Science & Technology since 1993

nanovate!

MAGAZIN

#03
12/2021

Light on chip

Neurotec II
Ein BMBF-Projekt zur Demonstration neuromorpher Hardware

Schwerpunkt Perowskit
Die Suche nach einer On-Chip-Laserquelle

Und der Gewinner ist ...
Wir gratulieren Piotr Cegielski zum JRF-Dissertationspreis

The wind cries ... ANIMA
Nachruf zum Abbau unserer Windkraftanlage

Vorgestellt
Neue und alte Bekannte

Neurotec II
A BMBF project to demonstrate the power of neuromorphic hardware

Focus on perovskites
The search for an on-chip laser source

And the winner is ...
Congratulation to Piotr Cegielski for the JRF Dissertation Prize

The wind cries ... ANIMA
Obituary for the dismantling of our wind turbine

Introduced
New and old companions

„Der Blick über den Tellerrand ist wichtig.“

Bei AMO bereiten wir Innovationen den Weg. Dazu greifen wir Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung auf, die mit neuen Funktionen vielversprechend und machbar erscheinen. Mit unserer Forschung setzen wir diese Erkenntnisse dann in nachhaltige Technologien und Lösungen für die globalen Herausforderungen von heute um.

Und diesen Weg schlagen wir bereits seit 25 Jahren ein. So konnten wir wichtige Trends der Zukunft früh identifizieren. Ein Beispiel ist die Graphenelektronik. Seit 15 Jahren ist AMO in diesem Bereich aktiv und zählt heute zu den wichtigsten Playern Europas. Auch die Integration neuartiger Materialien in bereits etablierte Nanophotonik-Plattformen ist für uns ein entscheidender Trend. Mit dem Titelthema dieses Magazins, Perowskit, gehen wir darauf genauer ein.

Das „Geheimnis“ unseres Erfolges ist ein interdisziplinäres Team aus Materialwissenschaftler*innen, Physiker*innen und Ingenieur*innen sowie eine Unternehmenskultur, die offen ist für Veränderungen, Zusammenarbeit und Multikulturalismus. Wie mein Kollege Michael Hornung zu sagen pflegt: Wenn wir neue Wege gehen wollen, reicht es nicht aus, sich nur mit den eigenen Ideen zu beschäftigen – wir müssen über den Tellerrand hinaus blicken, um zu erkennen, was um uns herum und in anderen Bereichen passiert.

Diese Philosophie ist das, was AMO zu einem gefragten Partner für Kooperationsprojekte und zu einem besonderen Arbeitsplatz macht – auch in Zeiten der Pandemie. Ich möchte diese Gelegenheit nutzen, um unserem gesamten Team zu danken und diejenigen herzlich willkommen zu heißen, die in 2021 neu zu uns gekommen sind.

Max Lemme
Geschäftsführer der AMO GmbH
Managing Director at AMO GmbH

“Look beyond the horizon.”

At AMO, we see ourselves as pathfinders in innovation. We take findings from basic research that seem promising in terms of new functionalities and feasibilities. We then dive in and research to develop these findings into sustainable technological solutions for today’s global challenges.

In the past 25 years, we have shown that we often have a good nose when it comes to predicting which topics will play an important role in the future. One example is graphene electronics, a field that we entered about 15 years ago, and where we are now a major player in Europe. Another one is the integration of novel materials such as perovskites into well-established nanophotonics platforms – as described in this magazine’s cover story.

The “secret” of our success is an interdisciplinary team of materials scientists, physicists and engineers, and a corporate culture that is open to change, collaboration and multiculturalism. As my colleague Michael Hornung keeps saying: To be innovative, you cannot work only with your own ideas – you need to look beyond the horizon and see what’s happening in other places and what is coming from other directions.

This philosophy is what makes AMO a sought after partner of collaborative projects, and a special place to work – even in the times of pandemic. I take this opportunity to thank all our team and to warmly welcome those who have joined us in 2021.

Inhalt
Contents

04

Von der Grundlagenforschung zu Demonstratoren
Das Projekt NEUROTEC geht mit einem ehrgeizigen Ziel in seine zweite Förderphase

From basic research to demonstrators
The project NEUROTEC enters its second funding phase with an ambitious goal

NEUROTEC II

07 Titel Title

Auf Perowskite setzen
Können Perowskite eine kostengünstige, integrierbare Laserquelle ermöglichen?

Betting on perovskites
Can perovskites enable a cheap, integrable laser source?

12

Ausgezeichnete Forschung
Piotr Cegielski hat den JRF-Dissertationspreis erhalten

Prize-winning research
Piotr Cegielski has received the JRF Dissertation prize

14

Abschied von ANIMA
Die Windkraftanlage der AMO ist nach 26 Jahren Betrieb abgebaut worden

Goodbye ANIMA
AMO’s wind turbine has been dismantled after 26 years of service

17

Projekte & Publikationen
Projects & publications

18

Vorgestellt
Neue Mitarbeiter und alte Bekannte

Introduced
New colleagues and old companions

Dr. Rainer F. Mahrt
Scientist at IBM Research, Zurich

Maike Meyer-Amjadi
Technology Marketing
AMO GmbH

Christoph Nowak
R&D Engineer and Cleanroom Manager
AMO GmbH

Druckdatum: PDF, 21.12.2021 // Auflage: offen // Bildnachweise: © Martin Braun (Titel) / © Andreas Cichowski (Inhalt)

Mit Neuromorphic Computing auf der Überholspur

Prof. Dr.-Ing. Max Lemme
Managing Director
+49 (0) 241 – 8867 200
lemme@amo.de

NEUROTEC geht in die nächste Runde: Mit rund 36 Millionen Euro fördert das BMBF, das Bundesministerium für Bildung und Forschung, das Projekt für weitere fünf Jahre. In dieser zweiten Phase will NEUROTEC pragmatisch demonstrieren, wie KI-Anwendungen an Effizienz gewinnen, wenn sie auf Hardware-Architekturen basieren, die an unser Gehirn angelehnt sind: neuro-inspiriert und alles andere als herkömmlich. Die AMO GmbH ist als Partner bei diesem Projekt involviert.

Ehrgeizig war das Projekt NEUROTEC schon von Anfang an. So möchte es seit Beginn 2019 im sogenannten Rheinischen Revier, dem durch den Wegfall des Braunkohleabbaus ein Strukturwandel bevorsteht, die Weichen für eine neue Wertschöpfung stellen. Wie? Mit der Entwicklung von Hardware und Algorithmen für höchst effiziente Rechner. Die Blaupause für die neue Technologie ist nichts anderes als unser menschliches Gehirn.

Denn unser Gehirn ist eine wahre Rechenmaschine und an Effizienz kaum zu übertreffen. Wenn das Gehirn zum Beispiel Muster erkennt, arbeitet es schnell und verbraucht nur wenig Energie. Davon sind herkömmliche digitale Computer sehr weit entfernt. Neuro-inspirierte Technologien werden daher immer wichtiger, wenn es um Datenverarbeitung in Echtzeit geht: Ein Muss für etwa autonomes Fahren oder auch Industrie 4.0 Szenarien. Außerdem können solche Hardware-Lösungen und Algorithmen den CO_2-Fußabdruck von Künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen deutlich senken.

Koordiniert von Prof. Rainer Waser vom Forschungszentrum Jülich und Leiter des Instituts für Werkstoffe der Elektrotechnik der RWTH Aachen, vereint das Projekt NEUROTEC alle Kompetenzen, die für den Aufbau eines vollständigen Ökosystems für diese Zukunftstechnologie erforderlich sind: Neben den Expert*innen vom Forschungszentrum Jülich und der RWTH Aachen sind auch zahlreiche High-Tech-Unternehmen aus der Region mit dabei wie AIXTRON SE, AMO GmbH, aixACCT Systems GmbH, SURFACE systems+technology GmbH & Co. KG und AMOtronics UG.

