professionals, fostering collaborations that can drive joint research projects and access to new resources. The technical sessions and workshops refined my research approach and deepened my technical skills, while real-world applications discussed at the conference bridged the gap between theoretical studies and practical implementations. Presenting my research again will contribute to my professional development, gaining visibility and recognition in the scientific community and making ICMOVPE an invaluable opportunity to drive innovation and excellence in semiconductor material growth.

2. Personal Contribution

2.1 Oral presentation at ICMOVPE

During the ICMOVPE conference, I delivered one oral presentation and one seminar on advancements in in-situ monitoring technology for both homo- and hetero-epitaxy MOVPE growth

processes of beta-gallium oxide (β -Ga₂O₃). In my presentations, I discussed the use of a commercial multiwavelength reflectometer (EpiTT 2017, LayTec) to monitor β -Ga₂O₃ growth in the MOVPE process. By innovatively applying the autocorrelation function for homoepitaxy and the transfer matrix method (TMM) for heteroepitaxy, we significantly enhanced the interpretability of the collected reflectance transients, allowing us to characterize the growing film in terms of growth rate, refractive index, and surface morphology (including roughness) without major hardware upgrades.

I demonstrated these techniques with applications to both homoepitaxial (on (100) and (010) orientations) and heteroepitaxial (on sapphire *c*-plane) growths of β -Ga₂O₃ films. The developed method is critical in advancing toward the industrial mass production of β -Ga₂O₃ epiwafers.

The proposed methodology addressed a significant technical issue in the MOVPE process: the lack of adequate in-situ monitoring techniques for various material systems such as Ga₂O₃ and Silicon Carbide (SiC). The audience responded positively to the clarity and depth of the proposed method and the valuable insights it provided. Notably, potential collaboration partners such as the University of Texas at Austin, Aixtron, and Taiyo Nippon Sanso expressed strong interest in this technology and potential future collaborations.

Reference:

1. T.-S. Chou, S. Bin Anooz, J. Rehm, A. Akhtar, D. Mukherjee, P. Petrik, A. Popp, In-situ spectral reflectance investigation of hetero-epitaxially grown β -Ga₂O₃ thin films on *c*-plane Al₂O₃ via MOVPE process, *Appl. Surf. Sci.* 652 (2024) 159370.
2. T.-S. Chou, S. Bin Anooz, R. Grüneberg, T.T.V. Tran, J. Rehm, Z. Galazka, A. Popp, Homoepitaxial growth rate measurement and surface morphology monitoring of MOVPE-grown Si-doped (100) β -Ga₂O₃ thin films using in-situ reflectance spectroscopy, *J. Cryst. Growth.* 603 (2023) 127003.

2.2 Seminar Talk at Industrial Section (LayTec)

My aforementioned research primarily utilizes reflectance spectroscopy by Laytec. In addition to my contributions at ICMOVPE, I was also an invited speaker at the invitation-only Laytec User Seminar. During this seminar, I provided an

in-depth technical review on the use of the LayTec EpiNet (multi-wavelength reflectance spectroscopy) in the MOVPE process for Ga₂O₃ and other non-cubic materials. The seminar featured a comprehensive presentation of both open-sourced and self-developed algorithms designed to enhance the efficiency and accuracy of the EpiNet system. I offered a step-by-step introduction that included the technology's fundamental theory, practical technical usage instructions, and various application scenarios. This seminar aimed to equip participants with the necessary knowledge to effectively implement and leverage multi-wavelength reflectance spectroscopy in their own research and industrial processes. My presentation aimed to bridge the gap between advanced scientific concepts and their real-world applications by covering both theoretical and practical aspects, providing valuable insights for optimizing MOVPE processes. The session was well-received, highlighting the potential of LayTec EpiNet and my published works in advancing material science and semiconductor manufacturing.



During the lecture. (Photo: Ta-Shun Chou)

3. Research and Career-oriented Outcome

3.1 Scientific Discussion

Due to the increasing interest in Ga₂O₃ technology, a dedicated section for Ga₂O₃-related topics has been established, inviting research groups from around the world, including the USA, Japan, China, India, and Korea. This platform enables semiconductor equipment suppliers specializing in MOVPE, in-situ monitoring, device inspection, and simulation tools to showcase their Ga₂O₃-related products and express strong interest in this burgeoning field.

As a researcher in the Ga₂O₃ field, I am afforded tremendous opportunities to exchange epitaxial growth experiences with research groups from several prestigious universities such as the University of California, Santa Barbara (UCSB), The Ohio State University (OSU), the University of Texas at Austin, and the University of Tokyo, among others. This collaboration

allows me to stay abreast of the latest advancements and understand the ongoing challenges within the Ga₂O₃ research community.

Furthermore, I engage with global industrial partners such as Aixtron, Agnitron, LayTec, and k-Space, sharing user experiences and discussing concerns regarding MOVPE technology. This interaction is invaluable in refining our methodologies and advancing the technology. My in-situ monitoring methodology, in particular, has garnered significant attention. Researchers from the nitride and other compound semiconductor communities have shown keen interest, requesting related literature and initiating introductory calls to gain a deeper understanding. This cross-disciplinary interest highlights my research's potential impact and applicability beyond Ga₂O₃, fostering broader scientific collaboration and innovation.

3.2 Future Collaboration and Career Option

With the broad audience profile of ICMOVPE, I am fortunate to have established valuable connections with both academic and industrial sectors, offering promising career prospects. On the academic front, my interactions with leading research institutions such as UCSB, OSU, the University of Texas at Austin, and the University of Tokyo provide fertile ground for career advancement. These collaborations lead to joint faculty positions, prestigious fellowships, and visiting scholarships, enabling me to further establish myself as a prominent figure in the Ga₂O₃ research community. Furthermore, the interdisciplinary appeal of my work, as evidenced by the interest from researchers in the nitride and other compound semiconductor communities, opens up diverse career avenues.

My engagement with key semiconductor equipment suppliers like Aixtron, Agnitron, LayTec, and k-Space in the industrial realm presents exciting career prospects. These partnerships may lead to opportunities for applied research, product development, or technical leadership positions within these companies. Moreover, the potential for consulting engagements or advisory roles could arise, allowing me to leverage my expertise to solve real-world problems and drive innovation in the semiconductor industry.

