

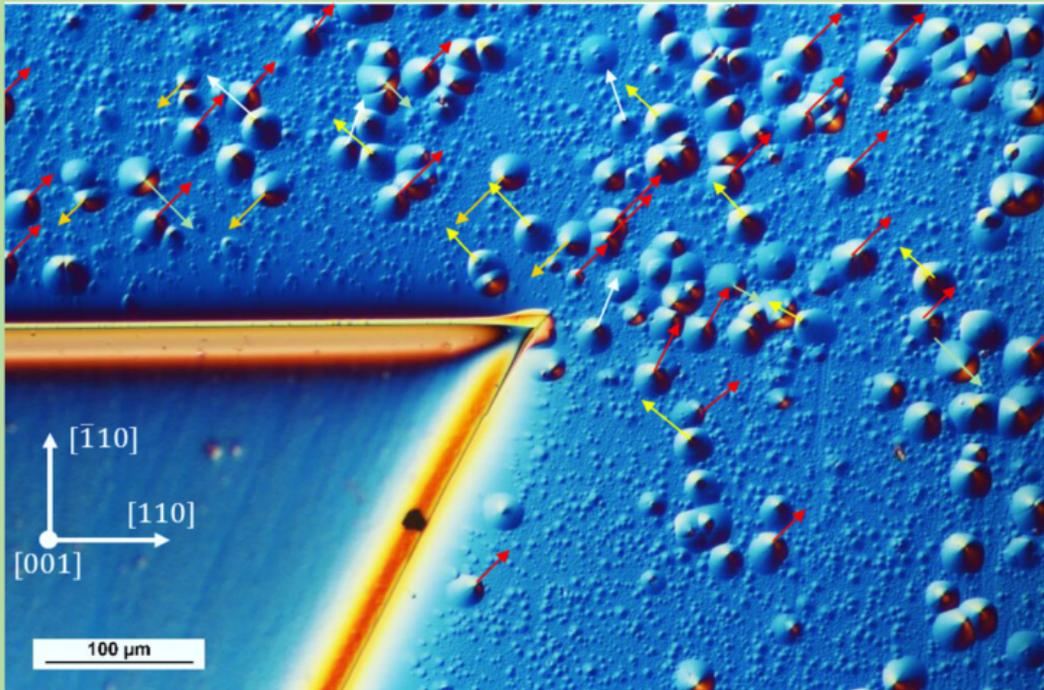


ISSN 2193-3758

Mitteilungsblatt
Nr. 112 / 2021



Deutsche Gesellschaft
für Kristallwachstum und
Kristallzüchtung e.V.

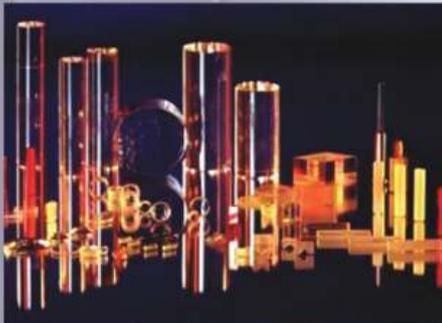


Inhaltsverzeichnis

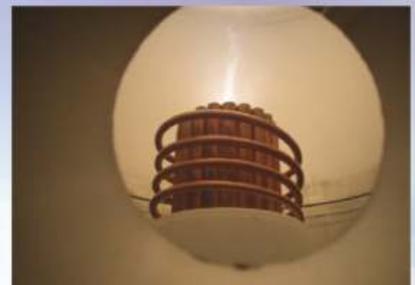
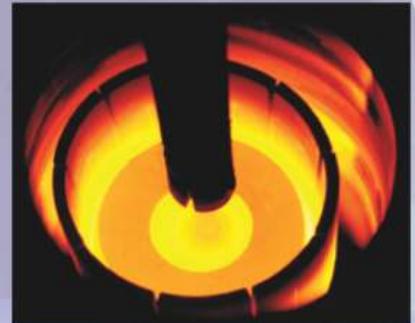
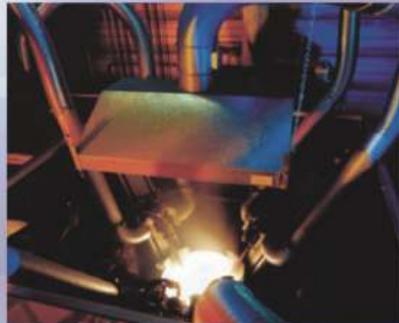
| | |
|---------------------------------------|----|
| Der Vorsitzende / Editorial | 3 |
| DGKK intern | 5 |
| DGKK Fokus | 14 |
| DGKK Nachrichten | 19 |
| DGKK Personen | 23 |

SurfaceNet

Crystals



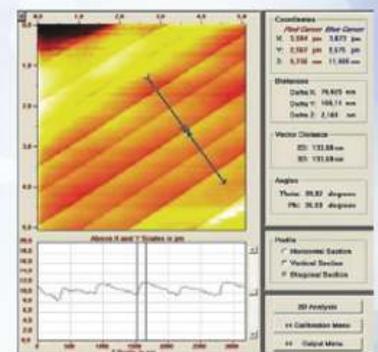
Crystal Puller



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 Kristallzüchterinnen und Kristallzüchter,

das wichtigste Ereignis für unsere Gesellschaft dieses Jahr war sicherlich die so erfreulich stark besuchte und in jeder Hinsicht sehr erfolgreiche Deutsche Kristallzüchtungstagung DKT-2021, die endlich wieder die Möglichkeit für den persönlichen Austausch und Diskussionen bot, ohne abstürzendes WLAN oder eingefrorene Video-Übertragungen. Für die umsichtigen Vorbereitungen unter erschwerten Randbedingungen und die perfekte Durchführung der Tagung möchte ich auch im Namen des Vorstandes und aller unserer Mitglieder unseren Kolleginnen und Kollegen am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung in Berlin sowie allen weiteren Beteiligten recht herzlich danken! Auch allen Teilnehmern der gut besuchten Mitgliederversammlung, die damit beschlussfähig war und die Wahl des neuen Vorstandes ermöglichte, dessen Amtszeit dann am 01.01.2022 beginnt.

Als scheidender Vorsitzender möchte ich mich an dieser Stelle auch bei allen Vorstandskolleginnen und -kollegen für die sehr effektive und vertrauensvolle Zusammenarbeit bedanken! Es war und ist immer eine große Freude, in nahezu familiärer Atmosphäre die Meinungen auszutauschen, Aktionen und Diskussionen anzuregen und gute, praktikable Lösungen zu finden, die der ganzen Gesellschaft zugutekommen. Dank dieser ausgezeichneten Zusammenarbeit und den vielen Anregungen und Hinweisen unserer Mitglieder ist unsere Gesellschaft trotz der schwierigen Rahmenbedingungen der letzten 18 Monate weiterhin sehr gut aufgestellt: sowohl inhaltlich mit unseren aktiven Arbeitskreisen und insbesondere unseres sehr engagierten Nachwuchses der jDGKK, aber

auch in Bezug auf recht stabile Mitgliederzahlen, Finanzen und einer guten Vernetzung national wie international. Und so wünsche ich dem neu gewählten Vorstand ebenfalls viel Freude und Erfolg für die Zukunft!

Beim heutigen Blick auf die Entwicklung der pandemischen Lage, jetzt im Dezember 2021, bin ich erleichtert über den Beschluss, die nächste reguläre Deutsche Kristallzüchtungstagung erst im März 2023 in Augsburg zu planen, um dann wieder in unseren traditionellen Rhythmus der Frühjahrstagungen zurückzukommen. Dies nimmt uns den Druck der Ungewissheit der Situation im Frühjahr 2022, und mit der Europäischen Kristallzüchtungstagung ECCG-7 (25.-27.7.22) und Schule ESCG-3 (20.-23.7.22) im Sommer in Paris sollte hoffentlich eine Tagung mit der Möglichkeit für den persönlichen wissenschaftlichen Austausch stattfinden können. Unsere Mitgliederversammlung sollte dann im Rahmen eines größeren Arbeitskreistreffens 2022 situationsangepasst auch stattfinden können.

Persönlich werde ich auch jetzt im Ruhestand unserer Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung eng verbunden bleiben und da, wo möglich und nötig, auch gerne weiterhin zur Verfügung stehen.

Abschließend wünsche ich Ihnen allen besinnliche aber auch frohe Weihnachten und für das kommende Jahr wieder viel Freude und Erfolg beim Züchten von perfekten, großen, besonderen oder einfach nur schönen Kristallen, alles Gute, vor allem aber Gesundheit!

Andreas Danilewsky

Inhaltsverzeichnis

| | | | |
|--|----|--|----|
| Der Vorsitzende | 3 | L. Schreiber, D. Bougeard: Quantum Computing | 14 |
| Editorial | 4 | DGKK-Nachrichten | 19 |
| Titelbild | 4 | XRT micron | 19 |
| DGKK-intern | 5 | K.-P. Gradwohl: DGKK-Nachwuchspreis | 20 |
| DKT 2021 | 5 | Weltraumforschung in Franken | 21 |
| Treffen der jDGKK im IKZ Berlin | 7 | IKZ-DESY: Förderung der IFB Hamburg | 22 |
| Protokoll der Mitgliederversammlung 2021 | 8 | DGKK-Personen | 23 |
| Der DGKK-Vorstand 2022-2023 | 12 | Prof. Georg Müller zum 80. Geburtstag | 23 |
| DGKK-Fokus | 14 | Jubilare | 24 |
| | | Mitglieder 2021, zweite Jahreshälfte | 24 |
| | | Trauer: Horst Linn | 25 |
| | | Über die DGKK | 26 |

Editorial

Verehrte Leserinnen und Leser,

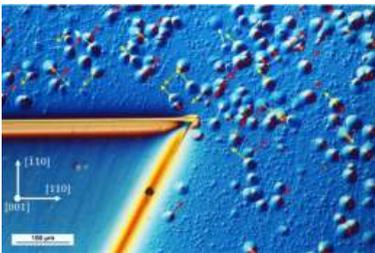
Ihnen allen wünsche ich ein gesundes und gutes Jahr 2022! Aufgrund der Verlegung der diesjährigen Kristallzüchtungstagung vom Frühjahr auf den Herbst berichten wir erst in diesem Heft über die Tagung DKT-2021 und über das Treffen der "jungen Kristallzüchter". In gebotener Ausführlichkeit wird über die DGKK-Mitgliederversammlung einschließlich der Wahl des neuen DGKK-Vorstandes für die Jahre 2022-2023 berichtet, und die neuen Vorstandsmitglieder werden mit Bild und Kurztext vorgestellt. Im Fokus-Artikel stellen Lars Schrei-

ber und Dominique Bougeard ihre Forschung zum Quantum Computing vor, die auf der Handhabung von Elektronenspins in Halbleitern basiert (ab S. 14).

In diesem Jahr werden wir keine DKT haben, um so mehr hoffen wir, dass dann im MB über andere Veranstaltungen unserer Fachwelt und auch weiterhin u.a. über abgeschlossene Dissertationen berichtet wird. Eine interessante Lektüre des vorliegenden Heftes wünscht Ihnen

Klaus Böttcher

Titelbild



Quelle: K.-P. Gradwohl, IKZ Berlin

The figure shows an optical microscopy image in differential interference contrast of an etch figure of a (001) wafer of high-purity germanium (Ge). The Ge was chemo-mechanically polished and subsequently etched in HF/HNO₃/Cu(NO₃)₂, which preferentially attacks dislocation cores on 001 surfaces (large pits). The intersection of two twin boundaries can be seen in the bottom left corner of the image. The etchant is not defect-selective in this part on the crystal surface; hence no pits can be observed. The etch pit shapes indicate at which angle the dislocations cut the sample surface and are marked by the colored arrows. This enables a dislocation density analysis resolved in the crystallographic direction of dislocation lines, yielding deeper insight into the defect structure of Ge.

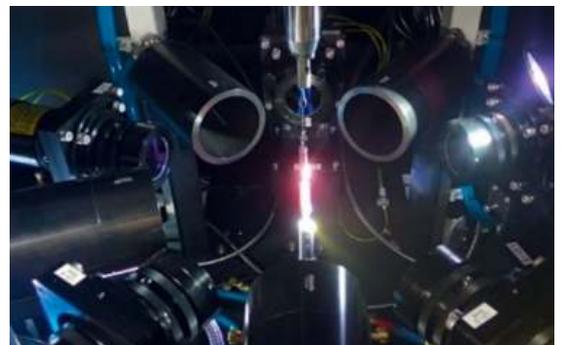


qd-europe.com

Innovativer Schmelzzonenofen mit Diodenlaser für die Kristallzucht

Die ideale Lösung auch für schwierig zu erzeugende Kristalle

- Geeignet für Temperaturen bis zu 3.000 °C
- Exzellente Homogenität der eingestrahelten Energie
- Strahlprofile sind für die Kristallzucht optimiert
- Temperaturmessung und Steuerung in Echtzeit



Sr₂RuO₄



Rubin, T_m ~2072 °C



SmB₆, T_m ~ 2345 °C



YIG, Y₃Fe₅O₁₂

DGKK-intern**Deutsche Kristallzüchtungstagung DKT 2021, Berlin-Adlershof, 6.-8.10.2021**

Andreas Erb, Walther-Meißner-Institut, Garching

Die Covid-19-Problematik der vergangenen 2 Jahre hatte auch für uns von der DGKK erhebliche Konsequenzen, wobei wir es wohl aber als eine der wenigen Gesellschaften geschafft haben, sowohl 2020 als auch 2021 eine Jahrestagung in Präsenz abzuhalten.