Wie Grundlagenforschung den Weg in die Umsetzung findet

Das Projekt NEUROTEC fokussiert sich auf die kleinsten elektronischen Komponenten für die neuromorphe Verarbeitung: Die sogenannten Memristoren, die dabei Synapsen im menschlichen Gehirn ähneln. Durch anpassbare Widerstandseigenschaften können Memristoren Informationen nicht nur speichern, sondern auch gleichzeitig verarbeiten. Außerdem lassen sie sich zum Kontrollieren und Auslesen an herkömmliche Mikroelektronik anschließen.

Bei der Grundlagenforschung zu Memristoren ist die Allianz aus Forschungszentrum Jülich und RWTH Aachen bereits heute weltweit führend. Jetzt geht es darum, die Ergebnisse dieser exzellenten Forschung in eine tragfähige Technologieplattform zu überführen.

„In der jetzt beginnenden zweiten Phase des Projekts wird es in erster Linie darum gehen, Demonstratoren zu entwickeln, die die Technologie und Funktion der neuromorphen Hard- und Softwarearchitekturen beweisen", erklärt Prof. Rainer Waser.

A change of gear for neuromorphic computing

The project NEUROTEC enters its second funding phase, with a budget of around 36 million euros for the next five years from the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). The goal is to demonstrate pragmatically, how much more efficient neuro-inspired hardware is for artificial intelligence than conventional approaches. AMO GmbH is one of the partners of the project.

Since its start in 2019, the project NEUROTEC had a very ambitious goal in mind: to plant the seed for new value creation in the soon-to-be former Rhenish mining area (that will phase-out of coal mining) by developing hardware and algorithms for highly efficient computers modelled on the brain.

The brain is an extremely efficient computing machine in terms of power consumption – a thousand times more efficient than conventional digital computers for certain tasks such as pattern recognition. Hardware and algorithms inspired by the brain will play a pivotal role in all those applications that require data processing in real time, such as autonomous driving or Industry 4.0, and could help reducing the large CO_2-footprint of artificial intelligence and machine learning.

Coordinated by Forschungszentrum Jülich, the project NEUROTEC brings together top experts from Forschungszentrum Jülich and RWTH Aachen University, and numerous high-tech companies based in the region, such as AIXTRON SE, AMO GmbH, aixACCT Systems GmbH, SURFACE systems+technology GmbH & Co. KG and AMOtronics UG, thus laying the foundation for an ecosystem based on this future technology. ►

„Dazu können wir auf die erweiterte Anlageninfrastruktur und Konzepte zurückgreifen, die seit 2019 in der ersten Projektphase erarbeitet wurden", so Waser, der 2014 für seine Forschung den Leibniz-Preis erhielt.

In dieser zweiten Phase wird NEUROTEC auch auf zwei weitere Experten zählen können, die bei der Entwicklung von Hard- und Software für neuromorphe Systeme unterstützen: Prof. John Paul Strachan und Prof. Emre Neftci, die im Juli von den Hewlett-Packard Labs und der University of California an das Forschungszentrum Jülich gekommen sind.

Synergieeffekte für die Region

NEUROTEC wird in den nächsten Jahren nicht die einzige große Initiative zum Thema „Neuromorphic Computing" in der Region Aachen-Jülich sein. Unterstützung bekommt es durch das Zukunftscluster „NeuroSys – Neuromorphe Hardware für autonome Systeme der künstlichen Intelligenz", das von Prof. Max Lemme, wissenschaftlicher Leiter der AMO GmbH und Professor an der RWTH Aachen, koordiniert wird.
Gefördert vom BMBF mit einem Budget von 45 Millionen Euro für neun Jahre, möchte NeuroSys die technologische sowie sozio-ökonomische Grundlage für eine Pilotlinie schaffen, damit neuromorphe Chips im industriellen Maßstab hergestellt und integriert werden können.

„In Zukunft kommt die beste KI-Hardware aus einem Paradigmenwechsel – vom konventionellen Computing zu neuroinspirierten Systemen."

„Dass NEUROTEC und NeuroSys eng zusammenarbeiten, ist eine große Chance für die Region und für Deutschland. Das beschleunigt den Transfer von exzellenter Wissenschaft in Unternehmen und Start-ups und erschafft ein ganzes Ökosystem, das die Leistungsfähigkeit der neuen Technologie demonstriert und große Investitionen anzieht. Diese Synergie kann dem gesamten Bereich einen echten Schub nach vorne geben", sagt Prof. Max Lemme.

„Im Bereich KI wird in Zukunft derjenige mit der besten Hardware auch über das Produkt verfügen", ergänzt Lemme. „Und die beste Hardware wird sich aus einem Paradigmenwechsel ergeben – weg vom herkömmlichen von-Neumann-Rechnern hin zu neuro-inspirierten Systemen. Dieser Paradigmenwechsel ist eine echte Chance: Deutschland und Europa können wettbewerbsfähiger und in diesem wirtschaftlich und ethisch sensiblen Bereich technologisch souverän werden."

Die zweite Förderphase des NEUROTEC-Projekts ist Teil des „Strukturstärkungsgesetzes Kohleregionen", das der Bundestag und der Bundesrat verabschiedet haben, und des NRW-Projektes „Sofortprogramm-PLUS", um den Strukturwandel in der Region zu fördern. ◄

▶ A change of gear for neuromorphic computing

AMO arbeitet im NEUROTEC Projekt an neuartigen memristiven Bauelementen, die auf 2D-Materialien basieren
Within the project NEUROTEC, AMO focuses on the development of novel memristive devices based on 2D materials

From excellent fundamental research to applications
The project NEUROTEC focuses on the smallest electronic components that can be used for neuromorphic computing, the so-called memristors. Memristors have similar properties to the synapses in the human brain. They can store and simultaneously process information via an adjustable resistance value. And they can be connected to conventional microelectronics for control and read out.

The alliance of Forschungszentrum Jülich and RWTH Aachen University is already a world leader in fundamental research on memristors. Now the challenge is to translate the results of this excellent research into a viable technology platform.

"In the future, the best AI hardware will come from a change of paradigm – from conventional computing, to neuro-inspired devices."

"The second phase of the project, which is starting now, will primarily focus on developing demonstrators to prove the technology and function of the neuromorphic hardware and software architectures," explains Prof. Rainer Waser from Forschungszentrum Jülich and RWTH Aachen University, who coordinates the NEUROTEC project. "To do this, we can draw on the expanded system infrastructure and concepts that have been developed in the first phase of the project since 2019," says Waser, who received the Leibniz Prize for his research in 2014.

In this second phase, NEUROTEC will also count on two more experts in the field: Prof. John Paul Strachan and Prof. Emre Neftci, who have joined Forschungszentrum Jülich in July from Hewlett-Packard Labs and the University of California.

Synergies for the region
NEUROTEC will not be the only major initiative on neuromorphic computing in the Aachen-Jülich region in the next years, but it will team up synergistically with the Future Cluster "NeuroSys – Neuromorphic Hardware for Autonomous Artificial Intelligence Systems" coordinated by Prof. Max Lemme, scientific director at AMO GmbH and professor at RWTH Aachen University.

Funded by the BMBF with a budget of €45 million for nine years, NeuroSys aims at setting the technological and the socio-economical conditions necessary for realizing a pilot line for manufacturing and integrating neuromorphic chips on an industrial scale.