In conclusion, my cultivated connections offer promising career pathways spanning academia, industry, and beyond. Whether pursuing a tenure-track position, leading R&D efforts in industry, or exploring interdisciplinary endeavors, I am poised to make meaningful contributions and shape the future of Ga₂O₃ technology and semiconductor research.

Materials 2030 - eine europäische Initiative für ein europäisches Material-Ecosystem

Wolfram Miller (Leibniz-Institut für Kristallzüchtung)

Nachdem Materialien lange Zeit nicht so richtig sichtbar waren hinter Bauelemente-, Bauteil- und System-Entwicklungen wird ihnen nunmehr auf europäischer Ebene eine deutlich größere wenn nicht sogar maßgebliche Bedeutung zugemessen. Der erste Schritt war die Erstellung des "Materials 2030 Manifesto"¹, das im Februar 2022 veröffentlicht wurde. Von deutscher Seite war Peter Gumbsch in seiner Eigenschaft als Vorsitzender des Fraunhofer Verbunds Materials an der Erarbeitung beteiligt. "2030" weist auf die Langfristigkeit dieser Initiative hin, es soll also auch im nächsten Rahmenprogramm der EU eine maßgebliche Rolle spielen. Die Forschungspolitik in der EU ist auf die möglichen Märkte ausgerichtet und Materialien spielen in allen der definierten Märkte eine Rolle:

1. Healthcare & Medicine
2. Sustainable Constructions
3. New Energy
4. Sustainable Transportation
5. Home & Personal Care
6. Sustainable Packaging
7. Sustainable Agriculture
8. Sustainable Textiles
9. Electronics Appliance

Für alle Märkte wurde die Rolle der Materialien analysiert bzw. definiert wie Materialien zur Entwicklung in diesen Märkten beitragen können. Aus Sicht kristalliner Materialien sind die vier rot unterlegten Märkte von Bedeutung - hier sollten wir sehen, wie wir uns einbringen können. Im Hinblick auf den "Green Deal", also den Übergang zur Klimaneutralität und Ressourcen-Schonung wird in jedem Zusammenhang die Zirkularität betont. Bei der Entwicklung neuer Materialien soll die gesamte Prozesskette bis zum Einbau in das System berücksichtigt werden und auch, wie das Material am Lebensende der Bauteile/Systeme wieder zurückgewonnen werden kann. Bei elektronischen Bauteilen ist dieses ein probematisches Thema, da sich die einzelnen Elemente in der Regel aus den Bauteilen technisch nicht zurückgewinnen lassen. Ein anderes Thema ist der Zugriff auf benötigte Rohstoffe. Hier möchte man die Abhängigkeit von Ländern ausserhalb der

EU verringern, was einen Einfluss auf die verwendbaren Elemente hat. Bei der Materialentwicklung wird erwartet, dass die Digitalisierung zusammen mit dem Einsatz numerischer Berechnungen zu einer Beschleunigung der Entwicklung und Anwendung führt. Hier ist der European Materials Modelling Council (EMMC) seit 10 Jahren aktiv, um Ausschreibungen innerhalb von den EU-Rahmenprogrammen zu erstellen.

Auf der Grundlage des sieben-seitigen Manifestos wurde eine ausführliche Roadmap entwickelt, die im Dezember 2022 veröffentlicht wurde (Materials 2030 Roadmap²). Die Entwicklung der einzelnen Märkte und der Anforderungen an die Materialforschung wurden nun genauer definiert. Für alle Bereiche gleichermaßen gilt, wie Material- und Prozessentwicklung ablaufen soll: „The combination of digital technologies such as high performance computing, big data management, knowledge engineering based on ontologies and artificial intelligence (AI) revolutionises research and development methodologies that enable this digital transformation by merging computational (modelling, simulation) and experimental materials data (high throughput characterisation). They are supporting the screening of materials properties, materials development, and production processes.“ Die Materials 2030 Roadmap ist der Ausgangspunkt für die weitere Arbeit der Advanced Materials Initiative (AMi2030), die interimsmäßig von EMIRi (<https://emiri.eu/>), EuMaT, SUSCHEM (<https://suschem.org/>) und MANUFUTURE (<https://manufuture.org/>) geführt wird. Ein breite Mitarbeit war und ist hier erwünscht. So hat sich auch die DGKK bei AMI2030 registriert. AMI2030 ist die Vorstufe zu einer eigenständigen Vereinigung (Association), deren Gründung für diesen Herbst anvisiert ist (IAM-I: The Innovative Advanced Materials Initiative). Eine (registrierte) Vereinigung ist dann Partner für die EU-Kommission für eine sog. Co-Programmed Partnership. Ein Memorandum of Understanding und eine SRIA (Strategic Research & Innovation Agenda) bilden die Basis für jede Co-Programmed Partnership. Im Rahmen der Partnerschaft werden auch die Ausschreibungen für das Forschungs-Rahmenprogramm, also z.Z. Horizon Europe (bis 2027) erarbeitet. Eine Beteiligung im Rahmen der Partnerschaft könnte also von Vorteil sein, um Themen aus unserem Bereich in die Ausschreibungen zu bringen.

¹<https://www.ami2030.eu/wp-content/uploads/2022/06/advanced-materials-2030-manifesto-Published-on-7-Feb-2022.pdf>

²https://www.ami2030.eu/wp-content/uploads/2022/12/2022-12-09_Materials_2030_RoadMap_VF4.pdf

Partnerschaften sollen dazu beitragen, die sogenannte Twin Transition voranzutreiben, also die digitale Transformation und den Wandel hin zur Klimaneutralität. Materialien stehen bei der EU-Kommission dabei ganz oben und „Advanced Materials for Industrial Leadership“ war eines von vier Schwerpunkten für 2024 im Bereich „An Economy that works for people“ (siehe Letter of Intent, 13. September 2023). Unterstrichen wurde diese den Materialien beigemessene Bedeutung durch das Dokument der europäischen Kommission vom 27.2.2024: „Advanced Materials for Industrial Leadership“ - Communication from the commission to the European Parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions³.