Mit halbjähriger Verschiebung durch die Covid-19-Problematik und unter Hygieneauflagen (Teilnehmerbegrenzung) trafen sich hochbeglückt etwa 80 wackere DGKK-Mitglieder und Gäste zur Jahrestagung DKT-2021 in Berlin-Adlershof. Am Tag zuvor hatte schon die jDGKK in den gleichen Räumlichkeiten getagt. Mit dem direkt an das IKZ angrenzenden Max-Born-Saal war auch eine Räumlichkeit vorhanden, in der man unter den vorgegebenen Hygienevorschriften in Präsenz tagen kann.

Hervorragend organisiert wurde diese Tagung von Herrn Matthias Bickermann, Wolfram Miller und ihrem Team vom IKZ Berlin. Trotz der Beschränkungen und Schwierigkeiten war es den Organisatoren gelungen, auch Aussteller für die Tagung zu gewinnen. In Abwesenheit des 1. Vorsitzenden, welcher durch persönliche Gründe kurzfristig verhindert war, wurde die Tagung vom 2. Vorsitzenden Herrn A. Erb aus Garching und von Herrn M. Bickermann vom IKZ eröffnet.

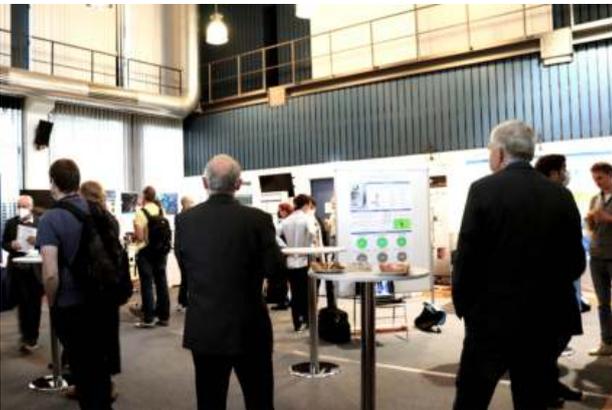


Abb. 1: Die Postersitzung wurde entsprechend sehr rege besucht und das Poster-Preiskomitee war nicht zu beneiden, unter den vielen hochqualitativen Beiträgen die besten auszusuchen. (Foto: IKZ)



Abb. 2: Sehr begünstigt waren wir durch das Wetter, welches es erlaubte die Kaffeepausen weitestgehend im Freien und unter vereinfachten „Corona Bedingungen“ durchzuführen. (Foto: IKZ)

Am ersten Tag gab es 2 Sitzungen mit 4 bzw. 3 Vorträgen zur Züchtung von Massivkristallen, davon 1 eingeladener Vortrag von Herrn Christian Hell von IV IR Optics GmbH über die Züchtung von Germanium-Volumenkristallen. Die Vorträge waren gefolgt von der neu eingeführten Kurzpräsentation der Poster, den sogenannten „Lightning Talks“, einer Idee, welche wir uns bei der jDGKK abgeschaut haben und welche das Publikum verstärkt an die Poster ziehen soll.



Abb. 3: Während der Mitgliederversammlung (Foto: IKZ)

Die abendliche Mitgliederversammlung fand mit immerhin 42 DGKK-Mitgliedern statt und konnte trotz Vorstandswahlen und Wahl zu Ehrenmitgliedern in der erstaunlich kurzen Zeit von 2 Stunden durchgeführt werden. Dafür gebührt vor allem unserer Schriftführerin Christiane Frank-Rotsch großer Dank, waren doch die Wahlen bestens vorbereitet und konnten mit Herrn Bickermann als Wahlleiter rasch erledigt werden.

Neben dem kompletten Vorstand waren wir auch in der Lage, 3 neue Ehrenmitglieder zu wählen. Der Vorschlag des Vorstands: Herrn Prof. Wolf Aßmus, Herrn Manfred Jurisch und Herrn Prof. Manfred Mühlberg fand breite Zustimmung und löste bei dem anwesenden Herrn Mühlberg einige Überraschung aus.



Abb. 4: DGKK-Nachwuchspreisträger Kevin-Peter Gradwohl erhält die Urkunde vom 2. Vorsitzenden Andreas Erb (Foto: IKZ)

Der zweite Tag unseres Meetings begann mit der Session zum epitaktischen Wachstum von GaN verschiedener Dotierungen und mittels verschiedener Herstellungsmethoden. Als eingeladener Sprecher berichtete Tim Wernicke über die Herstellung von UV-LEDs, welche auf AlGaIn basieren.

In der folgenden Session wurde in 2 bemerkenswerten Beiträgen über die Kristallzüchtung für Detektoren im Bereich der Teilchenphysik und die Fortschritte hinsichtlich Größe und Reinheit bei der Herstellung solcher Kristalle berichtet. Michael Heuken berichtete in der folgenden Session über den Weg zur Massenproduktion anwendbarer MOCVD-Schichten bei Aixtron.



Abb. 5: Die Gewinner des Poster-Preises Darren C. Peets und Sebastian Gruner kamen auf die exakt gleiche Punktzahl des Preiskomitees und wurden deshalb beide geehrt (Foto: IKZ)



Abb. 6: Herr Dr. Manfred Jurisch erhält die Urkunde als Ehrenmitglied der DGKK (Foto: IKZ)

Ein ganz wesentlicher Programmpunkt und gleichfalls eine Neuerung bei den DKTs war eine Session mit dem Fokusthema "Technologiesouveränität" mit mehreren eingeladenen Sprechern aus der Industrie und aus Forschungsinstituten. Erörtert wurde hier vor allem die Wichtigkeit der Technologie und Methodik der Kristallzüchtung für den Standort Deutschland. Wirklich bemerkenswert war dabei das Aufzeigen von Materialtransfer und Wertschöpfung weltweit am Beispiel von GaAs für die Anwendung in Mobiltelefonen. Durch die globale Vernetzung der Weltwirtschaft und international operierende Firmen laufen Deutschland und Europa Gefahr, sich von Billiglohnländern wirtschaftlich abhängig zu machen.

Das Verlieren von Schlüsseltechnologien birgt ganz selbstverständlich auch erhebliche strategische Gefahren, insbesondere wenn diese Technologien in außereuropäische und bisweilen nicht eben demokratische Staaten abwandern und von diesen exklusiv ersetzt werden.

Solche fokussierten Sessions sollten unbedingt auch in Zukunft veranstaltet werden, um Kontakt mit Industrie und Politik zu halten bzw. aufzubauen und insbesondere die Politik für die Problematik zu sensibilisieren. Tatsächlich sollte es auch Ziel sein, die Ausbildung zum Kristallzüchter auch an den Universitäten wieder verstärkt zu fördern.

Vor der Abendveranstaltung folgte dann noch der Vortrag des diesjährigen DGKK-Nachwuchspreisträgers Kevin-Peter Gradwohl, welcher über die Simulation der Versetzungsdynamik in Halbleitern berichtete.

Wie immer bei DGKK-Tagungen stellte auch dieses Mal die gemeinsame Abendveranstaltung und das Zusammensitzen einen wichtigen Teil der Veranstaltung dar. Dieser soziale Teil kann auf hybriden oder virtuellen Tagungen natürlicherweise nicht stattfinden, ist aber doch ein wesentlicher Teil unserer doch recht überschaubaren Gemeinschaft.



Abb. 7: Herr Prof. Manfred Mühlberg, der langjährige Schatzmeister unserer Gesellschaft, nach der Wahl mit der Urkunde als Ehrenmitglied (Foto: IKZ)



Abb. 8: Die letztjährigen Ehrenmitglieder Prof. Georg Müller und Prof. Peter Rudolph erhalten die goldene Ehrennadel (Foto: IKZ)

Im Rahmen dieser Abendveranstaltung fanden auch die Ehrungen für die Preisträger der Posterpreises sowie die Übergabe der Urkunden und Anstecknadeln für die Ehren-

mitglieder statt. Herr Prof. Wolf Aßmus war leider nicht auf der Tagung anwesend. Wir werden die Ehrung bei nächster Gelegenheit nachholen.

Am Freitag, dem letzten Tag der DKT-2021, fanden noch 2 weitere Sessions mit insgesamt 4 eingeladenen Vorträgen und 4 weiteren Beiträgen statt. Jochen Friedrich, welcher die letzte Session der Tagung leitete, schloss seine Session aber auch eigentlich schon fast die Tagung mit den Worten über

seine Freude, dass es doch gelungen sei, auch 2021 wieder eine Tagung in Präsenz durchzuführen. Viele von uns hatten nach der Münchner Tagung, die in der letzten Woche vor Schließung der TUM eben gerade noch stattfinden konnte, wegen der großen Problematik mit Präsenzveranstaltungen, dies nicht zu hoffen gewagt.

Ein großes Dankeschön noch einmal für die Organisatoren vom IKZ um Matthias Bickermann und Wolfram Miller.



Abb. 9: Die Teilnehmer, versammelt am Mox-Born-Saal (Foto: IKZ)

10. Jährliches Treffen der "jungen Kristallzüchter" (jDGKK)

Sebastian Gruner, RWTH Aachen

Traditionell vor der DKT-Tagung fand trotz aller pandemiebedingten Widrigkeiten auch am 05./06.10.2021 am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) in Berlin-Adlershof das jährliche Treffen der jDGKK in Präsenz statt. Dieses Jahr war ein ganz besonderes Event, denn wir durften unser zehnjähriges Jubiläum dieser Seminare begehen.

Zu diesem freudigen Anlass gab es ein vielseitiges Programm, bestehend aus Präsentationen seitens akademischer Forschung, Vertretern aus der Industrie und einer Patentanwaltskanzlei. Diese Beiträge sollten dem jungen Auditorium einen



Die jungen Kristallzüchter sowie einige Vortragende.
Foto: Jan Philipp Wöhrle

Überblick verschaffen, welche beruflichen Optionen sich abseits des eigenen Arbeitsumfeldes innerhalb der Kristallzüchtung bieten.

Unsere Gastgeber am Leibniz-IKZ ermöglichten uns zudem äußerst interessante Labor-Führungen durch die Züchtungshallen für Halbleiter- und Oxidkristalle.

Darüber hinaus haben die Teilnehmerinnen und Teilnehmer aktiv in Form von Lightning Talks und der Präsentation wissenschaftlicher Poster beigetragen, was in diesem Jahr erstmalig so auch bei der DKT-Tagung übernommen wurde. Einige Teilnehmer ließen sich durchaus motivieren, ihre Beiträge erneut bei der Haupttagung zu präsentieren. Nicht zuletzt war ein zentraler Inhalt des Seminars Fachkollegen/-innen kennenzulernen, sich sozial miteinander zu vernetzen und zu wissenschaftlichen Fragestellungen auszutauschen.

Die jDGKK bedankt sich ganz herzlich beim Vorstand der DGKK für sämtliche Unterstützung bei der Organisation und Finanzierung des Seminars. Ebenfalls danken wir allen Vortragenden, Teilnehmern/-innen, den Laborführern und allen weiteren Helfern vor Ort.

Das im Oktober 2020 ausgefallene gemeinsam geplante Seminar der jDGKK und der jungen Kristallographen (yDGK) in Freiberg soll nun im Oktober 2022 stattfinden.

Protokoll der Mitgliederversammlung 2021

Anwesende:

DGKK-Mitglieder:

M. Bickermann, K. Böttcher, K. Dadzis, A. Erb, O. Ernst, Ch. Frank-Rotsch, J. Friedrich, M. Germann, P. Gille, K. Giziewicz, K.-P. Gradwohl, S. Gruner, Ch. Hell, M. Heuken, A. Jesche, F.-M. Kießling, K. Kliemt, C. Krellner, K.-D. Luther, G. Meisterernst, W. Miller, A. Molchanov, M. Mühlberg, G. Müller, J. Pal, D. Peetz, P. Rotsch, M. Rosch, P. Rudolph, P. Saß, S. Schimmel, R. Schöndube, Th. Schröder, L. Smejkalova, L. Stockmeier, K. Stolze, I. Streicher, R. Sumathi, Y. Tomm, N. van Well, J.-P. Wöhrle, N. Wolff, S. Wurmehl

Gäste:

F. Anger

Ort:

Max-Born-Saal, 12489 Berlin

Zeit:

Mittwoch, 06. Oktober 2021, 18:45 Uhr

TOP 1 Begrüßung und Feststellen der Beschlussfähigkeit

Es sind zu diesem Zeitpunkt **43** Mitglieder und **1** Gast anwesend, d.h. laut Satzung ist die Versammlung beschlussfähig. Der stellvertretende Vorsitzende der DGKK Andreas Erb begrüßt im Auftrag des leider verhinderten Vorsitzenden Andreas Danilewsky die Anwesenden. Er stellt fest, dass frist- und formgerecht eingeladen worden ist.

TOP 2 Bericht des Vorsitzenden

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

Klaus Jacobs und Peter Rudolph feierten ihren 75. Geburtstag und Alexander Chernov den 90. Geburtstag.