"The synergy between NEUROTEC and NeuroSys is a great opportunity for the region and for Germany, as it will catalyze the transfer of excellent science into companies and start-ups, and create a whole ecosystem that demonstrates the power of the new technology and attract major investments. This synergy can imprint a real change of gear to the whole field", says Prof. Max Lemme.

"In the future of AI, who'll have the best hardware will have the product", adds Lemme. "And the best hardware will come from a shift of paradigm – from conventional von Neumann computing to neuro-inspired devices. This shift of paradigm is a real chance for Germany and Europe to gain a competitive advantage and to become technologically sovereign in this economically and ethically sensitive field."

The second funding phase of NEUROTEC is part of the Structural Development Act (Strukturstärkungsgesetz) for coal-mining regions passed by the German government, and the "SofortprogrammPLUS", a program of the state of North Rhine-Westphalia to support structural change as the region phases out of coal mining. ◀

Bildnachweis: © Martin Braun

Perowskite für die Nanophotonik

Dr. Piotr Cegielski
Senior Scientist
Nanophotonic Group
+49 (0) 241 – 8867 126
cegielski@amo.de

Eine kostengünstige, integrierbare Laserquelle ist der heilige Gral der Nanophotonik. Könnten Perowskite die Lösung sein?

In den letzten zehn Jahren hat enormer technologischer Fortschritt bei optischen Chips dazu geführt, dass photonische Aufbauten, die früher mehrere Quadratmeter an optischen Tischen benötigten, jetzt auf integrierte photonische Schaltkreise in der Größe eines Fingernagels reduziert werden können. Das bietet enorme Vorteile in Bezug auf Herstellungskosten, Stabilität, Haltbarkeit und Leistung.

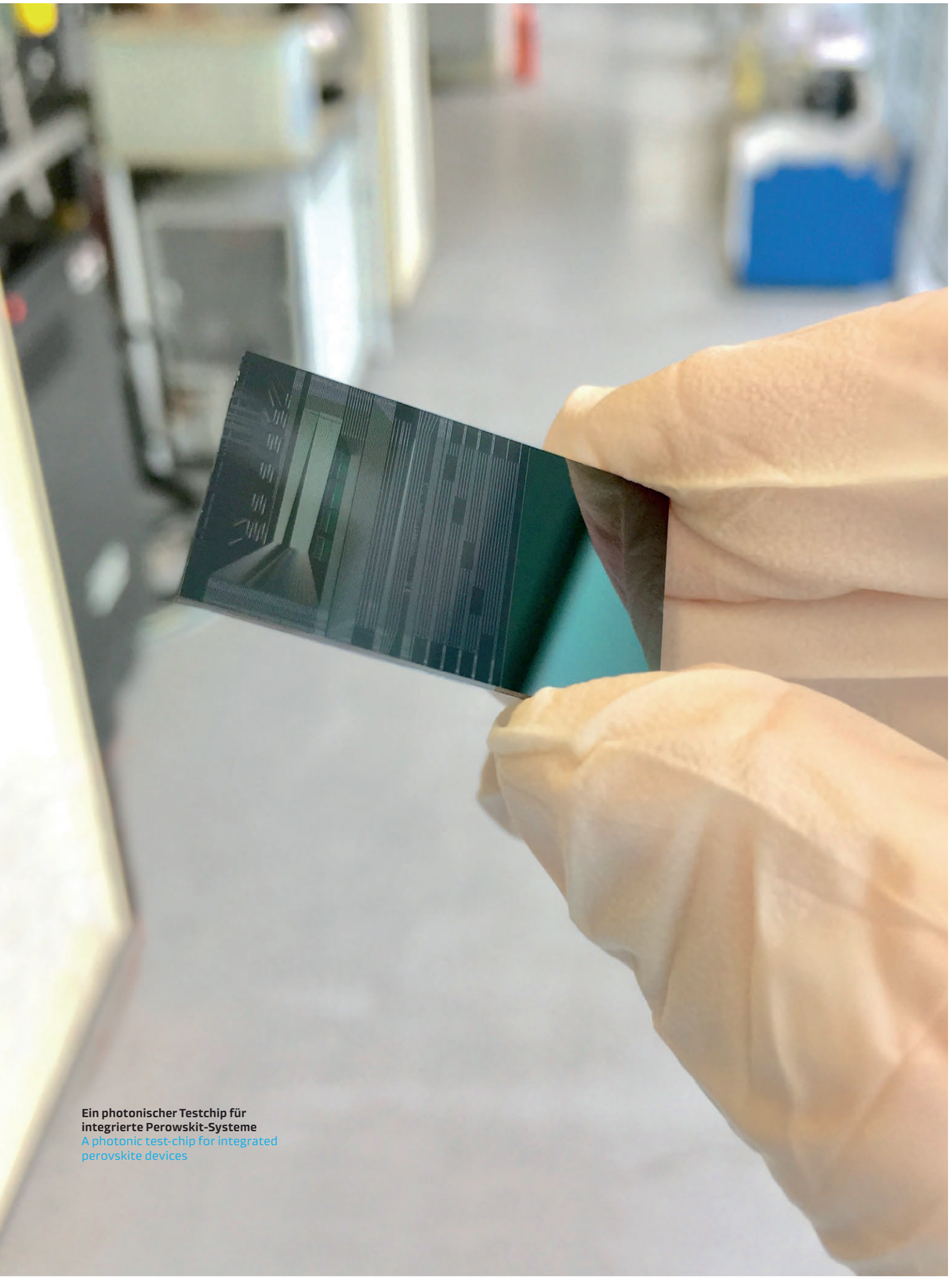
Kein Wunder also, dass integrierte photonische Schaltungen als möglicher Auslöser für die nächste Revolution in der Mikroelektronik gelten. Sie könnten eine ähnlich bahnbrechende Rolle spielen wie die Erfindung des elektronischen Mikroprozessors in den 1970er Jahren. Voraussetzung dafür ist jedoch die Verfügbarkeit einer kostengünstigen und skalierbaren Fertigungstechnologie. Vielversprechend sind hier bereits Photonik-Plattformen auf Basis von Silizium und Siliziumnitrid. Was allerdings noch fehlt, ist eine kostengünstige integrierbare Laserquelle.

Das fehlende Puzzleteil
Der heute übliche Ansatz zur Integration eines Lasers in einen photonischen Schaltkreis ist die Hybridintegration. Hier werden Laser und photonische Schaltung zunächst getrennt hergestellt, um dann technologisch anspruchsvoll und komplex verbunden zu werden. Dieser letzte Schritt verschlingt 70 % bis 80 % der Gesamtkosten der optischen Module – viel zu viel für eine breite Anwendung der integrierten Photonik.

Wie können die Kosten und die Komplexität der optischen Module drastisch gesenkt werden? Indem die Laser schon direkt bei der Fertigung auf den photonischen Schaltungen integriert werden. Mit herkömmlichen Halbleitern kann dies jedoch nicht erreicht werden. Und deswegen kamen neuartige Materialien wie Perowskite ins Spiel.

Die Vorteile von Perowskiten nutzen
Metallhalogenid-Perowskit-Halbleiter haben bemerkenswerte opto-elektronischen Eigenschaften. Sie haben sich bereits bei der Herstellung von Solarzellen und LEDs bewährt und sollten als effiziente Lichtemitter mit direkter Bandlücke auch elektrisch gepumpte Laser realisieren können. Einer ihrer Hauptvorteile ist, dass sie in Lösungsprozessen hergestellt werden können, was sie mit der Siliziumtechnologie kompatibel macht. Ihr größter Nachteil ist jedoch eine geringe chemische Stabilität, was eine Mikrofertigung extrem schwierig macht.