Zur neuen Co-Programmed Partnership IAM4EU gab es am 13. März 2024 eine Online-Informationsveranstaltung: “The mission of the IAM4EU partnership is to establish and maintain a cross-sectional, multidisciplinary, collaborative European-wide Research and Innovation ecosystem that will significantly accelerate the time-to-market of sustainable innovative advanced materials designed for a digital & circular economy.” Neben diesen allgemeinen Erklärungen wurde es auch konkreter, da erste Ausschreibungen innerhalb von Horizon Europe im nächsten Jahr, also 2025 veröffentlicht werden sollen. Alle Ausschreibungen werden im Pillar 2 erfolgen. Zunächst soll sich auf folgende Felder konzentriert werden:

- Energy
- Mobility
- Construction
- Electronics

Bis auf Construction sind das also alle Felder, in denen es eine Beziehung zu Kristallzüchtung und Epitaxie gibt. Ausschreibungen werden in vier Bereichen erfolgen:

- BO#1 Harnessing the full potential of IAM's along the complete material's value chain
- BO#2 IAMs with cutting-edge functionalities and associated technologies to accelerate IAM design
- BO#3 Towards a unified digital framework for Innovative Advanced Materials
- BO#4 Reinforcing the R&I ecosystem for Innovative Advanced Materials

Am interessantesten ist zunächst einmal BO#2. Hier werden als relevante Produktgruppen Elektronik (more than Moore & beyond Moore, flexible/hybrid electronics), Photonik-Komponenten und -Systeme, sowie Sensoren angegeben. Das sind alle Bereiche für kristalline Materialien, so dass es eine große Chance für eine Beteiligung mit Kristallzüchtung, Epitaxie und Charakterisierung gibt. Darüber hinaus soll die Modellierung helfen, Material- und Bauelement-Entwicklung anhand der Funktionalität und nicht nur anhand der Materialeigenschaften durchzuführen.

BO#1 umfasst die gesamte Prozesskette, wobei wir bei unseren Bauelementen in der Regel das bereits oben genannte Problem des Recycling haben.

In BO#3 geht es insbesondere um Vereinheitlichung der Digitalisierung, einheitliche Definitionen für die Materialdaten etc.. Aber auch hier geht es um Zirkularität, die Digitalisierung sollte durchgängig über die Prozesskette und den Lebenszyklus des Materials erfolgen.

In BO#4 geht es mehr um die politische Rahmenmaßnahmen und die private Beteiligung im research & innovation ecosystem. Weiterhin gehört dazu Aus- und Weiterbildung, die nicht nur aber besonders aufgrund des digitalen Wandels äußerst wichtig ist. Leitlinie für alle Maßnahmen ist das Ziel, einen zügigen Übergang von der Materialentwicklung zur Produktion zu ermöglichen („Fast track from lab to fab“). Auch die Rückkopplung steht im Fokus: welche Materialien erfordert eine bestimmte Funktionalität des Bauteils. Auch hier wird Digitalisierung, standardisierte Charakterisierung und numerische Simulation als Mittel zum Erreichen einer schnellen Rückkopplung angesehen.

Insgesamt wird die EU-Kommission ein Budget von 250 M€ für die Jahre 2025-2027 (Horizon Europe) zur Umsetzung von IAM4EU zur Verfügung stellen.

An dieser Stelle gilt zu erwähnen, dass auf der Council-Sitzung des European Network of Crystal Growth (ENCG) bei ECCG-7 in Paris in 2022 beschlossen wurde, eine Liste der Akteure im Bereich Kristallzüchtung und Epitaxie in Europa zu erstellen. Die Koordination hierfür hat das IKZ übernommen. Für Deutschland hatten wir mit dem Branchenatlas der DGKK schon eine gute Grundlage. Einige Aktualisierungen waren nötig, aber er konnte dann schnell als Datenpool für die Erstellung einer interaktiven Europakarte im Webbrowser verwendet werden. Das IKZ hat hier die Kosten für die Erstellung der Scripte durch DAIN Studios übernommen. Für die

³https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/0fcf06ea-c242-44a6-b2cb-daed39584996_en

Februar 2022	Materials 2030 Manifesto
Dezember 2022	Materials 2030 Roadmap
April 2023	Strategic Materials Agenda
Februar 2024	Communication of the EU commission
<i>bis Anfang Oktober</i>	<i>Partnership Proposal IAM4EU</i>
<i>bis Ende 2024</i>	<i>Memorandum of Understanding - Unterschriften</i>
<i>bis Oktober</i>	<i>Gründung der Vereinigung IAM-I</i>
<i>Oktober</i>	<i>1. Vollversammlung IAM-I und Wahlen</i>

Tabelle 2: Zeitschiene bei AMI2023. Kursiv sind geplanten Schritte bzgl. der Programmed Partnership IAM4EU. Informationen zu AMI2030 finden sich auf www.ami2030.eu.

weiteren Daten wurden der/die jeweilige Vertreter/in der im ENCG organisierten Länder angefragt. Erfasst werden alle Institutionen, die Volumenkristalle oder Schichten herstellen, sie bearbeiten bzw. charakterisieren. Ferner aufgenommen werden die Anlagenhersteller und die Unternehmen, die die Rohstoffe bzw. Produkte für die Anlagen herstellen. Auch Prozesssimulation, Consulting und Verkauf von kristallen sind Kriterien für die Institutionen in der Liste. Somit können anhand der Daten alle Institutionen herausgefunden werden, die zu einem bestimmten Produkt beitragen können. Eine solche

Aufstellung ist Voraussetzung, z.B. um ein Konsortium für ein EU-Projekt zu bilden oder in Brüssel Lobby-Arbeit machen. Bis zur Sitzung des ENCG-Councils bei der ECCG-8 Ende Juli in Warschau wird eine erste Analyse der aktuellen Daten vorgenommen. Dort wollen wir dann über die Möglichkeiten einer Beteiligung an dem Prozess von IAM4EU diskutieren und überlegen, welche Schritte unternommen werden können, um auf die erwarteten Calls von Horizon Europe in 2025 reagieren zu können.