Weiterhin gratuliert er dem diesjährigen Preisträger des DGKK-Preises für Nachwuchsforscher 2021 Kevin-Peter Gradwohl.

Leider sind auch langjährige Mitglieder und der Kristallzüchtung nahestehende Kollegen für immer von uns gegangen. Die DGKK-Mitgliederversammlung gedenkt der Verstorbenen Dr. Johannes Baumgartl, Dr. Holger Jürgensen, Dr. Gerd Lamprecht und Dr. Hans-Jürgen Walitzki.

A. Erb beginnt seinen Bericht mit einer kurzen Übersicht von Veranstaltungen, die unter Schirmherrschaft und Beteiligung der DGKK seit März 2020 stattgefunden haben. Bedingt durch die COVID-19-Pandemie wurden die meisten Veranstaltungen abgesagt bzw. verschoben. Im März 2020 fand die

Jubiläums-DKT und damit verbunden das Treffen der Jungen DGKK noch in München statt. An der DKT-2020 nahmen 85 Personen teil. Im Jahr 2020 konnte sich nur der Arbeitskreis Laser im Oktober in Berlin treffen. Am IKZ wurde eine virtuelle Winterschule organisiert. Bedingt dadurch, dass nahezu keine Tagungen stattgefunden haben, wurden auch keine Anträge auf Reisekosten gestellt.

Weiterhin berichtet er, dass der Vorstand seine Arbeit vor allem auf drei Videokonferenzen und einem Treffen vor der DKT abgestimmt hat.

Er weist darauf hin, dass Informationen zu Kursen und Vorlesungen auf dem Gebiet der Kristallzüchtung auf der DGKK-Webseite zu finden sind, diese aber seit der letzten DGKK nicht aktualisiert wurden, da keine neuen Informationen zugesandt wurden. Hinweise können per Email an: internet.redaktion@dgkk.de gesendet werden.

Die Mitteilungsblätter 109, 110 und 111 sind termingerecht erschienen. Es geht ein Dank an Klaus Böttcher für die bereits geleistete Arbeit und an die Inserenten. Es wird darum gebeten, Artikel zu abgeschlossenen Master- und Promotionsarbeiten einzureichen.

Die DGKK ist gegenwärtig bereits international gut vernetzt, und auch national konnte die Zusammenarbeit mit anderen Verbänden gestärkt werden, so z.B. die Zusammenarbeit mit der DGK.

Die DGKK ist Mitglied im BV Matwerk und diese Mitgliedschaft erscheint dem Vorstand weiterhin sinnvoll insbesondere in Bezug auf Vernetzung und Politik. W. Miller berichtet zu diesem Thema, insbesondere über die online-Klausurtagung der Geschäftsführer vom 31.05.21. Die nächste Mitgliederversammlung soll als Hybridveranstaltung am 22.10.21 in Stuttgart stattfinden, bei welcher A. Danilewsky die DGKK vertreten wird.

M. Bickermann berichtet über Aktuelles bei der DFG in Bezug auf die Kristallzüchtung. So führt er aus, dass die durchschnittliche Bewilligungsquote bei der DFG sinkt und gegenwärtig ca. 25 % beträgt, es sind dabei keine höheren Erfolgchancen bei Neuantragstellern bzw. bei Verlängerungen zu erkennen. Es zeichnet sich aber ein Trend zu Wiedereinreichung von zuvor abgelehnten Anträgen ab.

A. Erb weist darauf hin, dass noch Exemplare des Crystal Research & Technology Sonderbandes "50th Anniversary of the German Association for Crystal Growth" vorrätig sind, Bestellungen sind an A. Danilewsky zu richten. In der anschließenden kurzen Diskussion ergab sich zum Stand der Mitgliedersuche auf der DGKK-Webseite die Frage, inwieweit diese von den Mitgliedern gewünscht wird. Die anwesenden Mitglieder kamen zu der Meinung, dass die Daten der Mitglieder nicht öffentlich auf der Webseite zugänglich gemacht werden sollen, stattdessen den Mitgliedern in einer geschütz-

ten Form digital bzw. als Ausdruck ein aktueller Stand der DGKK-Mitglieder zur Verfügung gestellt wird.

TOP 3 Bericht der Schriftführerin

Die Mitgliederzahl der DGKK ist gegenwärtig zum Stand 30.09.21 stabil bei 364, dies ist eine Veränderung von „-2“ im Vergleich zu 2020 bei insgesamt 7 Eintritten.

Von den 364 Mitgliedern sind 306 Vollmitglieder, 34 Studenten und 24 Firmen.

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

TOP 4 Bericht des Schatzmeisters

Der Bericht des Schatzmeisters wird per Videozuschaltung gegeben.

Der Kassenstand der DGKK beträgt zum 31.12.2020:

| | |
|----------------------|--------------------|
| Sparkasse Karlsruhe: | 4.319,01 € |
| Tagesgeldkonto: | 9.313,38 € |
| | 13.632,39 € |

Die Auflösung der Rücklagen erfolgte geplant und diente unter anderem der Finanzierung des Sonderbandes zum 50-jährigen Jubiläum der DGKK, wobei die zuvor geplanten Kosten durch die Einwerbung von Spenden reduziert werden konnten. Der Kassenstand hat sich im Vergleich zu 2020 um 17.804,14 € verringert.

Die Einnahmen 2020 stammen zum Großteil aus den Mitgliedsbeiträgen sowie aus Einnahmen aus Anzeigen, welche wieder angestiegen sind. Der Umsatz der DGKK war 2020 durch die finanzielle Abwicklung der DKT-2020 gegenüber

den Vorjahren stark erhöht, dies stellt aber eine Ausnahme dar.

TOP 5 Bericht der Kassenprüfer und Entlastung des Vorstandes

Die Kassenprüfung erfolgte bereits vorab am 20.07.21 in Erlangen durch F. Ritter und H.-J. Rost und wird vom ehemaligen Schatzmeister M. Mühlberg im Auftrag der Kassenprüfer verlesen. Es bestätigt eine korrekte Kassenführung, die Prüfung ergab keine Beanstandungen, und aus Sicht der Kassenprüfer sind alle Ausgaben notwendig und gerechtfertigt gewesen.

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

TOP 6 Planung für 2021

P. Wellmann stellt den Ansatz des Haushaltes 2021 vor, wobei für das kommende Jahr die geplanten Einnahmen vor allem aus den Mitgliedsbeiträgen und Anzeigen im Mitteilungsblatt erwartet werden. Für 2021 ist davon auszugehen, dass ein ausgewogener Haushalt vorliegen wird.

TOP 7 Wahl des Vorstands für die Zeit von 01.01.2022-31.12.2023

Wahlleiter ist M. Bickermann.

Er gibt einleitend einen Überblick über den Wahlvorschlag des Vorstandes. Von Seiten der Mitgliedschaft sind keine weiteren Vorschläge vor der Mitgliedsversammlung eingereicht worden. Die anwesenden Kandidaten stellen sich kurz der Mitgliederversammlung vor. Weitere Vorschläge gehen nicht ein. M. Bickermann erläutert den Anwesenden den Wahlablauf, bevor die geheime Wahl stattfindet.

Wahl des 1. Vorsitzenden

| | | |
|----------------------|----|---------|
| A. Erb | 40 | Stimmen |
| A. Danilewsky | 1 | Stimme |
| L. Stockmeyer | 1 | Stimme |

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

Wahl des 2. Vorsitzenden

| | | |
|--------------------|----|---------|
| T. Schröder | 38 | Stimmen |
| L. Stockmeyer | 1 | Stimme |
| ungültig | 3 | Stimmen |

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

Wahl des Schatzmeisters

| | | |
|--------------------|----|---------|
| C. Krellner | 40 | Stimmen |
| M. Rosch | 1 | Stimme |
| Enthaltung | 1 | Stimme |

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

Wahl der Schriftführerin

| | | |
|-------------------------|----|---------|
| Ch. Frank-Rotsch | 41 | Stimmen |
| Enthaltung | 1 | Stimme |

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

Wahl der drei Beisitzer

| | | |
|----------------------|----|---------|
| M. Rosch | 37 | Stimmen |
| J. Tonn | 37 | Stimmen |
| S. Gruner | 36 | Stimmen |
| K. Kliemt | 2 | Stimmen |
| R. Sumathi | 2 | Stimmen |
| K. Stolze | 1 | Stimme |
| L. Stockmeier | 1 | Stimme |
| Enthaltung | 1 | Stimme |

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 31.12.2023. Es lagen drei Vorschläge des Vorstandes zur Wahl vor.

| | | |
|-----------------------|----|---------|
| U. Wunderwald | 38 | Stimmen |
| F. M. Kießling | 33 | Stimmen |
| E. Meissner | 33 | Stimmen |
| R. Sumathi | 1 | Stimme |
| ungültig | 2 | Stimmen |
| Enthaltung | 1 | Stimme |

Gewählt wurden gemäß Satzung

Ulrike Wunderwald, Frank M. Kießling, Elke Meissner und Radhakrishnan Sumathi.

Ulrike Wunderwald und Elke Meissner hatten zuvor mitgeteilt, dass sie die Wahl annehmen werden. Frank M. Kießling und Radhakrishnan Sumathi waren anwesend und nahmen die Wahl an.

Der Wahlleiter M. Bickermann dankt den Helfern für die Unterstützung bei den Wahldurchführungen.

TOP 9 Deutsche Kristallzüchtungstagung 2022/2023

Im kommenden Jahr ist keine Durchführung einer DKT geplant. Um in den durch die COVID-19-Pandemie gestörten Rhythmus der DKT im Frühjahr eines Jahres und den Großteil der Arbeitskreise im Herbst zurückzukommen, wird die nächste DKT erst 2023 stattfinden.

A. Erb weist auch auf die geplante Europäische Kristallzüchtungstagung ECCG-7 sowie die Schule ESCG-3 in Paris vom 20.-23.6.2022 hin.

Die satzungsgemäße notwendige jährliche Mitgliederversammlung soll im Jahr 2022 entweder im Zusammenhang mit einem Arbeitskreis bzw. virtuell erfolgen. Die Mitglieder werden vorab wie gewohnt eingeladen.

Die DKT 2023 soll an der Universität Augsburg vom 15.-17. März 2023 stattfinden. Das Treffen der jDGKK soll wieder im Vorfeld der DKT stattfinden. A. Jesche stellt die Planungen zur DKT-2023 vor. Der Vorschlag wird einstimmig angenommen. Für die DKT-2024 wird vorgeschlagen Erlangen vorzumerken. J. Friedrich ist bereit diese zu organisieren.

TOP 10 Abschließende Diskussion und Beschluss über die DKT-2023

Es wird einstimmig der Vorschlag angenommen, die Deutsche Kristallzüchtungstagung 2023 in Augsburg durchzuführen.

TOP 11 Ehrenmitglieder (Vorschläge und Abstimmung)

A. Erb erläutert nochmal den Paragraphen 4 der Satzung zur Thematik "Ehrenmitglieder", bevor er vorstellt, welche Kriterien der Vorstand für Vorschläge zu Ehrenmitgliedern herangezogen hat. Die Kriterien orientierten sich sowohl am Einsatz für die DGKK als auch an der wissenschaftlichen Reputation. Auf Basis dieser Kriterien schlägt der Vorstand drei Kandidaten zur Wahl als Ehrenmitglied vor, die A. Erb im Folgenden kurz vorstellt.

Der Vorschlag umfasst folgende drei Mitglieder: **Prof. Wolf Aßmus, Dr. Manfred Jurisch, und Prof. Manfred Mühlberg.** Die Wahl zum Ehrenmitglied erfolgt in geheimer Wahl, alle drei Vorschläge werden von den anwesenden Mitgliedern in geheimer Wahl mehrheitlich bestätigt, so dass diese Mitglieder ab sofort Ehrenmitglieder der DGKK sind. A. Erb gratuliert

dem anwesenden M. Mühlberg zu seiner Wahl. Die Ehrung findet am Folgetag während der DKT-Abendveranstaltung statt.

TOP 12 Berichte zu den DGKK – Arbeitskreisen

Epitaxie von III/V – Halbleitern:

M. Heuken berichtet, dass der Arbeitskreis 2020 ausgefallen ist und im Dezember 2021 wieder ein Arbeitskreis in Bremen stattfinden soll.

Arbeitskreis Massive Verbindungshalbleiter:

Der Arbeitskreis ist 2020 und 2021 ausgefallen und das nächste Treffen ist für den 5.-6.10.22 in Freiberg geplant.

Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelation:

A. Erb berichtet, dass auch dieser Arbeitskreis 2020 ausgefallen ist und sich im Anschluss an die DKT am 08.10.21 in Berlin trifft.

Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik:

M. Bickermann berichtet stellvertretend vom letzten Treffen des Arbeitskreises in Berlin, welcher vom 17.-18.09.2020 als Präsenzveranstaltung stattfinden konnte. 2021 fand der AK in Idar-Oberstein im September statt.

Junge DGKK:

L. Stockmeier berichtet über das Treffen der jDGKK, welches 2021 am 4.-5. Oktober in Berlin im Vorfeld der DKT 2021 mit ca. 15 Teilnehmern stattfand, das geplante 2. gemeinsame Treffen mit der jDGK ist ausgefallen. Es wird geplant dieses im Herbst 2022 nachzuholen und im Jahr 2023 das nächste in Augsburg durchzuführen.