Schon 2015, im Rahmen des EU-Projekts SYNCHRONICS, hat AMO begonnen, zur Perowskit-Photonik zu forschen. Zu dieser Zeit gab es keine skalierbare Methode zur Strukturierung von Perowskiten. AMO gelang es aber, eine clevere Lösung für dieses Problem zu finden: Die Schutzschicht, die einen photonischen Wellenleiter bedeckt, wurde vorstrukturiert und die Gräben mit der Perowskit-Precursor-Lösung aufgefüllt [1]. ▶



Ein photonischer Testchip für integrierte Perowskit-Systeme
A photonic test-chip for integrated perovskite devices

Bildnachweis: © AMO GmbH

▶ Perowskite für die Nanophotonik

„Als Proof of Concept haben wir einen optisch gepumpten Ringlaser realisiert", erklärt der Erstautor der Arbeit, Dr. Piotr Cegielski. „Dies war nicht der erste, jemals realisierte integrierte Laser auf der Basis von Perowskiten, aber der erste, der mit einem kostengünstigen Prozessablauf mit hohem Durchsatz hergestellt wurde."

„Perowskite haben nicht nur für integrierte Laser ein großes Potenzial, sondern allgemein auch für mehr Innovation und Wettbewerbsfähigkeit in NRW."

Danach entwickelte Cegielski eine Methode zur Strukturierung von Perowskiten durch Photolithographie und reaktives Ionenätzen – ein bedeutender technologischer Durchbruch in diesem Bereich. Das neue Verfahren ermöglichte die Realisierung eines optisch gepumpten Disc-Lasers mit einer extrem niedrigen Laserschwelle [2]. Für diese Arbeiten, die den Kern von Cegielskis Doktorarbeit bildeten, erhielt er den JRF-Dissertationspreis (siehe Seite 12).

Weiter forschen

Obwohl die von Cegielski und seinen Kolleg*innen erzielten Ergebnisse sehr vielversprechend sind, werden elektrisch gepumpte Laser benötigt, um das Potenzial der integrierten photonischen Schaltungen voll auszuschöpfen. Dies stellt ein sehr ehrgeiziges Ziel dar, das noch intensive Forschung erfordert.

Bei AMO gibt es derzeit drei Hauptprojekte, die in diesem Bereich nach Lösungen forschen. Eines davon ist das Projekt PerovsKET, das von der EU und dem Land Nordrhein-Westfalen (NRW) mitfinanziert wird. Das Ziel: Die Mikrostruktur von Perowskit zu verbessern und die Prozesse auf die Waferskala zu übertragen. Ein weiteres ist das Projekt PERSEPHONe, ein vom Marie Skłodowska-Curie-Programm finanziertes europäisches Ausbildungsnetzwerk, das die technologischen Grundlagen für eine neuartige, integrierte photonische Plattform auf der Basis von Perowskit-Halbleiter entwickeln möchte. Das dritte Projekt ist das kürzlich gestartete DFG-Projekt HIPER-LASE, in dem mit einem breiten Methodenspektrum untersucht wird, inwieweit die Eigenschaften von Perowskit für elektrisch gepumptes Laserlicht optimiert werden können.

„Die drei Projekte ergänzen sich sehr gut und ermöglichen es uns, die Herausforderung mit verschiedenen Blickwinkeln anzugehen. Außerdem können wir von der Expertise verschiedener Partner profitieren", sagt Prof. Max Lemme, wissenschaftlicher Leiter der AMO. „Ich bin überzeugt, dass Perowskit nicht nur für integrierte Laser ein großes Potenzial haben, sondern allgemein auch für mehr Innovation und Wettbewerbsfähigkeit in NRW. Wir arbeiten bereits mit regionalen Partnern wie der Bergischen Universität Wuppertal, der Universität Siegen und Unternehmen wie NB Technologies, IBM Research GmbH, Dectris AG und Helio Materials Ltd. zusammen. Und wir planen, unsere Aktivitäten in diesem Bereich voller Chancen und Herausforderungen weiter auszubauen." ◀

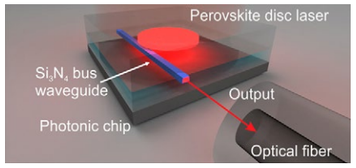
INFO BOX

[1] P. J. Cegielski et al. "Integrated perovskite lasers on a silicon nitride waveguide platform by cost-effective high throughput fabrication", Optics Express 25, 13199 (2017).

[2] P. J. Cegielski et al. "Monolithically Integrated Perovskite Semiconductor Lasers on Silicon Photonic Chips by Scalable Top-Down Fabrication", Nano Letters, 18, 6915 (2018).

TITLE

Perovskites for nanophotonics



Schematische Darstellung des von Cegielski und Mitarbeitern entwickelten Scheibenlasers auf Perowskit-Basis (Bild aus Ref. [2]). Schematics of the perovskite-based disc laser developed by Cegielski and co-workers (image from Ref. [2]).

A cheap, integrable laser source is the holy grail of nanophotonics. Could perovskites be the solution?

In the past decade, tremendous progress in optical chip-based technologies has allowed to shrink down photonics setups from the several square meters of optical tables to integrated photonic circuits the size of a fingernail. This miniaturization offers huge advantages in terms of manufacturing costs, stability, durability, and performance.

It is often said that photonic integrated circuits could trigger the next revolution in microelectronics, playing a disruptive role similar to the invention of the electronic microprocessor in the 1970s. The prerequisite, however, is the availability of a cost-effective and scalable manufacturing technology. Excellent candidates for this task are the photonics platforms based on silicon and silicon-nitride. What is still missing though is a cheap integrable laser source.

The missing link

Today, the most common approach to integrate a laser into a photonic circuit is hybrid integration, i.e. the laser and the photonic circuit are manufactured separately up to a certain stage, and then connected using a complex technology. This last step takes up 70 % to 80 % of the total cost of the optical modules and is a major hurdle for the wide application of integrated photonics.

The cost and the complexity of the optical modules could be drastically reduced if it was possible to fabricate the lasers directly on top of the photonic circuits. This is something that cannot be achieved with conventional semiconductors and that has driven the attention to novel materials such as perovskites.

Taking advantage of perovskites

Metal-halide perovskites are semiconductors with remarkable opto-electronic properties. They have already proven very successful for fabricating solar cells and LEDs, and, being efficient light-emitters with a direct band gap, are in principle suitable for realizing electrically pumped lasers. One of their main advantages is that they can be fabricated from solution processes, which makes them compatible with silicon technology. Their major disadvantage is their low chemical stability, which makes microfabrication extremely challenging.

AMO started working in the field of perovskite photonics back in 2015 within the EU-project SYNCHRONICS. At that time, there was no scalable method available for structuring perovskites. Researchers at AMO were able to find a clever solution to this problem. They pre-patterned the protective layer that covers a photonic waveguide and filled in the trenches with the perovskite precursor solution [1]. "As a proof of concept, we realized an optically pumped ring-laser", explains the first author of the work, Dr. Piotr Cegielski.

"This was not the first integrated laser based on perovskites ever realized, but the first one fabricated with a low-cost, high throughput process flow."

Subsequently, Cegielski developed a method for patterning perovskites using photolithography and reactive ion etching – a major technological breakthrough for the field. The new process enabled the realization of an optically pumped disc-laser with a record-low lasing threshold [2]. For this body of work, which formed the core of Cegielski's PhD thesis, he received the JRF Dissertation Prize (see pg. 12).