3|5
power electronics



**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



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



35. International Photovoltaic Science and Engineering Conference

Robin Lang (Fraunhofer-Institut for Solar Energy Systems ISE)

Neben den in Europa bekannteren Konferenzen IEEE PVSC und EU PVSEC komplettiert die 35. PVSEC den alljährlichen Dreiklang der internationalen Großkonferenzen zu den neuesten Entwicklungen in der Photovoltaik. Die diesjährige Ausgabe der auch Asia PVSEC genannten Konferenz fand vom 10. bis zum 15. November 2024 in Numazu, Japan, statt. An der Konferenz nahmen fast 900 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 33 Ländern teil, wobei die meisten Teilnehmenden aus Japan und Korea stammten.

Wissenschaftlicher Umfang

Allen drei Konferenzen ist gemein, dass sie den kompletten Bereich der Photovoltaikforschung abdecken. Dies bedeutet, es geht nicht nur um Weiterentwicklungen und Verbesserungen auf der Ebene von Solarzellen und Modulen. Auch Themen auf der Systemebene werden in den Blick genommen. Auf der 35. PVSEC gab es insgesamt 5 übergreifende Bereiche, von der Rolle der Photovoltaik in nachhaltigen Energiesystemen über die Performance von großen Solarparks bis hin zu den verschiedenen Technologien für einzelne Solarzellen. Der für mich besonders interessante Bereich der III-V Halbleiter nahm dabei leider einen eher kleinen Teil ein, was jedoch nicht unüblich ist. Dafür hatte ich die Möglichkeit, mich auch außerhalb meines eigenen Fachgebietes frei nach Interesse zu informieren. Die meisten Vorträge gab es dieses Jahr im Bereich der Perowskit-Solarzellen. Das ist wenig überraschend, da es das aktuelle „Hype“-Thema im Bereich der Photovoltaik darstellt. Neben bis zu 5 parallelen Sessions gab es noch Poster Sessions und eine Firmenausstellung.

Ausgewählte Ergebnisse

Ein großes Thema der letzten Jahre ist der Silberverbrauch für die Kontakte von Siliziumsolarzellen. Projektionen gehen davon aus, dass der Bedarf der Photovoltaik innerhalb der nächsten 10 Jahre die aktuell weltweit geförderte Silbermenge deutlich übersteigen wird. Dementsprechend haben sich mehrere komplette Sessions dem Thema der nachhaltigen Silbernutzung angenommen. Die meisten Ideen greifen auf Aluminium zurück, entweder durch eine vollständige Substitution oder in Kombination mit einem reduzierten Silbereinsatz. Eine besonders kreative Idee besteht darin, eine Aluminiumfolie mit einzelnen Laserpuls an die Rückseite der Solarzelle zu „tackern“ (Oliver John).

Im Vorfeld der Konferenz wurde mir angeboten, zusammen mit Dr. Ryuji Oshima (AIST, Japan) den Vorsitz einer Session zu übernehmen. In „meiner“ Session ging es um hocheff-

ziente III-V Mehrfachsolarzellen und dort hatte ich auch meinen eigenen Vortrag. Die Session startete mit dem eingeladenen Vortrag von John Simon (NREL, USA), der über die neuesten Entwicklungen zur Kostensenkung von III-V Solarzellen referierte. Als Stichwörter sind hier höhere epitaktische Wachstumsraten (Durchsatz), die Wiederverwendung der teuren Substrate durch kontrolliertes Spalling sowie Screen Printing statt teurer Photolithographie zu nennen. Die weiteren Vorträge beschäftigten sich mit verschiedenen Mehrfachzellkonzepten, wobei die einzelnen Ideen durch die Nutzung von Waferbonds verbunden waren. Dabei werden mehrere Epitaxiestrukturen mit unterschiedlichen Gitterkonstanten aufeinandergedrückt und so verbunden. Mein Vortrag hatte die Verlustanalyse einer 6-fach-Solarzelle zum Inhalt. In unserer Struktur wird eine 3-fach-Solarzelle auf einem GaAs-Substrat mit einer 3-fach-Solarzelle auf InP gebondet. Das Potential dieser Struktur liegt über 50% und mit unseren ersten Versuchen kommen wir bereits in Richtung von 47%.



Impression von der Konferenz. (Foto: R. Lang)

Ein weiterer Themenkomplex war die Degradation von Solarparks über längere Zeiträume. Hier ist ein Vortrag von Amornrat Limmanee hervorzuheben, der auch mit dem Oral Presentation Award ausgezeichnet wurde. Über 11 Jahre wurde hier die Outdoor-Performance verschiedener PV-Technologien in Thailand untersucht. Die Degradation in diesem feucht-heißen Klima reicht von 1 bis über 3% pro Jahr. Bei allen Technologien war der Füllfaktor die Hauptursache der Degradation. Am besten schnitten multi c-Si und hetero-junction Si Strukturen ab, wobei auf Grund der Langzeitprojektion nur bei den hetero-junction Si-Solarzellen davon ausgegangen werden kann, dass die 25-jährige Garantie erfüllt wird.

Events

Neben dem üblichen Konferenzabendessen – hier mit musikalischer Untermalung und Kaligraphie Vorführung – sowie einigen Workshops und Tutorials konnte zwischen zwei möglichen Exkursionen gewählt werden. Entweder der Mishima Sky Walk mit anschließendem Besuch der Nirayama Reverberatory Furnaces oder der Aufstieg zum Izu Panorama Park mit Hilfe einer Seilbahn und darauffolgend ein Abstecher ins Numazu Deep Sea Aquarium. Da ich mich für die zweite Option entschieden hatte, konnte ich zuerst den Ausblick auf den von Wolken umhangenen Berg Fuji genießen und mich danach vor der japanischen Riesenkrabbe, der größten lebenden Krebsart, gruseln.