TOP 13 Verschiedenes

Zu diesem Tagesordnungspunkt gab es eine kurze Diskussion, inwieweit die DGKK Projektanträge durch Letters of Interest (LoI's) unterstützen könnte, wobei die Anwesenden zu dem Schluss kamen, dass eine allgemeine Unterstützung nicht möglich ist, sondern individuelle Unterstützungen angestrebt werden sollten.

A. Erb schließt um 20:45 Uhr die Mitgliederversammlung und bedankt sich bei allen Anwesenden.

Christiane Frank-Rotsch
Schriftführerin der DGKK

Andreas Erb
2. Vorsitzender der DGKK

Smart Workflow, Faster Experiments

LEXT™ OLS5100 3D Laser Scanning Microscope

Built for fast failure analysis and material engineering experiments, the OLS5100 microscope combines guaranteed measurement accuracy with smart tools that make the system easy to use.



Simpler Measurement Testing Workflows

The new Smart Experiment Manager automates time-consuming tasks such as creating an experiment plan; data populate the plan automatically as it's acquired.

Data You Can Trust

Guaranteed measurement accuracy and a Smart application provide data you can be confident in.

Acquire Data at the Push of a Button

Just put your sample on the stage and press the start button – the microscope does the rest.

www.olympus-ims.com

Der DGKK-Vorstand 2022-2023



1. Vorsitzender

Andreas Erb aus München

- 1981-1989 Studium der Experimentalphysik, Universität Karlsruhe
- 1994 Prom. Univ. Karlsruhe: zum HT-Supraleiter $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$
- 1994-2000 Maître Assistant, Dép. de Physique de la Matière Condensée, Univ. Genf, Schweiz
- 1999 Habilitation an der Universität Genf, Schweiz, Privatdozent
- Seit 2000 am Walther Meißner-Institut (WMI) für Tieftemperaturforschung der bayer. Akad. d. Wiss.; seit 2001 Wiss. Leiter der Kristalllabors der Fak. für Physik, TUM; seit 2013 Honorarprof. für Experimentalphysik, Universität Leipzig; seit 2013 Akad. Direktor, WMI
- 2013-2021 Sprecher d. AKs "Intermetallische Verbindungen",
- 2015 Preis der DGKK für die Kristallzüchtung insbesondere komplizierter Oxidverbindungen
- 2020: 2. Vorsitzender und seit 2022 Vorsitzender der DGKK

Arbeitsgebiete:

- Supraleitende und magnetisch ordnende Oxidmaterialien, Kristallzüchtung
- Tieftemperatur-Teilchendetektoren, Detektorkristalle, Laser-Materialien, Röntgenbeugung

andreas.erb@wmi.badw.de



2. Vorsitzender

Thomas Schröder aus Berlin

- 1996 Diplom in Chemie, 1998 Diplom in Physik (beides Univ. Tübingen)
- 1998-2001 Promotion am Fritz-Haber-Inst. der Max-Planck-Ges. und der Humboldt-Univ.: Deriving an atomic-scale understanding of catalytic processes on oxide-supported metal catalysts
- mehrere Forschungs- und PostDoc-Aufenthalte in Italien, Spanien und Frankreich.
- 2004 zum Leibniz-Institut für Innovative Microelectronik (IHP) in Frankfurt/Oder
- dazu ab 2012 Prof. für Halbleiterphysik an der Brandenbg. Techn. Univers. Cottbus-Senftenberg
- seit 2018 Wiss. Direktor des Leibniz-Instituts für Kristallzüchtung (IKZ)/Prof. (Humboldt-Univ.)
- Fokus: Innovationen *in* kristallinen und *durch* kristalline Materialien, Synchrotron-basierte Materialcharakterisierung

©Foto: Tina Merkau

thomas.schroeder@ikz-berlin.de



Schatzmeister

Cornelius Krellner aus Frankfurt/Main

- 1999 – 2004: Physikstudium an der TU Dresden und ETH Zürich
- 2009: Promotion in Physik an der TU Dresden: Otto-Hahn Medaille der Max-Planck-Ges.
- 2005 – 2011: Wiss. Mit. am Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe in Dresden
- 2011 – 2012: Research Associate, University of Cambridge, Großbritannien
- Seit 2012: W3-Professor für Experimentalphysik und Leiter des Kristall- und Materiallabors an der Goethe-Universität Frankfurt am Main
- Forschungsschwerpunkt ist die Kristallzüchtung und Materialentwicklung von elektronisch stark korrelierten Systemen. Der Fokus liegt dabei auf intermetallischen Materialien mit neuartigen magnetischen und/oder supraleitenden Eigenschaften.

©Foto: J. Lecher

krellner@physik.uni-frankfurt.de



Schriftführerin

Christiane Frank-Rotsch aus Berlin

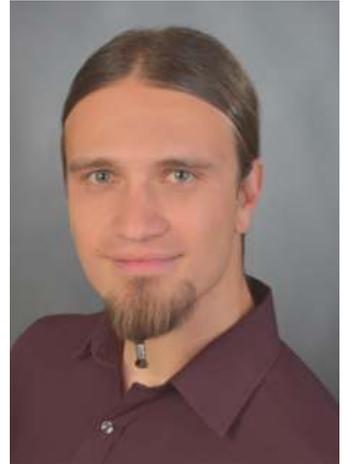
- Studium der Kristallographie an der Humboldt-Universität zu Berlin;
- Promotion auf dem Gebiet der VGF-GaAs-Züchtung an der TU Bergakademie Freiberg (1996);
- seit 1998 Beschäftigung mit der Züchtung und Charakterisierung von verschiedenen Halbleiterkristallen sowie der Modellierung von Züchtungsprozessen am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) in Berlin und seit 2011 Leitung der Arbeitsgruppe III-V-VGF
- seit 2006 Schriftführerin der DGKK
- Mitglied des Executive Committee's der IOCG und Vertreterin der DGKK im ENCG

christiane.frank-rotsch@ikz-berlin.de

Beisitzer**Sebastian Gruner aus Aachen**

- Studium der Mineralogie an der TU Bergakademie Freiberg
- 2018 bis 2020 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IISB, Außenstelle Fraunhofer THM Freiberg; Tätigkeiten in der Präparation sowie Charakterisierung von Halbleiter-Volumenkristallen mit Schwerpunkt Facettenwachstum
- seit 2020 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am I. Physikalischen Institut (IA) der RWTH Aachen; Charakterisierung von Struktur und Bindungsverhalten an mittels MBE gezüchteten Chalcogenid-Ultradünnschichten

gruner@physik.rwth-aachen.de

**Beisitzer****Michael Rosch aus Freiberg**

- Studium an der TU Bergakademie Freiberg im Studiengang Elektronik- und Sensormaterialien
- Seit 2004 für Freiburger Compound Materials GmbH als Entwicklungsingenieur im Bereich Kristallzüchtung tätig
 - 2004 bis 2006 Schwerpunkt Hochdrucksynthese
 - 2006 bis 2020 Schwerpunkt VGF-Kristallzüchtung von GaAs
 - Seit 2020 Leitung der Gruppe Technologie Kristallzüchtung GaAs bei FCM

michael.rosch@freiberger.com

**Beisitzer****Justus Tonn aus Forchheim (Oberfranken)**

- Studium der Mineralogie und Kristallographie an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.
- 2008 Diplom (HRXRD an GaSb und Si); 2012 Promotion (Züchtung und Charakterisierung von PbI_2 -Einkristallen mittels Bridgman-Stockbarger- und Czochralski-Methode)
- seit 2011 angestellt bei der Siemens Healthcare GmbH in Forchheim (Oberfranken) im Bereich Kristallzüchtung und Entwicklung von II-VI-Detektormaterialien für die Quantenzählende Computertomographie (Finalisten des Deutschen Zukunftspreises 2021)
- Schwerpunkte und Interessen:
 - Röntgendiffraktometrie, REM (EBSD, EDX), Polarisationsmikroskopie
 - THM-Züchtung
 - EH&S (Sicherheitsbeauftragter, Explosionsschutz)
 - Nachwuchsförderung an Schulen zur Mineralogie/Kristallographie

justus.tonn@gmx.de



DGKK-Fokus

Quantum Computing in Silicon

Lars R. Schreiber, RWTH Aachen University, and Dominique Bougeard, Universität Regensburg

Introduction

Quantum computers are not a faster version of the (classical) computers we know, but they represent a completely new paradigm of information processing with machines that can find a solution for some problems faster. The reason for this lies in the fact that quantum mechanical states can exist in superpositions. Thus, a qubit, the smallest unit of information in a quantum computer, cannot be only in the base states $|0\rangle$ and $|1\rangle$, but also in a superposition state $a|0\rangle + b|1\rangle$, where the complex numbers a and b weight the respective fraction of the base states (Fig. 1).

Whereas N classical bits can only represent a number with N binary digits, an N qubit register can save all numbers from N binary digits simultaneously with 2^N complex numbers for the respective complex weight factors. This exponential increase of the number of base states describing a N qubit register is due to entanglement. All N binary digits represented by the entangled quantum register can be processed in parallel. This massive parallelism has one catch: if the N qubit register is read out at the end of the computation, the quantum state collapses randomly and each qubit is only in base states $|0\rangle$ or $|1\rangle$.

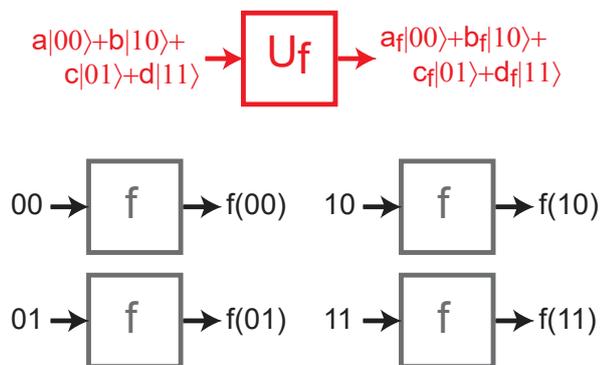


Fig. 1: Massive parallelism: a 2-qubit register (red) can take 4 states (weighted by 2^2 complex numbers a, b, c, d) simultaneously. The unitary operation U_f can compute the result for all 4 states in parallel. A classical computer (grey), can compute the 2-bit function f for only one of the 4 possible input values and needs 4 calls to be able to compute all values of f .

It is a challenge to construct algorithms where the solution can be read from the register even after collapse. Some of these algorithms e.g. Shor's algorithm for prime factorization and a quantum algorithm for solving systems of linear equations [1] have already been developed. The latter opens the new field of "quantum machine learning". Other applications for quantum computers include the simulation of other quantum systems for the development of new materials (e.g. superconductors), drugs, and the optimization of chemical processes

(e.g. production of fertilizers). Quantum systems represented by $N > 50$ qubits are described by so many complex weight factors that they cannot be accurately simulated on classical computers.

State-of-the-art

How far is one with the development of a quantum computer? In short, quite at the beginning. The analog nature of the weight factors of a quantum state is challenging. The realizations of the qubit operations must be very accurate and random influences from the environment (i.e. decoherence) must be avoided. Small errors can be corrected by controlled partial collapse of the quantum state (quantum error correction), but require an overhead of 100-1000 physical qubits per logical (perfect) qubit [2]. An alternative way of quantum computing is "noisy intermediate scale quantum computing" (NISQ). For this, algorithms are developed that are robust to small errors, i.e., require few but nearly perfect physical qubits.

Qubits are well-controlled two-level quantum mechanical systems and can be realized by many physical systems, including superconducting circuits, single ions, and electron spins in silicon. All three approaches are funded by EU flagship projects. Other systems under development are photoactive defects - e.g in diamond - promising for communication due to the spin-photon interface, Majorana qubits offering topological protection of the quantum state in a solid or photonic systems and atoms in an optical lattice, for which a large-scale entangled state was demonstrated early. In late 2019, Google [3] published a computation on their superconductor NISQ processor using 53 (physical) qubits. The algorithm demonstrated for the first time the supremacy of a quantum computer over its classical counterpart, but had no application yet.

IBM managed to double the performance (quantum volume) of its superconductor processor again in 2020 [4]. Other qubit hardware platforms are less developed regarding the number of qubits integrated into a processor, but have promising advantages: Qubits encoded by ions are identical by nature and more perfect [5], at the same time the required hardware infrastructure is comparatively large and difficult to scale up, so better suited for NISQ. In a solid-state environment, electron spin qubits in isotopically pure ^{28}Si have been proven perfect enough for quantum error correction [6]. Because they can be industrially highly integrated, they have best chances for scalability to millions of qubits [7].

Electron spin as qubit

The electron spin in a magnetic field is a typical text-book example of a two-level quantum mechanical system. It has the advantage that the spin cannot leak into undefined states of the Hilbert space. The electron spin exhibits two properties, which can be efficiently used for quantum computing: First of all it has a charge, which allows to localize a single electron in quantum dot formed in a semiconductor host crystal by a combination of band gap engineering and the dynamically variable field effect of electrodes fabricated on top of the semiconductor crystal (Fig. 2). The lower the effective mass of the electron, the easier is the localisation. Secondly, the electron has a spin degree of freedom, which only couples very weakly to the environment and is thus ideal for encoding the qubit information, since the qubit decoherence time is long. The dominant unintentional coupling originates from hyperfine interaction to nuclear spins. This can be most efficiently suppressed by host crystals consisting of zero-spin nuclear isotopes, which narrows down the choice of suitable atoms to the even groups of the periodic table of the elements.