More research

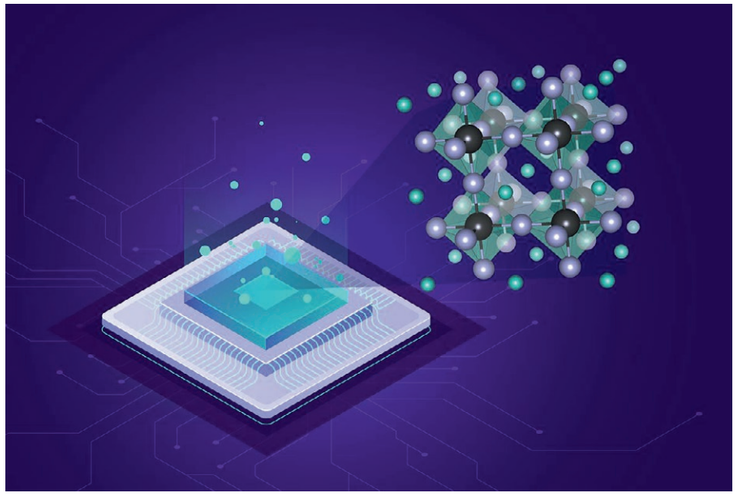
Although the results obtained by Cegielski and colleagues are very promising, more is needed to fully unlock the potential of photonic integrated circuits: electrically pumped lasers. This remains a very ambitious goal, which still demands intensive research.

"Perovskites have a great potential not only for integrated lasers, but also – from a broader perspective – for increasing innovation and competitiveness in NRW."

Bildnachweis: © ACS Publications

At AMO there are currently three main projects taking on this challenge. One is the project PerovsKET, co-financed by EU and the state of North-Rhine Westphalia (NRW), which has the goal of improving the microstructure of perovskites and transferring the processes to wafer scale. Another one is the project PERSEPHONe, a European training network financed by the Marie Skłodowska-Curie Program, with the aim of developing the technological basis of a novel integrated photonic platform based on perovskite semiconductors. The third one is the recently started DFG-project HIPER-LASE, which employs a broad range of methods to investigate to what extent the properties of perovskites can be optimized towards electrically pumped lasing.

"The three projects complement each other very well and allow us to tackle the challenge from different angles. We also benefit from the expertise of different partners", says Prof. Max Lemme, scientific director of AMO. "I am convinced that perovskites have a great potential not only for integrated lasers, but also – from a broader perspective – for increasing innovation and competitiveness in NRW. We already collaborate with regional partners like the Bergische University Wuppertal, the University of Siegen and companies like NB Technologies, IBM Research GmbH, Dectris AG, and Helio Materials Ltd. And we plan to keep expanding our activities in this field full of opportunities and challenges." ◄



Eine Illustration der im Rahmen des Projekts PERSEPHONe anvisierten photonischen Plattform auf der Basis von Perowskiten. An illustration of the photonic platform based on perovskites pursued by the project PERSEPHONe.

Bildnachweis: © PERSEPHONe

INFO BOX

[1] P. J. Cegielski et al. "Integrated perovskite lasers on a silicon nitride waveguide platform by cost-effective high throughput fabrication", Optics Express 25, 13199 (2017).

[2] P. J. Cegielski et al. "Monolithically Integrated Perovskite Semiconductor Lasers on Silicon Photonic Chips by Scalable Top-Down Fabrication", Nano Letters, 18, 6915 (2018).

Der JRF Dissertationspreis geht an Piotr Cegielski

Die Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft (JRF) hat 2019 den JRF-Dissertationspreis ins Leben gerufen. Der mit 2.000 Euro dotierte Preis fördert den Nachwuchs innerhalb der JRF und den Wissenstransfer von der universitären Forschung in die Praxis. 2020 wurde er zum ersten Mal verliehen: an Dr. Piotr Cegielski und seine bahnbrechende Dissertation über integrierte Laser auf Basis von Perowskiten für die Silizium-Photonik.

Leider kam der Preisverleihung 2020 die Covid-19-Pandemie dazwischen. Cegielski erhielt seinen Preis daher erst am 28. September 2021 – zusammen mit dem Preisträger 2021, Dr. Jonas Moritz Ambrosy vom Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA). Die Preise wurden vom Vorsitzenden des JRF-Kuratoriums und Landtagsabgeordneten Karl Schultheis im Rahmen der JRF-Jahresfeier in Düsseldorf überreicht. Auch die Ministerin für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Isabell Pfeiffer-Poensgen, nahm daran teil.

In seiner Doktorarbeit leistete Cegielski wichtige Beiträge zum Bereich der integrierten Photonik (siehe Titelthema auf Seite 7).

„Die Arbeit von Piotr spiegelt unsere Philosophie bei AMO sehr gut wider: Als Wegbereiter stellen wir wichtige Weichen für die Zukunft. Dazu zählt: Neue Materialien – in diesem Fall Perowskit – wissenschaftlich und technisch zu betrachten und so Lösungen für technologische Probleme zu finden", sagt Prof. Max Lemme. „Wir sind sehr stolz auf seine Arbeit und freuen uns, ihn weiterhin im AMO-Team zu haben." ◂

The JRF Dissertation Prize goes to Piotr Cegielski

In 2019, the Johannes Rau Research Foundation (JRF) has established the JRF Dissertation Prize. Endowed with €2000, the award promotes young talent within the JRF and the technology transfer between academic and applied research. The first to receive this prize in 2020 for his pioneering PhD work on perovskite-based integrated lasers for silicon photonics: Dr. Piotr Cegielski.

In 2020, the Covid-19 pandemic led to postponing the prize-awarding ceremony. That is why Cegielski received his prize on September 28, 2021 – together with the 2021 awardee Dr. Jonas Moritz Ambrosy of the Institute for Energy and Environmental Technology (IUTA).

The prizes were awarded at the JRF Annual Celebration in Düsseldorf by the Chairman of the JRF Board of Trustees and member of regional parliament Karl Schultheis. The ceremony was also attended by the minister of Culture and Science of North Rhine-Westphalia, Isabell Pfeiffer-Poensgen.

In his PhD, Cegielski made important contributions to the field of integrated photonics (see cover story on page 7).

"The work of Piotr reflects well our 'Pathfinder' philosophy at AMO: We do research to demonstrate how novel materials can be used for developing innovative solutions to open technological problems.", says Prof. Max Lemme. "We are very proud of his work and very happy to still have him on the AMO team." ◂

Der Vorsitzende des JRF-Kuratoriums, Herr Karl Schultheis, übergibt den Preis an Dr. Piotr Cegielski.
The chairman of the JRF Board of Trustees, Mr. Karl Schultheis, awards the prize to Dr. Piotr Cegielski.

Bildnachweis: © JRF

Ende einer Ära
Die Windkraftanlage ANIMA wurde abgebaut

Die Ära eines Pionierprojektes in Aachen geht zu Ende: Nach 26 Jahren hat die „Seele" der AMO (ANIMA: Italienisch für Seele) ausgedient. Im Mai 2021 wurde ANIMA abgebaut.

ANIMA war für lange Zeit nicht nur die größte Windkraftanlage, die auf einem Hochschulgelände in Europa in Betrieb genommen wurde. ANIMA war auch eine der ersten Anlagen innerhalb des Stadtgebietes in Aachen. Finanziert wurde sie aus Strukturhilfemitteln der EU zur langfristigen Förderung von Forschung und Innovationen. Als Betreiber der Anlage konnte AMO sein schon lange bestehendes Ziel umsetzen: Erneuerbare Energiequellen zu nutzen und einen Teil der für die Forschung benötigten Energie selbst zu erzeugen.