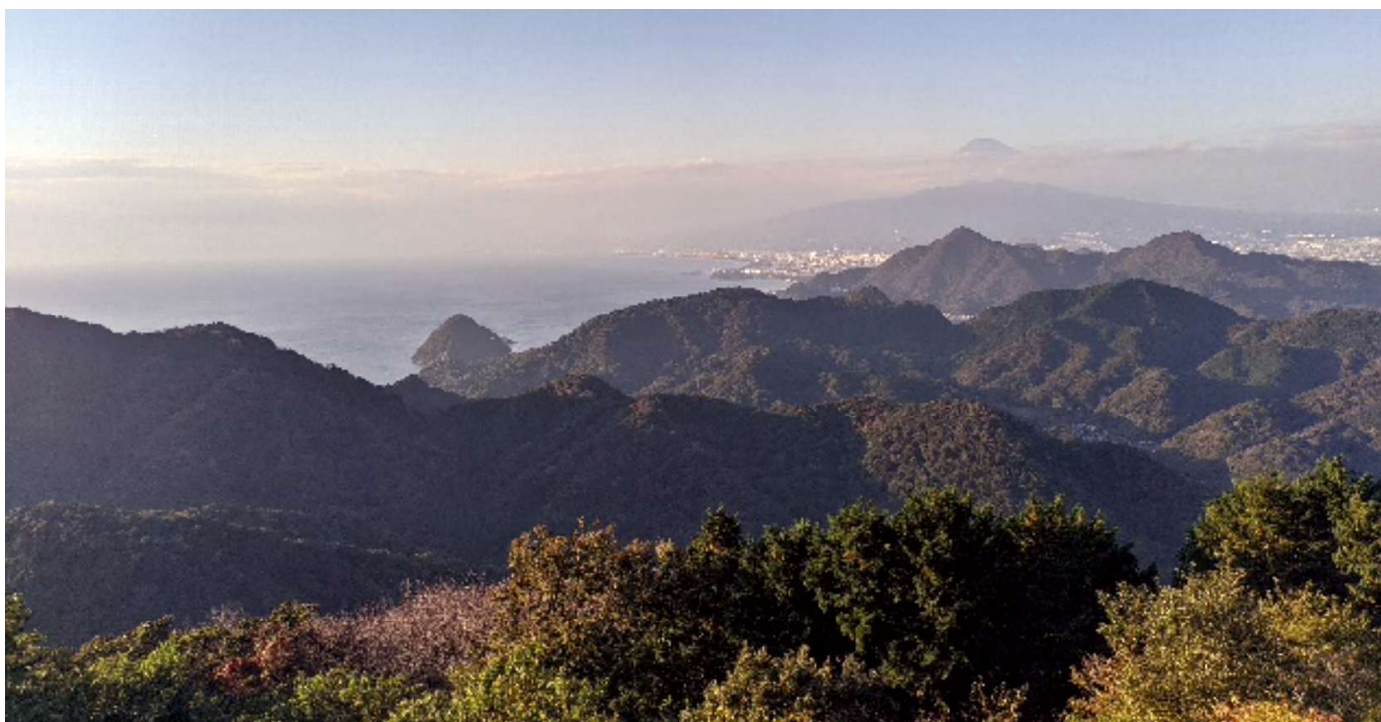
Fazit

Zum Schluss gab es noch eine besonders schöne Überraschung in Form eines Oral Presentation Awards, wodurch ich die Konferenz nur als vollen Erfolg bezeichnen kann. Ein herzliches Arigatou Gozaimasu an die DGKK, die mir diesen Ausflug ermöglicht hat.

Die nächste Ausgabe der Konferenz, die 36. PVSEC, findet vom 16.-21. November 2025 in Bangkok, Thailand, statt.



Japanische Spinnenkrabbe. (Foto: R. Lang)



Blick auf den Berg Fuji im Hintergrund. (Foto: R. Lang)

Indiumphosphidwafer (InP) neu im Portfolio der Freiburger Compound Materials GmbH

Marc Dietrich, Stefan Eichler, Stefan Hölzig, Birgit Müller, Michael Rosch und Berndt Weinert
Freiberger Compound Materials GmbH

Einleitung

Verschiedene Anwendungen auf der Basis von Galliumarsenid (GaAs) erfordern in Mikro- und Optoelektronik eine Vielzahl von unterschiedlichen Kombinationen von Wafereigenschaften wie z. B. dem spezifischen elektrischen Widerstand, der kristallografischen Orientierung oder der Form der Kantenverrundung. Insofern war die Produktpalette der Freiburger Compound Materials GmbH (FCM) schon immer breit. Allerdings war diese bisher auf das Material GaAs beschränkt. Im Sinne der Erschließung weiterer Märkte arbeitet FCM seit einigen Jahren (wieder) an der Herstellung von Indiumphosphid (InP)-Kristallen und -Wafern. Seit kurzem werden erfolgreich InP-Wafer bei Kunden qualifiziert. FCM vertreibt 3-Zoll-Wafer und 100-mm-Wafer sowohl halbleitend als auch halbisolierend. Das wirtschaftliche Interesse an InP beruht auf Anwendungen sowohl im optoelektronischen als auch im mikroelektronischen Bereich. Aufgrund der kleineren Bandlücke als der von GaAs lassen sich Lichtemitter (LED, Laser) mit höherer Wellenlänge um 1550 nm realisieren. Diese werden z. B. für die Datenübertragung in Glasfaserleitungen oder integriert in Siliziumschaltkreisen verwendet. Für LIDAR-Anwendungen zur Abtastung der Umgebung im Automobilbereich ist die größere Wellenlänge insbesondere bei feuchten Wetterbedingungen von Vorteil. Trotz allem Potenzial ist der Markt für InP heute etwa eine Größenordnung kleiner als der des GaAs.