For universal quantum computation, the manipulation by single qubit gates (to achieve superposition) and by one entangling two-qubit gate are fundamental. In order to manipulate a single qubit, interaction with the environment is unavoidable. While alternating magnetic fields are a somewhat natural choice to coherently drive electron spin resonance, they are hard to localize and to generate without too much heat dissipation. Therefore, spin-orbit coupling together with an AC electric field is employed to drive the spin. An intrinsic spin-orbit interaction, however, couples the spin (the qubit degree of freedom) via its charge to randomly fluctuating fields in the solid-state environment. Therefore, ideally an artificial spin-orbit interaction is designed by e.g. a gradient magnetic field across the quantum dot and coupled on demand. The entangling two-qubit gate is realised by switching-on the exchange interaction between two electron spin which represent two qubits [8]. This can be achieved by voltage pulses on gates which modulate the tunnel barrier of two adjacent qubits. Since exchange interaction is a local interaction requiring overlap of the electron wavefunctions, unintentional interactions of distant qubits within a register are negligible and can be suppressed. The detection of the qubit state employs the charge of the electron spin qubit: Either by Pauli-spin blockade or spin-state selective tunneling, the spin state is converted into a charge state, which can be quickly and reliably read out by a charge detector adjacent to the quantum dot, e.g. a single electron transistor.

To put it all in a nutshell, a semiconductor with low hyperfine interaction (even group atoms) and low spin-orbit interaction is ideal for electron spin qubits. An electron in isotopically purified ^{28}Si fulfills these requirements. Only its relatively high

effective electron mass sets high demands on the miniaturization of the top-electrode pattern. Recently, holes localized in strained germanium are becoming an interesting alternative, since their effective mass is considerably lower. It will be seen whether their higher spin-orbit interaction will become limiting when scaling to many multi-qubit devices.

Quantum computing in silicon

Four different silicon qubit types can be distinguished (Fig. 2): Spin qubits can be either formed at the inversion layer of a silicon to silicon-oxide interface. This can either be realized (I) in a planar MOS structure (Fig. 2a) or (II) in a modified fin-FET type device based of FDSOI (Fig. 2b). Both have the disadvantage that charged defects in the silicon-oxide induce potential disorder, which to some extent can be counteracted by tuning the voltages of the top-electrodes. Electrons can be localized (III) by implanting single donor atoms in silicon (Fig. 2c). Since the donor position after implantation process is stochastic, it is hard to control the tunnel-coupling interaction of neighbouring qubits and thus the realization of exchange-interaction-based two-qubit gates will be challenging for large scale quantum computer architectures. Finally, electrons can be localized (IV) in strained Si/SiGe quantum wells (Fig. 2d). One main advantage of the system is the distance of the qubits to the surface, which is set by the thickness of the uppermost SiGe layer. Hence, the qubits are very well isolated from decoherence by the Si/SiGe epitaxially grown crystal.

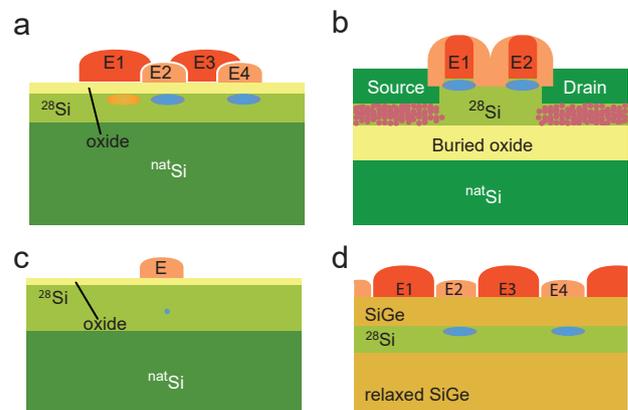


Fig. 2: Schematic cross-sections of silicon device types. Blue areas represent localized electrons and E_i labels metallic electrodes. (a) MOS device. (b) FDSOI device. (c) Singly phosphor doped device. (d) Si/SiGe device. Adapted from Ref. [9].

Silicon-based qubit platforms seem particularly well suited to scale up the system to millions of qubits, to achieve quantum error correction in a post-NISQ era. To realize qubit devices of such complexity, demands on the material homogeneity are high and fabrication in industry cleanrooms is inevitable. Currently, small units consisting of control electronics and quantum logic devices are envisioned to be tiled up into the large-scale quantum computer [7]. A coherent connection of qubits across these units can be realized by superconducting cavities or coherent electron shuttling. For the latter, a

proof of principle was recently demonstrated by the authors of this article [10]. Following this route, the German consortium *QUASAR*, funded recently by the German Federal Ministry of Education and Research BMBF, started a knowledge transfer from academic $^{28}\text{Si}/\text{SiGe}$ demonstrator devices for electron spin qubits to industry production lines. The consortium consisting of Infineon Dresden, HQS Quantum Simulations, the Fraunhofer institutes IAF and IPMS and the Leibniz institutes IHP and IKZ, as well as academic partners who have been working in this field already for a long time (University of Regensburg, University of Konstanz and Forschungszentrum Jülich) covers a large bandwidth of competence for this quest.

$^{28}\text{Si}/\text{SiGe}$ for qubit devices

Simply spoken, the prerequisites to implement spin qubits in $^{28}\text{Si}/\text{SiGe}$ are the creation of a two-dimensional electron gas in a quantum well heterostructure and its integration with a sophisticated layout of metallic top-electrodes [11], which are a few tens of nanometers wide (Fig. 3). A subset of these electrodes allows to very locally enhance or deplete the two-dimensional electron gas via capacitive coupling. Hence, the electrodes pattern the two-dimensional electron gas into a layout of three-dimensionally confined quantum dots. Each quantum dot can be tunnel-coupled to neighboring quantum dots (with electrode-controlled tunnel-coupling) and two-dimensional electron reservoirs (ohmic contacts). Then, the physics underlying the process of the definition of a single electron spin qubit, its initialization and its readout are based on the phenomenon of Coulomb blockade and the Pauli principle in electron quantum dots.

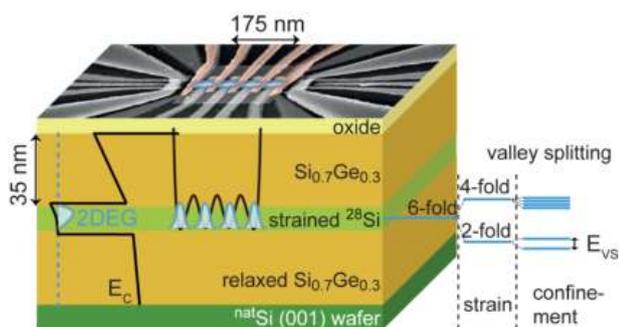


Fig. 3: Schematic of a $^{28}\text{Si}/\text{SiGe}$ device hosting four qubits. Three overlapping layers of metallic electrodes are represented by a scanning electron micrograph. They form four quantum dots (black) occupied by single electrons (blue) in the undoped strained ^{28}Si quantum well formed at the minimum of the conduction band edge E_C . Lifting of the 6-fold valley degeneracy in silicon bulk due to tensile strain and quantum well confinement reveals the relevant valley splitting E_{VS} .

The heterostructures are realized in state of the art epitaxy. From the materials science point of view, the creation of the ^{28}Si quantum well (Fig. 3), embedded in $\text{Si}_{0.7}\text{Ge}_{0.3}$ potential barriers, already represents a point where heterostructure engineering is useful: Indeed, first, there is no way to produce SiGe wafers with a homogeneous $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ composition. Hence, all Si/SiGe quantum devices are produced on stan-

dard silicon wafers. Second, the lattice mismatch between pure silicon and $\text{Si}_{0.7}\text{Ge}_{0.3}$ and the risk of creating a detrimental amount of crystal defects (in particular dislocations) need to be taken into account. As a consequence, the epitaxy needs to be designed such that, first, a fully strain-relaxed $\text{Si}_{0.7}\text{Ge}_{0.3}$ film containing a reduced amount of threading dislocations – often denoted as the “virtual substrate” – is produced. This is typically realized through a strain engineering of the propagation of dislocations in dedicated buffer layers, in which the $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ composition is varied. The silicon quantum well can then be grown onto the “virtual substrate”. To provide high electron mobilities, the quantum well thickness needs to be chosen such that it is fully strain-matched to the $\text{Si}_{0.7}\text{Ge}_{0.3}$.

A particularity of these heterostructures is also that the crystalline environment of the qubit shall be isotopically purified, to suppress hyperfine interaction between electron spins and the nuclear spins of the crystal matrix. Hence, these types of heterostructures represent a first technological application where isotopically purified epitaxial thin films may be required in high volume. This has recently created interest in reliable commercial supply of isotopically purified silicon and germanium precursor gases and crystals, for gas phase- and solid source-based epitaxy. In current research, only the quantum well is produced with silicon highly enriched in ^{28}Si , which does not carry a nuclear spin. Since the natural composition of silicon hosts 4.7 % of nuclear spin-carrying ^{29}Si , mostly the concentration of ^{29}Si needs to be reduced. State of the art structures use a purification of 800 ppm residual ^{29}Si . The authors of this article produce heterostructures containing less than 60 ppm of ^{29}Si in the quantum well [12, 13], by using an epitaxy source crystal realized at the Leibniz-Institut für Kristallzüchtung in the framework of the international Avogadro project. This extreme degree of purification will allow to study particular aspects of dephasing of the spin information [12]. Given that germanium also contains isotopes with nuclear spins and that a (small) part of the electron wavefunction confined in the quantum dot penetrates from the ^{28}Si quantum well into the $\text{Si}_{0.7}\text{Ge}_{0.3}$ potential barrier, it is currently an open question whether the $\text{Si}_{0.7}\text{Ge}_{0.3}$ barriers will also be required to be isotopically purified, with ^{28}Si and, for example, ^{70}Ge . There are first hints that the interaction between the spin qubit and ^{73}Ge in $\text{Si}_{0.7}\text{Ge}_{0.3}$ of natural isotope composition is low enough to not significantly impact the spin information.

A specificity of the bandstructure of silicon, in particular compared to direct bandgap semiconductors, is the fact that it features a valley degree of freedom for the conduction bands in momentum space, which is six-fold degenerate in energy. The straining of ^{28}Si and the confinement actually completely lifts this degeneracy in the quantum well, producing quantum dot orbitals with well-defined valley and spin quantum numbers (Fig. 3, right hand-side). To perform quantum com-

puting with sufficient spin qubit fidelity, it is mandatory that the splitting in valley orbital energy E_{VS} is significantly larger than the spin orbital Zeeman splitting energy in the device operation on the one hand, but also that it is sufficiently large to avoid any scattering between valley orbitals during qubit manipulation. From current state of the art, one can expect that valley splittings E_{VS} larger than 80 to 100 μeV will be required. The main parameters which determine the magnitude of this valley splitting are currently a matter of intense research. It is however clear, that fluctuations at the boundary of the ^{28}Si quantum well on the scale of a single atomic monolayer may be of importance. The authors of this article recently demonstrated record-high valley splitting above $E_{VS} = 200 \mu\text{eV}$ in heterostructures grown in solid-source molecular beam epitaxy [13].

These two examples of materials science – to be able to control the purity in specific isotopes in a quantum heterostructure and to understand inhomogeneities down to single monolayers on a chip size – challenge the resolution limits of state-of-the-art chemical and structural analysis methods of such semiconductor heterostructures. They actually require close feedback-loop collaborations of experts in structural and chemical resolution of nano-heterostructures, in ab-initio bandstructure simulation and in qubit device physics. It thus seems clear that the development of a silicon-based quantum computer will go hand in hand with new developments in statistically reliable heterostructure epitaxy and materials analysis. This will also be true for device processing steps which involve thermal treatments which will modify the as-grown characteristics of the quantum well boundaries. The thermal activation of implanted ohmic contacts is a prominent example, here. One route to significantly reduce thermal loads in this type of annealing process could be the implementation of extremely localized laser annealing on a chip size.