Mit einer Nabenhöhe von 48 Metern hatte ANIMA drei 20 Meter lange rotierende Blätter. Bei Windgeschwindigkeiten von etwa 12 m/s konnte die Anlage vom Typ Enercon 40 eine Spitzenleistung von 500 Kilowatt erzeugen. In den vergangenen Jahren produzierte sie im Schnitt über 600.000 Kilowattstunden Strom pro Jahr und lieferte damit ca. 50 % der Energie, die in den Forschungslaboren der AMO GmbH für die Klimatisierung des Reinraums und die energieintensive Herstellung von elektronischen Bauelementen verbraucht wurden.

Eigentlich sollte das noch viele Jahre so weiter gehen. Denn erst 2015 wurden die Kernkomponenten der Anlage ausgetauscht. Bei einer normalen Sicherheitsinspektion wurde jedoch ein Schaden am Betonturm festgestellt. Die daraufhin benötigte Komplettsanierung der Anlage wäre wirtschaftlich nicht nachhaltig gewesen.

Ebenso mussten Überlegungen, eine neue Anlage an diesem Standort mit sehr guten Windverhältnissen zu errichten, verworfen werden. Zu dicht wurde in den vergangenen Jahren gebaut. Somit lassen sich neue, leistungsfähigere Anlagen, die deutlich größer und höher sind, nicht mehr genehmigen.

Nach stolzen 26 Betriebsjahren musste ANIMA daher abgebaut werden. Ein letztes Mal zeigte der Wind, dass er hier das Sagen hat und verzögerte den Abbau bis in die Nacht hinein.

ANIMA war über viele Jahre ein Wahrzeichen auf dem Campus Melaten und ein treuer Begleiter von AMO. Doch es gibt ein Trostpflaster: AMO hat bereits einen Ersatz gefunden, um auch in Zukunft seinen Energiebedarf mithilfe erneuerbarer Quellen zu decken. In 2022 erfolgt die Installation von Solarzellen auf dem Dach der AMO.

Ein weiterer kleiner Trost: In Dortmund musste Anfang des Jahres das Windrad AIRWIN der Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH (DEW21) repariert werden. Das gelang mit Teilen von ANIMA, sodass sich die AIRWIN Rotoren nun wieder drehen, um grünen Strom zu produzieren. Und ANIMAS Seele lebt damit weiter. ◂

Dr. rer. nat. Michael Hornung
Managing Director
+49 (0) 241 – 8867 204
hornung@amo.de

„Auch in Zukunft kann AMO seinen Energiebedarf mithilfe erneuerbarer Quellen decken. In 2022 erfolgt die Installation von Solarzellen auf dem Dach der AMO."

End of an era
The wind turbine ANIMA has been dismantled

Once a pioneering project in Aachen, ANIMA, the "soul" of AMO (ANIMA: Italian for soul) has been dismantled in May 2021, after 26 years of service.

ANIMA has not only been one of the first turbines installed in the Aachen urban area. For a long time it has also been the largest wind turbine commissioned by a university campus in Europe. Financed by the EU structural-aid funds for the long-term promotion of research and innovation, the plant was operated by AMO GmbH to generate a part of the energy needed for the research institute itself.

With a hub-height of 48 meters, ANIMA had three 20-meter long rotating blades. The Enercon 40 turbine was capable of generating a peak output of 500 kilowatts at wind speeds of about 12 m/s. In the past years of operation, it produced an average of more than 600,000 kilowatt hours of electricity per year. This energy could supply about 50% of the energy needed in AMO's research laboratories for the air conditioning of the clean-room and for energy-intensive production of electronic components.

"AMO has already found a new source of renewable energy to meet its enegry needs. In 2022, solar cells will beinstalled on the roof of AMO."

Ablassen der Nabe mit den Rotorblättern bei Nacht
Lowering the hub with the rotor blades at night

ANIMA's end came earlier than expected. The turbine even had its core components replaced in 2015 to extend its lifetime by several years. However, a damage to the concrete tower identified during a regular safety inspection would have made a complete refurbishment necessary – a measure unfortunately not sustainable from the economic point of view.

Plans to erect a modern, more powerful turbine in the same location had also to be discarded: Today's turbines are significantly larger and higher than the old ANIMA and cannot be approved in an area that has become densely built up in the past years.

Therefore, after 26 proud years of operation, ANIMA had to be dismantled. It seemed like the wind in this area will also miss ANIMA: It showed its presence and delayed the operations until late at night.

ANIMA has been a landmark on Campus Melaten for many years and a trustful companion of AMO. But there is one little consolation: AMO has already found a new source of renewable energy to meet its energy needs. In 2022, solar cells will be installed on the roof of AMO.

Another small consolation: Parts of ANIMA were used to repair the wind turbine AIRWIN in Dortmund of the Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH (DEW21). With the soul of ANIMA breathed into it, AIRWIN could be put back into operation. The rotors keep turning to produce green electricity. ◂

Bildnachweis: © AMO GmbH, Fotograf: Andreas Cichowski

Wie sich Graphen clever schützen lässt

Die letzten zehn Jahre der Graphen-Forschung haben gezeigt: Die Oberfläche von Graphen muss vor äußeren Verunreinigungen geschützt werden. Nur so bleiben seine außergewöhnlichen elektronischen Eigenschaften erhalten und sind für neuartige Bauelemente zu nutzen. Die Abscheidung von dielektrischen Materialien auf Graphen ist ein wichtiger Schritt bei der Herstellung von elektronischen und photonischen Bauelementen auf Graphenbasis.

Forscher*innen der AMO GmbH, Oxford Instruments, der Cambridge Universität, der RWTH Aachen und der Bergischen Universität Wuppertal haben eine neue Methode zur plasmaunterstützten Atomlagenabscheidung (engl: plasma enhanced atomic layer deposition, PEALD) demonstriert, um schnell hochwertige dielektrische Schichten auf Graphen zu erzeugen, ohne dabei Defekte auf dem Graphen selbst zu erzeugen – oft ein Problem bei der Standardanwendung von PEALD.

Ravi Sundaram, Leiter der Abteilung Strategische F&E-Märkte bei Oxford Instruments UK, sagt: „Diese Arbeit ist ein großer Fortschritt bei der Abscheidung hochwertiger dielektrischer Schichten – eine der wichtigsten Herausforderungen bei der Herstellung von (opto)-elektronischen Bauelementen aus Graphen. Wir freuen uns sehr, dass wir zu dieser organisationsübergreifenden Zusammenarbeit beigetragen haben und einen Schritt weiter gehen: Die plasmaunterstützte Atomlagenabscheidung von dielektrischen Materialien, ohne dabei Graphen zu beschädigen. So ermöglichen wir die Integration dieser Bauelemente in praktische Anwendungen."

Die Ergebnisse sind in Advanced Materials Technologies veröffentlicht worden (siehe Infobox). ◂

INFO BOX

"Plasma-enhanced atomic layer deposition of Al2O3 on graphene using monolayer hBN as interfacial layer", B. Canto, M. Otto, M. J. Powell, V. Babenko, A. O'Mahony, H. C. M. Knoops, R. S. Sundaram, S. Hofmann, M. C. Lemme, and D. Neumaier, Adv. Mater. Technol. 6, 2100489 (2021).

A clever way of protecting graphene

One thing has become clear in the last decade of graphene research: It is absolutely necessary to protect the surface of graphene from external contaminants to preserve its exceptional electronic properties and to be able to exploit them into novel devices. The deposition of dielectric materials on top of graphene is therefore an essential step of manufacturing graphene-based electronic and photonic devices.

Researchers from AMO GmbH, Oxford Instruments, Cambridge University, RWTH Aachen University, and the University of Wuppertal have demonstrated a new method to use plasma enhanced atomic layer deposition (PEALD) to quickly grow high-quality dielectric films on graphene, without introducing defects on the graphene itself – a common problem in the standard use of PEALD.