Abb. 1: Polykristalliner InP-Barren von 2,6 cm Breite und 17 cm Länge hergestellt mittels Gasphasentransport bei VEB Spurenmetalle Freiberg 1975-1979. (Foto: Freiburger)

Bei der Herstellung von InP-Wafern kann FCM auf die Expertise aus der GaAs-Waferherstellung zurückgreifen. Trotzdem gab es und gibt es einen hohen Entwicklungsaufwand entlang der gesamten Prozesslinie von der Synthese des polykristallinen InP über die Einkristallzüchtung, die Waferherstellung bis hin zur Erzeugung von epi-ready Waferoberflächen. Kooperationen mit erfahrenen Kristallzüchtungsinstituten in Deutschland wie dem Leibniz-Institut für Kristallzüchtung und dem Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut in Berlin, dem Fraun-

hofer Institut für integrierte Schaltungen und Bauelemente in Erlangen sowie dem Fraunhofer Technologiezentrum Hochleistungsmaterialien in Freiberg haben die Entwicklung wesentlich begleitet.

Kristallzüchtung

Über die Einkristallzüchtung von InP berichteten als erste Mullin et al. im Jahr 1968. Sie nutzten das Liquid-Encapsulated-Czochralski-Verfahren (LEC) [1]. In Freiberg wurde in den 70er Jahren hochreines polykristallines InP als Vorlaufmaterial mittels Gasphasentransport synthetisiert (s. Abb. 1, Abb. 2). Daraus wurden in Stahnsdorf bei Berlin (VEB Gleichrichterwerk) mittels des LEC-Verfahrens 1-Zoll-InP-Einkristalle gezüchtet. Tomzig berichtete 1987 über die LEC-Züchtung von $\langle 111 \rangle$ -orientierten 2-Zoll-Kristallen bei der Wacker-Chemitronic GmbH [2]. 1988/1989 liefen Züchtungsversuche zu 2-Zoll-InP mittels des Synthesis-Solute-Diffusion (SSD)-Verfahrens beim VEB-Spurenmetalle Freiberg.

1986 publizierten Gault et al. zur InP-Züchtung nach dem Vertical-Gradient-Freeze-Verfahren (VGF) [3]. Die Kristalle wurden in $\langle 111 \rangle$ -Richtung gewachsen. Müller et al. berichteten 1993 über die VGF-Züchtung von Kristallen in einem Tiegel mit Keimkanal sowohl in $\langle 111 \rangle$ B- als auch in $\langle 100 \rangle$ -Richtung [4]. Sie untersuchten insbesondere die Zwillingsbildung. Diese führt zu Ausbeuteverlusten an Einkristallmaterial oder zum Totalverlust des Einsatzes. Das Risiko der Zwillingsbildung ist im Falle von InP relativ hoch, da die Stapelfehlerenergie nur ca. ein Drittel der von GaAs beträgt (s. Tab. 1). Die Züchtung von Einkristallen gelingt in der $\langle 111 \rangle$ -Richtung leichter als in $\langle 100 \rangle$ -Richtung. Allerdings ist es für den Folgeprozess der Homoeptaxie aus der Gasphase ungleich schwieriger, gute Schichten auf $\{111\}$ -Oberflächen zu wachsen als auf $\{100\}$ -orientierten Substraten. Deshalb werden für die industrielle Anwendung der InP-Wafer solche mit der Oberfläche im Wesentlichen parallel zur $\{100\}$ -Ebene benötigt [5].

Wolf et al. berichteten 1994 über eisendotierte 2-Zoll-Kristalle der SIEMENS AG aus Erlangen nach dem LEC-Verfahren [6, 7]. Kawabayashi et al. stellten Kristalle sowohl nach den VGF- und LEC-Verfahren als auch nach dem Vapor-Pressure-Controlled-Czochralski-Verfahren (VCZ) her [8]. Sie kamen zu dem Schluss, dass große und versetzungsarme Kristalle eher mit dem VCZ-Verfahren realisierbar wären. Rudolph et al. berichteten 1996 ebenfalls aus Japan über die Phasengrenzform bei der InP-Kristallisation mittels des

Liquid-Encapsulated-Vertical-Bridgman (LEVB)-Verfahrens. Hier wurde der flat-bottom-Ansatz mit einem vollflächigen Keim für die Züchtung von 2-Zoll-Kristallen genutzt [9]. Wafer mit einem Durchmesser von 100 mm wurden 1999 von Young *et al.* gezeigt [5]. 2016 berichteten Morishita *et al.* über 150-mm-InP-Wafer [10]. Die Kristalle züchteten sie nach dem Vertical-Bridgman-Verfahren (VB) in einem Tiegel mit Keimkanal.

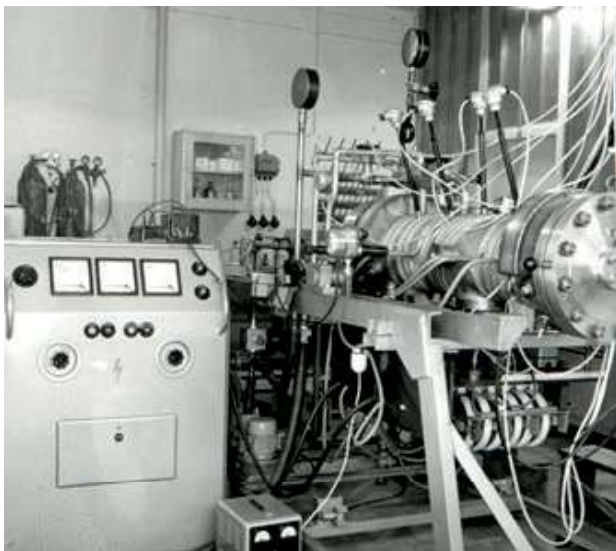


Abb. 2: InP/GaP-Syntheseanlage bei VEB Spurenmetalle Freiberg 1975. (Foto: Freiburger)

Die Kristallzüchtung erfolgt bei FCM analog zum GaAs nach dem VGF-Verfahren in Tiegeln aus pyrolytischem Bornitrid (pBN). Dabei wird aus Kostengründen ein kleiner Keimzylinder genutzt und kein vollflächiger Keim auf dem Tiegelboden. Die relativ geringe Schmelztemperatur ist vorteilhaft bzgl. Materialverschleiß in der Hotzone. Deutlich höher ist der Aufwand im mechanischen Rezipientenaufbau aufgrund des relativ hohen Phosphordampfdrucks. Ein hoher Inertgasdruck muss die Zersetzung des InP verhindern. Vorteilhaft am InP ist seine relativ hohe Wärmeleitfähigkeit. Damit hat der Kristallzüchter mehr Spielraum bei der Einstellung der Phasengrenzform.