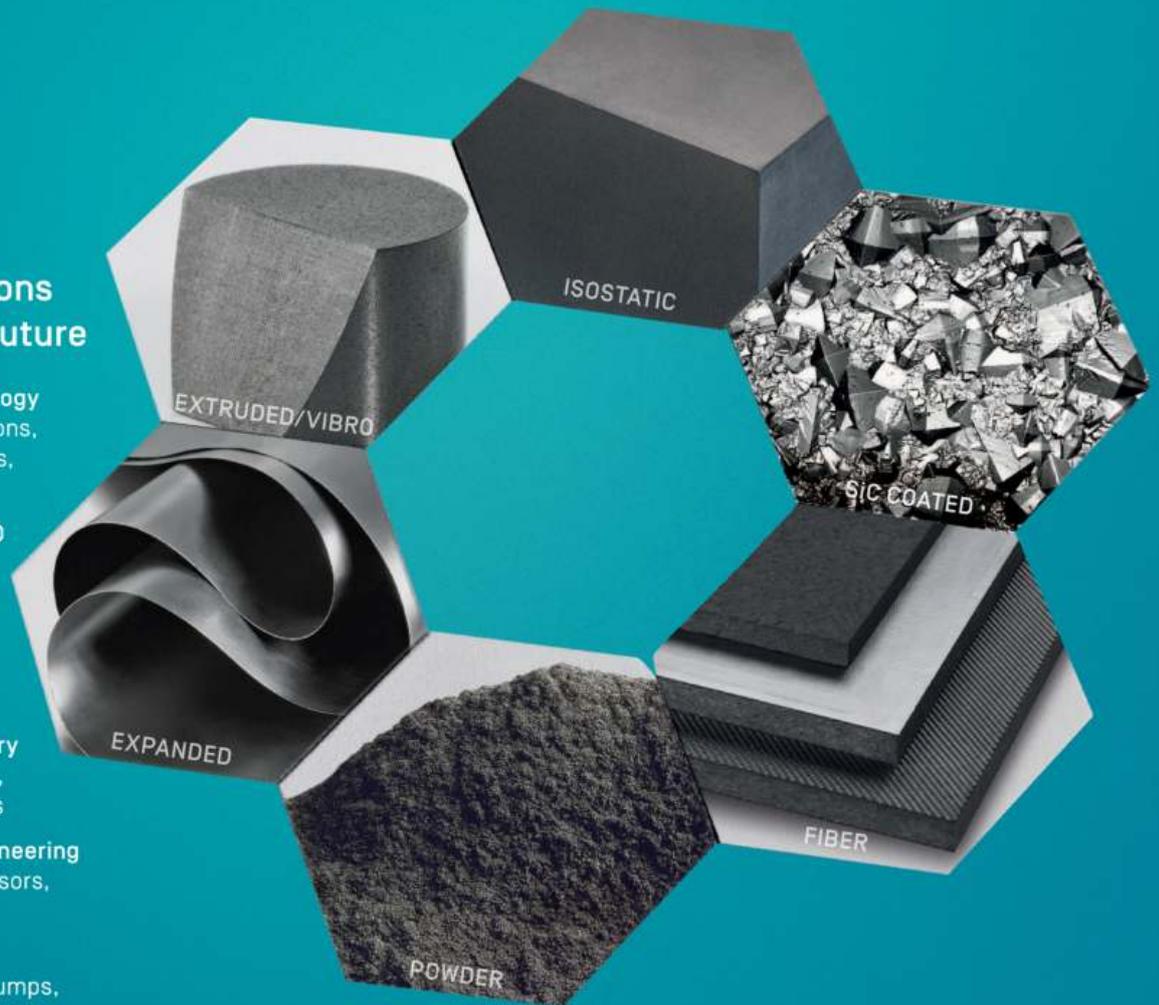
Let us mention here one further point of action for materials science which can be expected to be important on the way of the realization of a silicon-based quantum computer. Historically, many of the readers familiar with low-dimensional semiconductor heterostructures would probably expect the two-dimensional electron gas in the ^{28}Si quantum well to be created via modulation doping in the $\text{Si}_{0.7}\text{Ge}_{0.3}$. This rou-

te was abandoned within few years in heterostructures for qubit devices, around 2012, since it was quickly shown that uncontrolled charge hopping in the dopant layer generated significant instabilities of single electron Coulomb blockade situations in the electrostatically defined quantum dots. It is therefore a specificity of the Si/SiGe heterostructures used for qubit applications that the quantum wells are undoped and that local electron accumulations are capacitively induced by dedicated electrodes (Fig. 3), within the above mentioned complex electrode layout. The voltages required for the operation of the different electrodes go beyond the characteristics of Schottky gates, where the metal would be directly deposited onto the semiconductor heterostructure. As a consequence, the deposition of a gate oxide onto the heterostructure is required (Fig. 3). This in turn creates a semiconductor-oxide interface which may be of paramount importance regarding the dephasing of spin information due to charge noise and also regarding the reliable operation of larger spin qubit processors. Indeed, industry-standard gate oxides are polycrystalline and non-epitaxial. The role of different defects at this specific interface in the spin qubit charge noise, as well as the quantification of a concentration above which these defects become detrimental, is thus currently also intensely studied.

1. A. W. Harrow *et al.*, Phys. Rev. Lett. **103**, 150502 (2009).
2. N. Cody Jones *et al.*, Phys. Rev. X **2**, 031007 (2012).
3. F. Arute *et al.*, Nature **574**, 505 (2019).
4. P. Jurcevic *et al.*, Quantum Sci. Technol. **6**, 025020 (2021).
5. K. Wright *et al.*, Nat Commun **10**, 5464 (2019).
6. X. Xue *et al.*, arXiv:2107.00628.
7. L. M. K. Vandersypen *et al.*, npj Quantum Inform. **3**, 34 (2017).
8. L. R. Schreiber *et al.*, Science **26**, 393 (2018).
9. H. Bluhm *et al.*, 2019 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), pp. 1-5 (2019).
10. I. Seidler *et al.*, arXiv:2108.00879.
11. A. Wild *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 143110 (2012)
12. T. Struck *et al.*, npj Quantum Inform. **6**, 40 (2020).
13. A. Hollmann *et al.*, Phys. Rev. Applied **13**, 034068 (2020).

Smart solutions for a better future

- **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



Graphite Specialties

SGL Carbon is a leading supplier of carbon and graphite based products for automotive, industrial and semi-conductor 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.



SGL CARBON GmbH
Soehnleinstrasse 18
85201 Wiesbaden
www.sglcarbon.com/gms



Follow us on LinkedIn

DGKK-Nachrichten

Newly developed, unique XRT tool to revolutionize semiconductor material defect characterization techniques

Pressemitteilung, Erlangen, 30. Juli 2021

A unique XRT tool was installed recently at Fraunhofer IISB to revolutionize state-of-the-art semiconductor material defect characterization techniques. Rigaku Corporation and Fraunhofer IISB have built the Center of Expertise for X-ray Topography in Erlangen to support the semiconductor industry worldwide in improving and better understanding their wafer quality and yield by employing the Rigaku XRTmicron advanced X-ray topography tools.

Erlangen, Neu-Isenburg, Tokyo - A newly developed X-ray topography tool was installed at IISB to investigate especially high X-ray absorbing semiconductor materials like GaN, GaAs, InP, CdTe as well as very thin layers obtained by epitaxial processes, e.g. SiC and Nitrides, in terms of crystallographic defects. In order to support the semiconductor industry worldwide in improving semiconductor materials and device production, Rigaku Corporation Japan, Rigaku Europe SE and Fraunhofer IISB in Erlangen are pleased to announce the formation of the Center of Expertise for X-ray Topography worldwide, located in Erlangen, Germany.



Dr. Michael Hippler (right), President of Rigaku Europe SE and Prof. Dr. Martin März, Head of Fraunhofer IISB during unveiling the new X-ray topography tool. ©Kurt Fuchs / Fraunhofer IISB

Dr. Michael Hippler, president at Rigaku Europe SE in Neu-Isenburg, Germany, states: "We are proud to join forces with the highly experienced team at IISB for semiconductor substrate and epilayer characterization by inaugurating the Center of Expertise for X-Ray Topography at Fraunhofer IISB. The newest generation X-ray tool, which we developed together with Fraunhofer IISB, will be a milestone for semiconductor material characterization worldwide and a breakthrough for Rigaku Corporation which will significantly increase the tool portfolio which Rigaku can offer to semiconductor customers worldwide".

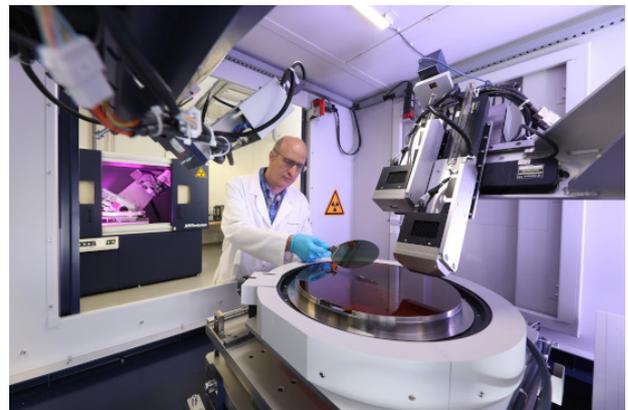
Two different X-ray sources in one tool - silver and chromium - in combination with the application of a large angle goniometer accommodates a wide range of diffraction conditions for different semiconducting materials. On the one hand, this XRT tool development now enables investigation of crystallographic defects with high speed and highest resolution on full wafer scale especially for high X-ray absorbing semiconducting materials like GaN, GaAs, InP, CdTe. On the other hand,

the new XRT tool offers the possibility to investigate very thin layers obtained by epitaxial processes, especially dedicated to SiC and Nitrides.

The latest X-ray topography tool is well suited for bare wafers, wafers with epilayer structures, partially processed wafers, as well as bonded wafers. The amount and different types of dislocations, slip lines, dislocation networks, (small angle) grain boundaries, inclusions, precipitates, pits, scratches, stress level, etc. can be imaged and quantified on the samples.

The XRTmicron system can be operated in transmission as well as in reflection mode in order to detect defects in the volume of the sample or to quantify defects close to the surface. Furthermore, it is equipped with a standard and a high resolution XTOP CCD-camera. This leads to a spatial resolution of 5.4 μm and 2.4 μm per pixel, respectively, for a single image size of 18 mm x 13.5 mm. Full wafer mappings and detailed defect imaging of regions of interest are possible under different diffraction conditions for sample sizes of up to 300 mm in diameter.

Additionally, the XRTmicron system is equipped with a special slit-arrangement to perform cross section topography measurements in high resolution. This gives detailed depth information through the whole thickness of the sample. For instance, the defect formation due to epilayer growth on top of a wafer can be quantified by this feature.



Look inside of the newly installed X-ray topography tool at Fraunhofer IISB in Erlangen. ©Kurt Fuchs / Fraunhofer IISB

Prof. Dr. Martin März, Head of Fraunhofer IISB, states: "We are happy that we have gained Rigaku as one of the largest players in the field of semiconductor material characterization, as a strategic partner in the field of X-ray topography. We are convinced we will create a long-term success story satisfying the needs of semiconductor industry. On the one hand we

want to support them with profound scientific knowledge on defect characterization and on the other hand we want to develop industrial applicable measurement routines and defect counting algorithms which can be used in production and for R& D purposes.”



Look into the newly established "Centre of Expertise for X-ray topography" at Fraunhofer IISB. ©Kurt Fuchs / Fraunhofer IISB

Fraunhofer IISB will act as a demo center for the newest

XRTmicron system worldwide. Dr. Martin Fehrentz, Business Development at Rigaku Europe SE, adds, "We already received numerous requests from the semiconductor industry aiming to close the existing gap for structural characterization for semiconducting materials, especially for high X-ray absorbing materials and thin epitaxial layers. It is therefore planned to standardize the operation procedures for the different customers due to their specific needs within the strategic collaboration between Rigaku and Fraunhofer IISB."

Dr. Christian Reimann, Group Manager at Fraunhofer IISB and responsible for the XRT business field, adds: "The common X-ray tool development is the logical next step to revolutionize the semiconductor material defect characterization techniques, which can be used under industrial boundary conditions. The already existing collaboration between IISB and Rigaku since 2019 now bears the first peak of success by installing the Center of Expertise for X-ray topography at IISB."

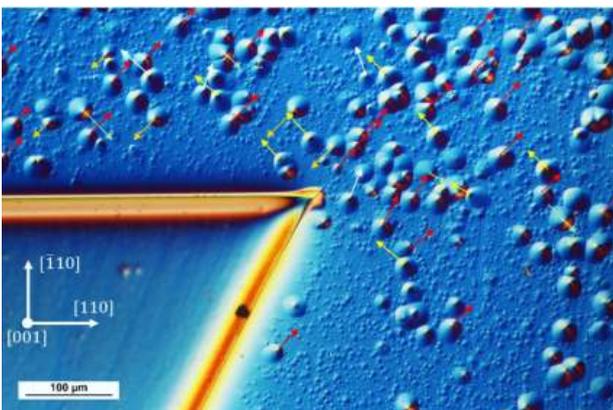
Dr.-Ing. Christian Reimann, Gruppenleiter Silizium
Fraunhofer IISB Schottkystrasse 10
91058 Erlangen, Germany

Kevin-Peter Gradwohl erhält DGKK-Nachwuchspreis 2021

News des IKZ, Berlin, 12. Oktober 2021

Die Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK) zeichnet in diesem Jahr den IKZ-Doktoranden Kevin-Peter Gradwohl für seine herausragenden wissenschaftlichen Leistungen zur Defektcharakterisierung von hochreinen Germanium-Kristallen mit dem Nachwuchspreis aus.

Hochreine Germanium (Ge)-Kristalle mit wohldefinierter Versetzungsdichte sind der zentrale Bestandteil des LEGEND-Experiments für die Detektion des neutrinolosen doppelten Beta-Zerfalls. Das Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) ist Teil der LEGEND-Kollaboration und forscht an der verbesserten Weiterverarbeitung von angereichertem Germanium.