Ravi Sundaram, Head of Strategic R&D Markets at Oxford Instruments UK, says: "This work makes great progress on one of the key challenges in graphene (opto)electronic device manufacturing, i.e, the deposition of high quality dielectrics. We are very pleased to have contributed to this multi-organization collaboration, to push the limits of low damage PEALD of dielectrics to enable the integration of these devices in practical applications."

The results have been published in Advanced Materials Technologies (see info box). ◂

Neues Paradigma für Energy Harvesting im THz-Bereich

Zukunftsweisende Konzepte wie sogenannte Wearables und das Internet-der-Dinge treiben die Suche nach Low-Power-Elektronik und Energy Harvesting (Energie „ernten" oder sammeln) auf Gerät- oder Chip-Ebene voran. Forscher*innen der AMO GmbH, der RWTH Aachen, der Chalmers University und der Bergischen Universität Wuppertal haben einen neuartige, flexible Energy-Harvesting-Technologie entwickelt, die gute Aussichten für die Stromversorgung von tragbaren Geräten bietet.

Es handelt es sich um eine Antenne, die direkt mit einer Diode auf Graphenbasis gekoppelt ist und die Strahlung bis zu 0,17THz empfangen und in einen Gleichstromausgang umwandeln kann. Entscheidend dabei ist vor allem die Kontaktierung mit Graphen, um Übergänge zu bilden, die nur so dick wie die Graphenschicht selbst sind (~0,3nm) – ein Ansatz, der die Betriebsfrequenz der Diode und des Energy-Harvesting-Elementes deutlich erhöht.

„Unsere Ergebnisse sind sehr vielversprechend", sagt Dr. Zhenxing Wang, Leiter der Graphene Electronics Group bei AMO. „Sie deuten darauf hin, dass es möglich ist, solche Bauelemente als Stromversorger für tragbare Geräte oder selbstversorgende Sensoren einzusetzen."

Die Arbeit wurde als Open-Access-Publikation in ACS Applied Electronic Materials veröffentlicht (siehe Infobox). ◂

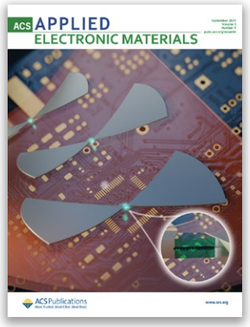


Illustration der flexiblen Graphen-basierten Rectennas auf der Titelseite von ACS Applied Elektronische Materialien. Illustration of the graphene-based flexible rectennas on the cover page of ACS Applied Electronic Materials.

A new paradigm of THz-energy harvester

Future-shaping concepts such as wearable electronics and the Internet of Things are driving the quest for low-power electronics and for energy harvesting at the device or at chip level. Researchers from AMO GmbH, RWTH Aachen University, Chalmers University and the University of Wuppertal have developed a novel type of flexible energy harvester, which shows good prospects for powering wearable devices.

The device is an antenna directly coupled to a graphene-based diode, which is able to detect radiation up to 0.17 THz and transform it into a DC output. One key aspect of the device is the approach used to contact graphene: to form junctions with just the thickness of the graphene sheet itself (~ 0.3 nm). This consistently increases the operating frequency of the diode and the performance of the energy harvester.

"Our results are very encouraging", says Dr. Zhenxing Wang, leader of the Graphene Electronics Group at AMO. "They point towards the possibility of using arrays of devices like the one that we have demonstrated as power supplies for wearable devices or self-powering sensors."

The work has been published open-access on ACS Applied Electronic Materials (see info box). ◂

INFO BOX

Terahertz Rectennas on Flexible Substrates Based on One-Dimensional Metal–Insulator–Graphene Diodes, A. Hemmetter, X. Yang, Z. Wang, M. Otto, B. Uzlu, M. Andree, U. Pfeiffer, A. Vorobiev, J. Stake, M. C. Lemme, and D. Neumaier, ACS Appl. Electron. Mater. 3, 3747 (2021).

Bildnachweis: © ACS Publications

Kürzlich gestartete Projekte
Recently started projects

01 01.06.2021 –31.12.2021
ELEKTRUM
Elektronenstrahlverdampfer zur Umsetzung hochqualitativer optischer und plasmonischer Komponenten.
Electron beam evaporator for the implementation of high quality optical and plasmonic components.
Förderer ▸ Funding Agency: BMWi

02 01.10.2021 – 30.09.2124
HIPER-LASE
Auf dem Weg zur Hetero-Integration von Perowskit-Lasern in die Silizium-Photonik.
Towards Hetero-Integration of perovskite lasers into Silicon Photonics.
Förderer ▸ Funding Agency: DFG

03 01.12.2021 – 30.11.2026
NEUROTEC II
Neuro-inspirierte Technologien der künstlichen Intelligenz für die Elektronik der Zukunft im Rheinischen Revier.
Neuro-inspired artificial intelligence technologies for the electronics of the future in the Rhenish mining area.
Förderer ▸ Funding Agency: BMBF

04 01.12.2021 – 30.11.2026
ATIQ
Implementierung von Quantenalgorithmen aus Finanzwesen und Chemie auf einem Quantendemonstrator
Implementation of quantum algorithms from finance and chemistry on a quantum demonstrator
Förderer ▸ Funding Agency: BMBF

Veröffentlichungen
Journal & conference papers 07. – 12.2021

Journal papers

Novel Methodologies for Multiaxial Strain Measurements with Piezoresistive Films based on Graphene Nanoplatelets
Autor ▸ author: V. Yokaribas, P. Kraemer, A. B. Mende, J. Ruhkopf, M. C. Lemme, C.-P. Fritzen
Small Sci. 2100088 (2021).

Numerical investigation of the Poisson's ratio of an amorphous bilayer 2D network material
Autor ▸ author: J. Stratmann, F. Bamer, S. Kataria, M. C. Lemme, B. Markert
PAMM – Proceedings in Applied Mathematics & Mechanics (2021).

Evidence for Local Spots of Viscous Electron Flow in Graphene at Moderate Mobility
Autor ▸ author: S. Samaddar, J. Strasdas, K. Janßen, S. Just, T. Johnsen, Z. Wang, B. Uzlu, S. Li, D. Neumaier, M. Liebmann, M. Morgenstern
Nano Lett. 21, 9365 (2021).

Hybrid Devices by Selective and Conformal Deposition of PtSe2 at Low Temperatures
Autor ▸ author: M. Prechtl, S. Parhizkar, O. Hartwig, K. Lee, J. Biba, T. Stimpel-Lindner, F. Gity, A. Schels, J. Bolten, S. Suckow, A. L. Giesecke, M. C. Lemme, G. S. Duesberg
Adv. Funct. Mater. 31, 2103936 (2021).

Correlating Nanocrystalline Structure with Electronic Properties in 2D Platinum Diselenide
Autor ▸ author: S. Lukas, O. Hartwig, M. Prechtl, G. Capraro, J. Bolten, A. Meledin, J. Mayer, D. Neumaier, S. Kataria, G. S. Duesberg, M. C. Lemme
Adv. Funct. Mater. 31, 2102929 (2021).

Terahertz Rectennas on Flexible Substrates Based on One-Dimensional Metal–Insulator–Graphene Diodes
Autor ▸ author: A. Hemmetter, X. Yang, Z. Wang, M. Otto, B. Uzlu, M. Andree, U. Pfeiffer, A. Vorobiev, J. Stake, M. C. Lemme, D. Neumaier
ACS Appl. Electron. Mater. 3, 3747 (2021).