Abb. 3: 100 mm-InP-Wafer in einem Carrier zu 25 Stück. (Foto: Freiburger)

Waferherstellung

Die mechanische Bearbeitung des gezüchteten Kristalls

beginnt mit dem Rundschleifen zu einem Zylinder mittels Schleifscheiben mit gebundenem Korn. Durch Drahttrennläppen des Stabes in einer Violdrahtsäge mit losem Korn werden die einzelnen Wafer hergestellt. InP ist weicher als GaAs (geringere Vickershärte) und spröder (geringere Bruchfestigkeit). Das ist nachteilig, da die Mikrorisse bei der mechanischen Bearbeitung weiter in das Material hineinreichen. Im folgenden Polierschritt muss dann entsprechend mehr Material abgetragen werden. Die Prozessschritte sind im Sinne einer mechanisch schonenden Behandlung der relativ spröden Wafer anzupassen. Damit können Kantenausbrüche oder andere mechanische Schäden am Wafer vermieden werden.



Abb. 4: Rundgeschliffene InP-Kristalle ohne Kopf und Fuß mit Durchmessern von 3", 4" und 6". (Foto: Freiburger)

Sowohl in der Vorpolitur zur Einstellung der Ebenheit der Wafer als auch in der Endpolitur zur Herstellung der spiegelnden epi-ready Oberfläche verhält sich InP deutlich verschieden von GaAs. Das hat seine Ursache im relativ hohen ionischen Anteil der In-P-Bindung. Während der Polierprozess von GaAs als Redoxprozess abläuft, wird für InP eine Hydrolyse genutzt [16]. Dafür wurden neue Zusammensetzungen der Polierlösungen gefunden. In der Politur ist das relativ weiche Material stärker anfällig auf die Ausbildung von Kratzern. Im Gegensatz zum GaAs wächst die Oxidschicht auf der InP-Waferoberfläche mit der Zeit nicht weiter. Deshalb können epi-ready InP-Wafer auch nach längerer Lagerung noch epitaxial werden.

Die Abwässer aus der InP-Bearbeitung sind getrennt von denen der GaAs-Herstellung zu sammeln und zu behandeln. Das wird zukünftig relativ einfach möglich sein, denn der Großteil der Schritte der Waferherstellung wird in einer eigens für InP konzipierten Fab durchgeführt werden. Auch das Recycling von Hilfs- und Betriebsstoffen und insbesondere von Indium wird betrieben bzw. entwickelt.

Das europäische Interesse an der InP-Waferherstellung

Seitens der Europäischen Kommission wird die InP-Entwicklung bei FCM besonders gewürdigt. Im Herbst 2023 hatte die Kommission das „Important Project of Common European Interest in microelectronics and communication

Material	InP	GaAs
Kristallstruktur	Zinkblende	Zinkblende
Schmelzpunkt	1060°C	1238°C
Dampfdruck As bzw. P am Schmelzpunkt	27 bar [11]	0.71(4) bar [12]
Wärmeleitfähigkeit (300 K)	0.68 W cm ⁻¹ K ⁻¹	0.48 W cm ⁻¹ K ⁻¹
Spezifische Wärmekapazität (300 K)	0.31 J g ⁻¹ K ⁻¹	0.325 J g ⁻¹ K ⁻¹
Reduzierte Stapelfehlerenergie [13]	17(3) meV/Atom	47(5) meV/Atom
Ionizität der Bindung [14]	0.42	0.31
Vickershärte (0.05 .. 1) N	3.94 × 10 ⁹ Pa	6.52 × 10 ⁹ Pa
Bruchfestigkeit	niedriger	höher
Bandlücke (300 K)	1.344 eV	1.42 eV
Elektronenbeweglichkeit (300 K)	5400 cm ² V ⁻¹ s ⁻¹	8800 cm ² V ⁻¹ s ⁻¹
Löcherbeweglichkeit (300 K)	200 cm ² V ⁻¹ s ⁻¹	450 cm ² V ⁻¹ s ⁻¹
Effektive Elektronenmasse	0.08 m ₀	0.068 m ₀

Tabelle 3: Physikalische Eigenschaften von InP im Vergleich zu denen von GaAs ([15], wenn nicht anders angegeben).

technologies“ (IPCEI ME/CT) genehmigt und damit den Weg für die Förderung von rund 100 europäischen Projekten aus 14 Mitgliedstaaten geebnet [17]. In Deutschland beteiligen sich 31 Unternehmen. Das FCM-Projekt läuft über fünf Jahre und gliedert sich in drei Teile, die alle im Wesentlichen auf die Durchmesservergrößerung von Wafern ausgerichtet sind: InP von 100 mm auf 150 mm, GaAs von 150 mm auf 200 mm und GaN auf von 3“ auf 100 mm. Die Bundesrepublik und das Land Sachsen unterstützen die ehrgeizigen Pläne mit Fördermitteln von der Phase der Forschung und Entwicklung bis zur Überführung der FuE-Ergebnisse in die erste industrielle Anwendung. Das IPCEI ME/CT bildet in vier Teilbereichen die gesamte Wertschöpfungskette für die Fertigung anwendungsspezifischer Komponenten in Europa ab.

Über die FCM

Als Substrathersteller arbeitet FCM am Anfang der Lieferkette in den Work Streams ACT und COMMUNICATE mit [18]. Die Freiburger Compound Materials GmbH (FCM) ist einer der führenden Hersteller von Galliumarsenid (GaAs)-Substraten für die Mikro- und Optoelektronik und genießt einen exzellenten Ruf als Hersteller hochebener, hochreiner Wafer, die sowohl für MOCVD als auch MBE eingesetzt werden. FCM ist das weltweit einzige Unternehmen, das hochqualitative GaAs-Einkristalle sowohl nach der LEC (Liquid Encapsulated Czochalski)- als auch nach der VGF (Vertical Gradient Freeze)-Technologie züchten kann und deckt mit seinen Produkten – halbleitende und halbleitende Wafer bis 150 mm Durchmesser (200 mm in Entwicklung) - alle wesentlichen Anwendungsgebiete für GaAs-Substrate ab.