Mikroskopische Aufnahme (different. Interferenzkontrast) eines geätzten hochreinen Germanium-Kristalles. Die Ätزرübchen zeigen an, wie Versetzungen die Kristalloberfläche schneiden. (Foto: IKZ)

Kevin-Peter Gradwohl arbeitet an diesem Projekt und unterstützte das Team im Rahmen seiner Doktorarbeit zur Aufreinigung, Züchtung und Defektuntersuchung von hochreinen Germaniumkristallen. Er hat die Versetzungen in den Ge-Kristallen sowohl experimentell, insbesondere durch white-

beam X-ray imaging, eingehend untersucht, als auch durch Erweiterung des open-source Codes "ParaDiS" auf Kristalle mit Diamantstruktur, die Versetzungsmultiplikation numerisch berechnet. Daneben umfassten seine Arbeiten die Wasserstoffreduktion und Aufreinigung von isotonenangereicherten Ge, das Kristallwachstum von Ge mittels Czochralski-Verfahren und die Untersuchung von elektrischen Eigenschaften.

Herr Gradwohl ist studierter Materialwissenschaftler und arbeitet seit 2018 im Rahmen einer Doktorarbeit zum Thema "Züchtung und Defektuntersuchung von hochreinen Germaniumkristallen für Strahlungsdetektoranwendungen" am IKZ. Der gebürtige Österreicher schloss nach Berufsausbildung im Bereich Maschinenbauingenieurwesen sein Master- als auch Bachelor-Studium mit Auszeichnung ab. Bereits im Studium spezialisierte sich Kevin-Peter Gradwohl im Rahmen eines akademischen Austauschprogrammes mit der Northwestern Polytechnical University (Xi'an, China) sowie in zahlreichen Praktika auf die Züchtung und Charakterisierung von Kristallen.

Mit dem DGKK-Nachwuchspreis würdigt die Gesellschaft herausragende wissenschaftliche Leistungen von Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern auf dem Gebiet der Kristallzüchtung und des Kristallwachstums. Der Preis ist mit 2.500 € dotiert, die feierliche Übergabe fand am 7. Oktober 2021 auf der Deutschen Kristallzüchtungstagung (DKT) der DGKK in Berlin statt. (s.a. S. 4: Text zu Titelbild)

Weltraumforschung in Franken

Pressemitteilung, Erlangen, 27. Oktober 2021

So heißt das P-Seminar am Gymnasium Eckental, das sich mit äußerst erfolgreicher Forschung in Franken befasst. Hier treffen bahnbrechende Entwicklungen wie Halbleitertechnologie und Raumfahrt zusammen. Über diese spannenden Beziehungen berichtete Dr. Jochen Friedrich vom Fraunhofer IISB bei der feierlichen Eröffnung der Posterausstellung "Weltraumforschung in Franken" am 21. Oktober 2021 am Gymnasium Eckental. Zur feierlichen Eröffnung waren etwa 130 Besucher gekommen. Neben den umfangreichen Inhalten der Posterreihen waren auch Exponate des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB (Erlangen) sowie des Hermann-Oberth-Museums (Feucht) zu sehen.

Dr. Jochen Friedrich vom Fraunhofer IISB erläuterte in seinem Vortrag erstaunliche Zusammenhänge. Sein Fachgebiet ist die Herstellung der Rohmaterialien für Halbleiterelektronik, ohne die heute so gut wie nichts mehr funktionieren würde. Die Produktion von Silizium-Kristallen wurde in den 1950er Jahren maßgeblich in einem Siemens-Labor in Pretzfeld bei Forchheim erfunden. Von der "Pretzfelder Apparatur" von 1954 spannte er den Bogen zu aktuellen Experimenten zur Halbleiterherstellung in Schwerelosigkeit auf Forschungsraketen, an denen das Fraunhofer IISB beteiligt ist.

Bahnbrechende Ideen für die Erkundung des Weltalls entwickelte der Physiker Hermann Oberth, der aus Mediasch in Siebenbürgen stammend nach dem 2. Weltkrieg in Feucht heimisch wurde. Oberth entwarf die ersten Raketen und beschrieb schon 1923 in seinem Buch "Die Rakete zu den Planetenräumen" die theoretischen und praktischen Grundlagen für die Weltraumfahrt. Seine Leistungen und Verdienste, aber viele andere Aspekte der Raketentechnik und Raumfahrt werden seit 50 Jahren im Hermann-Oberth-Raumfahrt-Museum in Feucht dargestellt. Das Museum wird ehrenamtlich von



Dr. Jochen Friedrich vom Fraunhofer IISB, unterstützt von Karlheinz Rohrwild (Leiter des Hermann-Oberth-Raumfahrt-Museums in Feucht, rechts) und Schulleiter Burkard Eichelsbacher (links) bei der Ausstellungseröffnung "Weltraumforschung in Franken". Bild: U. Rahner, Novum Verlag



Erstmals seit Beginn der Pandemie fand mit der Posterausstellung wieder eine gut besuchte Abendveranstaltung in der Aula des Gymnasiums Eckental statt. Bild: U. Rahner, Novum Verlag



Schülerinnen und Schüler sowie deren Eltern studierten interessiert die vom P-Seminar entworfenen Poster. Bild: U. Rahner, Novum Verlag



Das P-Seminar des Gymnasiums Eckental zusammen mit ihren betreuenden Lehrkräften sowie den Kooperationspartnern Dr. J. Friedrich vom Fraunhofer IISB in Erlangen und K.-H. Rohrwild vom Hermann-Oberth-Museum in Feucht. Bild: Gymnasium Eckental

einem Verein getragen. Ursprünglich sollte das P-Seminar seine Arbeiten im Museum präsentieren, aufgrund von Pandemie- und Platzverhältnissen hat man sich für die Aula des Gymnasiums entschieden. Im Mai 2022 wird die Ausstellung voraussichtlich im Rahmen der "Langen Nacht der Wissenschaften" im Fraunhofer IISB nochmals gezeigt werden.

Start-up-Zuwachs mit Förderung der IFB Hamburg

Pressemitteilung des IKZ, Berlin, 12. Oktober 2021

Maßgeschneiderte Röntgenstrahlen für Forschung und Entwicklung

Das im April 2021 auf dem DESY-Campus in Hamburg gegründete Start-up TXproducts erhält eine Förderung der Investitions- und Förderbank Hamburg (ifb). TX steht für "Tailored X-Ray", und das Team entwickelt Lösungen zur individuellen Anpassung von Synchrotron-Röntgenstrahlung für Experimente an Großforschungsanlagen. "Wir machen die besten Mikroskope der Welt noch besser" lautet das Motto des jungen Unternehmens. Geführt wird es von Peter Gaal, der am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) in Berlin die Arbeitsgruppe Röntgenoptik leitet, und seinem ehemaligen Doktoranden Daniel Schmidt, Spezialist für Nanoforschung und zeitlich hochaufgelöste Röntgen- und Lasertechnologie.



v.l.n.r.: Daniel Schmidt (Co-Founder von TXproducts und Doktorand am IKZ), Dr. Arik Willner (Bevollmächtigter des Direktoriums für Innovation, Chief Technology Officer (CTO) DESY), Dr. Peter Gaal (Co-Founder von TXproducts und Gruppenleiter "Röntgenoptik" am IKZ), Prof. Dr. Thomas Schröder (Direktor IKZ) (Foto: Marta Mayer, DESY)

Die beiden haben ein kleines Gerät auf Basis piezoelektrischer Kristalle entwickelt – das sind Kristalle, die bei Verformung elektrische Spannung erzeugen und etwa in Handys oder auch Sensoren, z.B. zur Erkennung von Viren, stecken. Die Entwicklung der benötigten Kristalle erfolgt durch die enge Zusammenarbeit der Firma mit dem IKZ. Dieses Gerät kann die Forschung an großen Röntgenlichtquellen wie Petra III des DESY erheblich effizienter machen. Nicht größer als ein halber Schuhkarton lässt es sich recht leicht in den verschiedenen Experimentierstationen, den Beamlines, zwischenschalten und ermöglicht so den Forschern, die Zeitstruktur des Röntgenstrahls ihrem jeweiligen Experiment anzupassen. Sie können also variabel bestimmen, wie ihre Materialprobe belichtet wird, um sie zum Beispiel zu filmen, während eine chemische Reaktion stattfindet.

Das Start-up mietet nun Räume mitten auf dem Campus von

DESY, im DESY Innovation Village. In diesem Gebäude sind die Innovations- und Vorgründungsprojekte untergebracht sowie absolute Neugründungen. Der Standort bietet TXproducts mehrere Vorteile: "Wir brauchen die Nähe zu einer Synchrotronstrahlungsquelle", sagt Peter Gaal. "An PETRA III gibt es Beamlines, die unser Produkt haben wollen und uns bei der Entwicklung unterstützen." Hinzu komme, dass er und Schmidt sich auf dem Campus mit anderen Gründern austauschen und passende neue Mitarbeiter finden können sowie Hilfe vom DESY-Start-up Office in Unternehmensfragen erhalten. "Unser Campus bietet jungen Hightech-Start-ups ein reichhaltiges Ökosystem, in dem sie wachsen und ihre Produkte entwickeln können. Daneben ist die Anbindung an eine der brilliantesten Synchrotronstrahlungsquellen der Welt, PETRA III, wichtig für ein Start-up wie TXproducts", sagt Arik Willner, Chief Technology Officer bei DESY. Auch das IKZ ist seit kurzem durch ein JointLab mit DESY auf dem Campus präsent. "Der Standort bietet ideale Bedingungen für den Transfer unsere Forschungsergebnisse, z.B. im Bereich neuer Röntgenoptiken", erklärt Thomas Schröder, Direktor des IKZ.

TXproducts arbeitet bereits an weiteren Produkten. Ihr aktuelles Schaltgerät WaveGate, für das sie nun einen Demonstrator entwickeln, kann die Pulsfrequenz eines Röntgenstrahls anpassen oder einzelne Pulse isoliert auf die Probe werfen. "Licht legt in einer Sekunde eine Strecke zurück, die sieben Mal um den Äquator reicht", erklärt Daniel Schmidt. "WaveGate kann den Röntgenstrahl so schnell an- und wieder ausschalten, dass das Licht in dieser Zeit nur 30 Meter zurücklegt." Der nächste Schalter, an dem die Forscher arbeiten, der "PicoSwitch", setzt noch einen drauf: Er schaltet in dieser Analogie den Röntgenstrahl binnen einer Stecknadelbreite an und aus, lässt das Licht nur für fünf bis zehn Pikosekunden (Billionstel Sekunden) passieren. Damit können Forscher Vorgänge untersuchen, die schneller ablaufen als einer der Röntgenpulse selbst lang ist. Auch dafür gibt es einen großen Bedarf in der modernen Forschung mit Röntgen- oder Laserstrahlung. Für die Startphase des Unternehmens konnten die jungen Gründer bereits jetzt eine Förderung der Investitions- und Förderbank Hamburg (IFB) einwerben.

Mehr Informationen:

<http://www.txproducts.de/>

Fachlicher Kontakt:

Dr. Peter Gaal, IKZ, peter.gaal@ikz-berlin.de

DGKK-Personen

Zum 80. Geburtstag des Kristalltechnologen Prof. Georg Müller

Der Forscher und Hochschullehrer Professor Georg Müller, Gründer und ehemaliger Leiter des Erlanger Kristalllabors, feierte am 3. Dezember 2021 seinen 80. Geburtstag.



Der Jubilar Georg Müller 1985, 2006 und 2021 in ähnlicher Pose. Bild: Fraunhofer IISB

Georg Müller studierte Physik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und promovierte 1974 bei Professor Mollwo über "Elektrische und optische Störstellenspektroskopie an Zinkoxid-Einkristallen". 1974 wurde er am Lehrstuhl Werkstoffe der Elektrotechnik des Instituts für Werkstoffwissenschaften der FAU als akademischer Rat berufen mit der Aufgabe, neue Halbleiterwerkstoffe herzustellen und Lösungen für Probleme zu suchen, die im Zusammenhang mit der Kristallzüchtung stehen. Dies war die Geburtsstunde des Erlanger Kristalllabors, welches Georg Müller bis zu seiner Emeritierung im Jahr 2007 leitete.

1979 wurde Georg Müller zum akademischen Oberrat ernannt, 1986 erfolgte seine Habilitation mit dem Werk "Über die Entstehung von Inhomogenitäten in Halbleiterkristallen bei der Herstellung aus Schmelzen" und 1988 schließlich seine Berufung zum Professor am Erlanger Institut für Werkstoffwissenschaften (Werkstoffe der Elektrotechnik). In den 1990er Jahren gründete Georg Müller am benachbarten Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB die Arbeitsgruppe Kristallzüchtung, die aufgrund ihres Erfolges bereits 1999 in eine eigenständige Abteilung umfirmierte. Diese leitete Georg Müller bis 2004. Danach übertrug er die Verantwortung auf seinen ehemaligen Doktoranden Dr.-Ing. Jochen Friedrich, der die Abteilung bis heute führt.

Georg Müller hat die Kristallzüchtung in Deutschland als ehemaliger Vorsitzender und Vorstandsmitglied der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung

(DGKK) aktiv mitgestaltet. So leitete er mehr als 15 Jahre lang den DGKK-Arbeitskreis "Verbindungshalbleiter" und war für mehrere Jahre als Chefredakteur für das DGKK-Mitteilungsblatt verantwortlich.

In der Lehre bewies Georg Müller außergewöhnlich hohes Engagement und landete bei der Bewertung der Lehrveranstaltungen durch die Studierenden mehrmals auf dem ersten Platz. Seine herausragenden Leistungen in der Lehre wurden im Jahr 2006 durch das Bayerische Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst mit dem "Preis für gute Lehre" gewürdigt. Als Studiendekan, Senatsmitglied, Vorstandsmitglied des Instituts für Werkstoffwissenschaften und Vorsitzender der Studienkommission Werkstoffwissenschaften hat er mehrere Studiengänge aktiv mitgestaltet, etwa bei der Einführung der Bachelor- und Master-Studiengänge in den Werkstoffwissenschaften sowie der Einrichtung des Elitestudiengangs "Advanced Materials and Processes", als dessen erster Sprecher er fungierte.

Nach seiner Emeritierung im Jahr 2007 war er zunächst in beratender Funktion am Fraunhofer IISB sowie bei verschiedenen Firmen tätig. Seit einigen Jahren tritt Georg Müller "geschäftlich" aber deutlich kürzer, obwohl er nach wie vor regelmäßig ans Fraunhofer IISB kommt, um aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet der Kristallzüchtung zu diskutieren. Im Mittelpunkt stehen heute aber Ausflüge und Reisen (mit dem E-Bike) mit seiner Frau sowie seine beiden Enkelinnen, für die er jederzeit da ist.

Wissenschaftliche Highlights

Professor Georg Müller hat über 30 Jahre die internationale Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Massivkristallzüchtung maßgeblich mitgeprägt. So hat Georg Müller bereits in den 1970er Jahren an der damals neuen Kristallzüchtungstechnologie, dem Traveling Heater-Verfahren zur Herstellung von Verbindungshalbleitern aus Lösungen geforscht. Dieses THM-Verfahren ist heute wieder hoch aktuell, wie die Nominierung von Wissenschaftlern und Ingenieuren von Siemens Healthineers für den Zukunftspreis 2021 zeigt. In den 1980ern trug Georg Müller u.a. mit seinen Weltraumexperimenten sehr viel zum Verständnis der Konvektionsvorgänge bei der Kristallzüchtung aus Schmelzen bei. In diesem Zusammenhang war er neben experimentellen Untersuchungen auch Vorreiter darin, die numerische Simulation der Wärme- und Stofftransportvorgänge für die Kristallzüchtung zu erschließen. Für seine Beiträge zu diesem Thema wurde er 1988 mit dem Wolfgang-Finkelburg-Preis der Universität Erlangen-Nürnberg geehrt und gründete 1989 die Workshop Serie der International Organization of Crystal Growth (IOCG), den "International Workshop on Modeling in Crystal Growth", der bis heute alle drei Jahre tagt.

Wegweisend für die weiteren Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten des Kristalllabors waren die von ihm geleiteten Untersuchungen zur InP-Kristallzüchtung nach dem LEC (Liquid-Encapsulated-Czochralski) - Verfahren in den 1980er Jahren. Obwohl 1987 der erste InP-LEC-Einkristall mit 3" Durchmesser weltweit in Erlangen gezüchtet wurde, war Georg Müller sehr schnell klar, dass dieses Verfahren in Hinblick auf defektarmes Material limitiert ist. Deshalb trieb er die Entwicklung der VGF-(Vertical-Gradient-Freeze) Technologie

voran. - Heute finden sich weltweit in fast jedem Smartphone mehrere Galliumarsenid-"Chips", die auf den in Erlangen mitentwickelten verfahrenstechnischen Grundlagen basieren. Georg Müller wurde für seine Beiträge zur Entwicklung des VGF-Verfahrens im Jahr 2001 mit dem Laudise-Preis der International Organization of Crystal Growth, der international höchsten Auszeichnung für angewandte Kristallzüchtung, ausgezeichnet. Außerdem erhielt er 2003 gemeinsam mit Kollegen von Schott und Fraunhofer IISB den Wissenschaftspreis des Stifterverbands der Deutschen Wissenschaft für die Entwicklung der VGF-Technologie zur Herstellung von Calciumfluorid-Kristallen als Linsenmaterial für die Mikrolithographie.

Ein Grundstein für diese Erfolge war die Entwicklung von maßgeschneiderten Simulationsprogrammen zur Berechnung der Kristallzüchtungsvorgänge, die von ihm forciert wurden. Dank einer intensiven Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern von der West-Universität Timisoara, für die er 2004 mit der Ehrendoktorwürde ausgezeichnet wurde, gelang es Georg Müller, eigene Software (STHAMAS, CrysVUn, CrysMAS) zu entwickeln und zu vermarkten. So haben in den frühen 2000 Jahren fast alle großen internationalen Siliziumhersteller die Erlanger Software zur Optimierung ihrer Silizium-Czochralski-Prozesse eingesetzt, und viele Europäische Wissenschaftler nutzen die Software noch heute zur Vorbereitung von materialwissenschaftlichen Experimenten auf der Internationalen Raumstation.

Ansprechpartner:

Dr. Jochen Friedrich, Fraunhofer IISB
Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany
jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

Jubilare

Wir gratulieren herzlich zum Geburtstag:

| | |
|---|--------------------|
| Herrn Dr. Andreas Meyer, Zorneding | zum 85. Geburtstag |
| Herrn Dr.-Ing. Hans Scheel, Oberhofen (Schweiz) | zum 85. Geburtstag |
| Herrn Prof. Dr. Werner F. Kuhs, Göttingen | zum 70. Geburtstag |

Mitglieder 2021, zweite Jahreshälfte

Wir begrüßen seit dem 16.06.2021 als neue Mitglieder (Stand 06.12.2021):

Neumitglieder / Privatpersonen:

| | |
|----------------------------|---|
| Herr Dr. Christian Kranert | Fraunhofer IISB, Erlangen |
| Herr M.Sc. Owen Ernst | Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin |

Wir gedenken der Verstorbenen:

| | |
|------------------------|------------|
| Herrn Horst Linn | Hirschbach |
| Herrn Dr. Peter Reiche | Zeuthen |

Nachruf zu Horst Linn (26.7.1944 – 14.11.2021)

Von Jochen Friedrich und Georg Müller

Trauer um Unternehmer Horst Linn senior. Horst Linn senior ist im Alter von 77 Jahren verstorben. Er war seit 1983 persönliches Mitglied in der DGKK. Er hat mit seiner Firma, der Linn High Therm GmbH, über Jahrzehnte die DGKK in Form von Werbeanzeigen, Spenden und Messeauftritten unterstützt.



Im Jahr 1969 gründete Horst Linn das heute so renommierte Unternehmen Linn High Therm GmbH. Mit seinem ausgeprägten unternehmerischen Weitblick führte er den Betrieb, der sich auf die Entwicklung und Produktion von elektrisch beheizten Labor- und Hochtemperaturöfen sowie induktiven Schmelz- und

Gießanlagen spezialisierte, zu weltweiter Konkurrenzfähigkeit auf diesen Gebieten. International tätig genießt die Firma heute im Bereich der Wirtschaft und der Wissenschaft hohes Ansehen in Europa und der Welt. Sie verdankt ihrem Gründer über 90 Patente und ist bis heute der größte Arbeitgeber in der Gemeinde Hirschbach im Landkreis Amberg-Weilburg. Parallel zu seiner unternehmerischen Tätigkeit arbeitete Horst Linn ehrenamtlich viele Jahre in verschiedenen berufsständischen Gremien, Kammern und Vereinigungen. Außerdem war er Vorstandsmitglied des Ostbayerischen Technologie-Transfer-Institutes (OTTI), Aufsichtsrat des S-Refit und gehör-

te dem von der Bundesregierung berufenen Asien-Pazifik-Ausschuss (APA) an. Auch durch eine Vielzahl an Fachveröffentlichungen in den Bereichen Gießerei, Industrieöfen und Probenvorbereitung für Spektroskopie, Mikrowellenerwärmung sowie zu den Themen Mittelstandspolitik, Technologietransfer, Exportmärkte, Industrie-Standort Deutschland, Start-Up-Unternehmen erlangte er Bekanntheit.

Seit 1989 war Horst Linn senior Träger des Bundesverdienstkreuzes am Band. Eine Auszeichnung, die er später nochmals bekommen sollte. "Vorbildliches unternehmerisches und ehrenamtliches Wirken um Industrie und Gemeinwohl", so die Worte des ehemaligen bayerischen Wirtschaftsministers Otto Wiesheu, als er ihm 2003 das Bundesverdienstkreuz überreichte. 2004 verlieh ihm Wiesheu dann die Staatsmedaille für besondere Dienste um die bayerische Wirtschaft. Mit der Auszeichnung als "Business Angel des Jahres 2004" fand Horst Linns Engagement bei der Unterstützung innovativer Unternehmensgründer im Rahmen des nordbayerischen Netzwerkes eine öffentliche Würdigung. Er war Mitbegründer von 18 Start Up Unternehmen, darunter auch zwei Spin-offs der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, nämlich die Kristallzüchtungsfirmen SiCrystal und Crystal-N.

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 (SrTiO₃, MgO, YSZ, ZnO, Al₂O₃, etc.)
- ▲ Wafer (Si, Ge, ZnTe, GaAs und andere HL)
- ▲ Sputtertargets
- ▲ Optische Materialien (Fenster, Linsen, etc.)
- ▲ Auftragsforschung für Werkstoffe und Kristalle



MaTeck

Im Langenbroich 20
52428 Jülich
Tel.: 02461/9352-0
Fax: 02461/9352-11
eMail: info@mateck.de

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

Über die DGKK

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

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

1. Vorsitzender

Prof. Dr. Andreas Erb
Walther-Meißner-Institut für Tieftemperaturphysik
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
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut (IA)
Sommerfeldstr. 14, 52074 Aachen
Tel.: 0241 / 80 27097
E-Mail: gruner@physik.rwth-aachen.de

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. Klaus Böttcher
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
Tel.: 030 / 6392 3073
Fax: 030 / 6392 3003
E-Mail: redaktion@dgkk.de

Anzeigen:

Dr. Ulrike Wunderwald
Fraunhofer Technologiezentrum Hochleistungsmaterialien (THM)
Tel.: 03731 / 2033-101
E-Mail: ulrike.wunderwald@iisb.fraunhofer.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:

10. Dezember 2021
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 € |

Feedback furnace

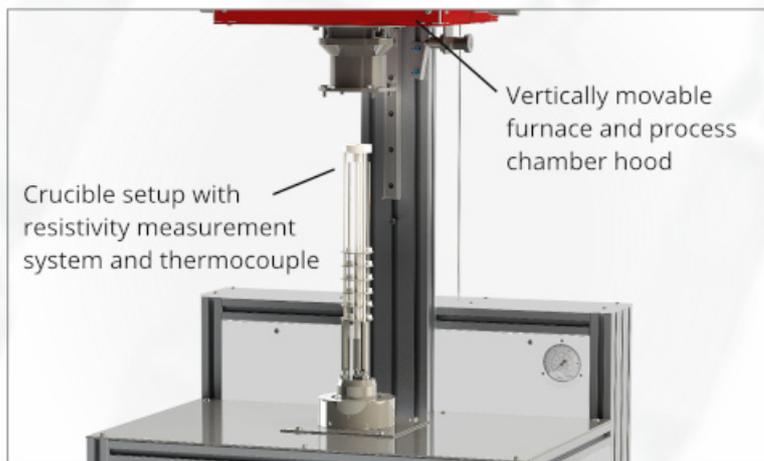
Novel equipment for flux crystal growth:
Direct process control by in-situ detection of phase transitions

Heating power of the furnace is directly linked to conversion processes in the sample material:

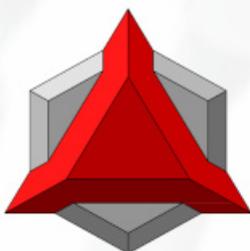
- Detect crystallization onset by latent heat monitoring directly from the solution
- Perform seed selection by temperature oscillation at the crystallization point
- Suppress supercooling and uncontrolled crystallization

Technical specifications in the standard configuration:

- Max. temperature: 1300 °C
- Max. crucible dimensions: d = 25 mm, h = 50 mm
- Precise sample temperature monitoring by lock-in amplified resistivity measurements AND thermocouples
- Automatic detection of temperature anomalies down to 10^{-4} abs(T)
- Fully computer-controlled and automatable via GUI or python scripts
- Vacuum and gas connections
- Comfortable crucible installation due to a vertically movable furnace hood

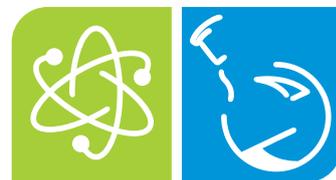


A high-precision measurement system directly detects ongoing crystallization during flux growth by the onset of characteristic signatures in the temperature profile of the sample. This signal is caused by the latent heat associated with the phase transition. The in-situ detection of nucleation allows to significantly reduce the relevant temperature regime and enhances the applicability of lower cooling rates than previously practical. The feedback furnace combines crystal growth with a thermal analysis of the sample material to provide a powerful instrument for the creation of heretofore poorly studied multicomponent compounds.



SCIDRE
SCIENTIFIC INSTRUMENTS DRESDEN GMBH

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