Halbleitende GaAs-Wafer sind für die drahtlose Kommunikation unverzichtbar und werden zum Beispiel in Mobiltelefonen, drahtlosen Netzwerken, Verkehrsleitsystemen und in der Satellitennavigation eingesetzt. Halbleitende GaAs-Wafer werden für optoelektronische Anwendungen in LEDs und Laserdioden genutzt.

FCM ist nach DIN ISO 9001, DIN EN ISO 14001 und DIN EN 50001 zertifiziert.

Wir bedanken uns für die Unterstützung unserer Arbeit mit Fördermitteln bei



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Literatur

- [1] J.B. Mullin, R.J. Heritage, C.H. Holliday, B.W. Straughan, Liquid encapsulation crystal pulling at high pressures, *Journal of Crystal Growth* 3–4 (1968) 281–285.
- [2] E. Tomzig, Entwicklung von InP-Substratmaterial: Abschlußbericht, Wacker-Chemitronic GmbH (1987).
- [3] W.A. Gault, E.M. Monberg, J.E. Clemans, A novel application of the vertical gradient freeze method to the growth of high quality III–V crystals, *Journal of Crystal Growth* 74 (1986) 491-506.
- [4] G. Muller, D. Hofmann, N. Schafer, Perspectives of the VGF growth process for the preparation of low-defect InP substrate crystals, (5th) International Conference on Indium Phosphide and Related Materials, Paris, France (1993) 60-65.
- [5] M. Young, X. Liu, D. Zhang, M. Zhu, X.Y. Hu, Latest developments in vertical gradient freeze (VGF) technology: GaAs, InP, and GaP, *Materials Science and Engineering: B* 66 (1999) 1-6.
- [6] D. Wolf, G. Hirt, F. Mosel, G. Müller, J. Völkl, Preparation and characterization of semi-insulating 2 in InP wafers having a low Fe content by wafer annealing, *Materials Science and Engineering: B* 28 (1994) 115-119.
- [7] D. Wolf, G. Hirt, G. Müller, Control of Low Fe Content in the Preparation of Semi-Insulating InP by Wafer Annealing, *Journal of Electronic Materials* 24 (1995) 93-97.
- [8] S. Kawarabayashi, M. Yokogawa, A. Kawasaki, R. Nakai, Comparisons between conventional LEC, VCZ and VGF for the growth of InP crystals, *Proceedings of IEEE 6th International Conference on Indium Phosphide and Related Materials (IPRM)*, Santa Barbara, CA, USA (1994) 227-230.
- [9] P. Rudolph, F. Matsumoto, T. Fukuda, Studies on interface curvature during vertical Bridgman growth of InP in a flat-bottom container, *Journal of Crystal Growth* 158 (1996) 43-48.
- [10] T. Morishita, K. Kounoike, S. Fujiwara, Y. Hagi, Y. Yabuhara, Crystal Growth and Wafer Processing of 6" Indium Phosphide Substrate, CS ManTech Conference, Miami, Florida, USA (2016) 79-81.
- [11] P. Schwesig, Zum Einfluss der Prozessparameter auf die Bildung von Kristalldefekten bei der Züchtung von 2" InP Einkristallen mit dem vertikalen Gradient-Freeze-Verfahren, *Dissertation Universität Erlangen-Nürnberg* (2009).
- [12] S. Hegewald, K. Hein, C. Frank, M. John, E. Buhrig, Investigation on the equilibrium vapour pressure over a GaAs melt, *Cryst. Res. Technol.* 29 (1994) 549-554.
- [13] H. Gottschalk, G. Patzer, H. Alexander, Stacking fault energy and ionicity of cubic III–V compounds, *physica status solidi (a)* 45 (1978) 207-217.
- [14] J.C. Phillips, *Bonds and Bands in Semiconductors*, Academic Press, New York/London (1973).
- [15] Physikalische Eigenschaften, 18.09.2024, <https://freiberger.com/produkte/physical-properties/>.
- [16] H. Löwe, P. Keppel, D. Zach, C. Moritz, *Halbleiterätzverfahren*, Akademie-Verlag Berlin (1990).
- [17] State aid: Commission approves up to €8.1 billion of public support by fourteen Member States for an Important Project of Common European Interest in microelectronics and communication technologies, 08.06.2023, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_3087
- [18] Welcome to IPCEI ME/CT, 18.09.2024, <https://ipcei-me-ct.eu>

DGKK-Personen

Verstorbene

Wir gedenken der Verstorbenen:

Herrn Prof. Joachim Bohm,	Berlin
Herrn Prof. Manfred Mühlberg,	Berlin

Mitglieder 2024, zweite Jahreshälfte

Wir begrüßen seit dem 21.06.2024 als neue Mitglieder (Stand 17.12.2024):

Neumitglieder / Privatpersonen:

Frau Dr. Milena Petkovic,	IKZ Berlin
---------------------------	------------



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.com



Über die DGKK

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

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

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

Beisitzer

Sebastian Gruner
Freiberger Compound Materials GmbH
Am Junger-Löwe-Schacht 5, 09599 Freiberg
Tel.: 03731 / 280 670
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:

01.12.2024

ISSN 2193-374X (Druck)
ISSN 2193-3758 (Internet)
Gesetzt mit pdfL^AT_EX.

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 €



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 Luxussegmenten. **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



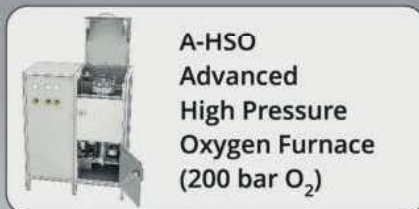


SCIDRE
SCIENTIFIC INSTRUMENTS DRESDEN GMBH

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 O₂)



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

Scientific Instruments Dresden GmbH
Gutzkowstraße 30
01069 Dresden, Germany

Web page
E-mail
Phone

www.scidre.de
info@scidre.de
+49 (0)351 8422 1470