Plasma-enhanced atomic layer deposition of Al2O3 on graphene using monolayer hBN as interfacial layer
Autor ▸ author: B. Canto, M. Otto, M. J. Powell, V. Babenko, A. O'Mahony, H. C. M. Knoops, R. S. Sundaram, S. Hofmann, M. C. Lemme, D. Neumaier
Adv. Mater. Technol. 6, 2100489 (2021).

Conferences

Hysteresis analysis of MoS2 Field Effect Transistors
Autor ▸ author: A. Toral-Lopez, D. S. Schneider, E. Reato, E. G. Marin, F. Pasadas, Z. Wang, M. C. Lemme, A. Godoy
2021 Silicon Nanoelectronics Workshop (SNW).

MoS2/graphene Lateral Heterostructure Field Effect Transistors
Autor ▸ author: D. S. Schneider, E. Reato, L. Lucchesi, Z. Wang, A. Piacetini, J. Bolten, D. Marian, E. G. Marin, A. Radenovic, Z. Wang, G. Fiori, A. Kis, G. Iannaccone, D. Neumaier, M. C. Lemme
2021 Device Research Conference (DRC).

Compact V-Band MMIC Square-law Power Detector with 70 dB Dynamic Range exploiting State-of-the-art Graphene diodes
Autor ▸ author: M. Saeed, A. Hamed, B. Uzlu, E. Baskent, M. Otto, Z. Wang, R. Negra
2021 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS).

Low-cost Compact Analogue Phase-Shifter based-on CVD Graphene-diode for Smart Surfaces Applications
Autor ▸ author: M. Saeed, A. Hamed, E. Baskent, B. Uzlu, Z. Wang, R. Negra
2021 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS).

Multi Parameter Admittance Spectroscopy of MOSFETs with 2D MoS2 Channels
Autor ▸ author: E. Reato, O. Engstroem, Z. Wang, A. Grundmann, M. Heuken, H. Kalisch, A. Vescan, M. C. Lemme
2021 Silicon Nanoelectronics Workshop (SNW).

Miniaturised photonic front-end for the next generation of space SAR applications
Autor ▸ author: T. Mengual, V. C. Duarte, V. Polo, M. A. Piqueras, P. Sanchis, A. Brimont, D. Zurita, B. Chmielak, S. Suckow, A. Giesecke, E. Matarazzo, L. DiPalma, D. Maiarelli, H. Wang, P. G. Huggard
ICSO 2021 – International Conference on Space Optics.

Neue Mitarbeiter*innen

New colleagues

Iris Gabsch
Buchhaltung, Accounting
▸ Verwaltung, Administraion

Gordon Rinke
Projektleiter, 2DEPL, Project Manager 2D-DPL
▸ Graphen-Elektronik, Graphene Electronics

Nicolae Sclifos
Studentische Hilfskraft, Student assistant
▸ Verwaltung, Administraion

Liudmila Starodubtceva
Doktorandin, PhD student
▸ Nanophotonik, Nanophotonics

Enes Seker
Doktorand, PhD student
▸ Nanophotonik, Nanophotonics

Santiago Arboleda Bolanos
Studentische Hilfskraft, Student assistant
▸ Black Semiconductor, Black Semiconductor

Pooya Aminjavaheri
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Researcher
▸ Black Semiconductor, Black Semiconductor

Elif Özalp
Studentische Hilfskraft, Student assistant
▸ Graphen-Elektronik, Graphene Electronics

Aleksandar Timev
Studentische Hilfskraft, Student assistant
▸ Verwaltung, Administraion

Federico Fabrizi
Doktorand, PhD student
▸ Nanophotonik, Nanophotonics

Yuan Fa
Masterand, Master student
▸ Graphen-Elektronik, Graphene Electronics

Abraham Ginzburg
Gastprofessor, Visiting Professor
▸ Graphen-Elektronik, Graphene Electronics

Ines Kraiem
Masterandin, Master student
▸ Graphen-Elektronik, Graphene Electronics

Rijil Thomas
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Researcher
▸ Nanophotonik, Nanophotonics

Chun-Wei Su
Studentische Hilfskraft, Student assistant
▸ Sensor Technologie, Sensor Technology

Alwin Daus
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Senior Researcher
▸ Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente, Chair of Electronic Devices

Frank Volmer
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Researcher
▸ Graphen-Elektronik, Graphene Electronics

Kaixuan Zhang
Masterand, Master student
▸ Graphen-Elektronik, Graphene Electronics

Jimin Lee
Doktorandin, PhD student
▸ Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente, Chair of Electronic Devices

Ozan Yakar
Doktorand, PhD student
▸ Nanophotonik, Nanophotonics

Willkommen!
Welcome!

... und alte Bekannte

... and old companions

Dr. Rainer F. Mahrt
Scientist at IBM Research, Zurich

„Nachdem ich in den letzten zwei Jahrzehnten mit der AMO GmbH in verschiedenen EU-geförderten Projekten zusammengearbeitet habe, die thematisch im Bereich der integrierten Nanophotonik bis hin zu volloptischen Logikschaltungen lagen, freue ich mich, dem gesamten AMO-Team meine aufrichtige Anerkennung auszusprechen. Ihre Expertise in der Reinraumfertigung und ihre Flexibilität bei der Herstellung ungewöhnlicher Bauelementestrukturen am Rande der Herstellungsgrenze ermöglichen sowohl hervorragende Forschungsergebnisse als auch technologische Entwicklungen, die für kommerzielle Anwendungen relevant sind. Erwähnenswert ist darüber hinaus ihr ständiges Bestreben, die Machbarkeitsgrenzen der hergestellten Strukturen zu erweitern und innerhalb der vereinbarten Zeit zu liefern."

"Having collaborated with AMO GmbH in various EU funded projects over the last two decades, on topics that range from nano-photonics to all-optical logic, I'm delighted to express my sincere appreciation to the whole AMO team. Their expertise in cleanroom fabrication and their flexibility in fabricating unusual device-structures at the edge of the fabrication limit allow for outstanding research results, as well as for technological developments ready for commercial applications. On top of this, I would like to mention their continuous drive to push the limits of the fabricated structures, as well as their commitment to deliver within the agreed time."

„Als Verantwortliche im Bereich Marketing und PR ist es immer wieder spannend, das Bild der AMO nach außen zu prägen und dabei in einem dynamischen Forschungsunternehmen an der Etablierung eines einheitlichen Corporate Designs zu arbeiten. Eine besondere Herausforderung ist es, mögliche Kommunikationsbarrieren zwischen der Forschung in all ihren Facetten und den unterschiedlichen Zielgruppen zu überwinden. Dabei macht es großen Spaß, als Schnittstelle zwischen den verschiedenen Disziplinen in einem jungen Team von kreativen Wissenschaftler*innen zu arbeiten."

Maike Meyer-Amjadi
Technology Marketing
AMO GmbH

"Being responsible for marketing and PR, it is always exciting to shape the image of AMO to the outside world, and to work on establishing a uniform corporate design in a dynamic research company. A particular challenge is to bridge the possible communication barriers between the different facets of research and the different target groups. And it is great fun to work as an interface between different disciplines in a young team of creative scientists."

Christoph Nowak
R&D Engineer and Cleanroom Manager
AMO GmbH

„Als Reinraummanager bin ich mir meiner Verantwortung bewusst, ein Höchstmaß an Sicherheit und Qualität für die laufenden Prozesse im unserem Reinraum zu gewährleisten. Die aufgrund der hohen Anlagendichte zunehmend beengten Verhältnisse stellen eine wachsende Herausforderung für alle dar. Im Team optimieren und steigern wir die Effektivität unserer Arbeit kontinuierlich. Meine Aufgabe ist es dabei, die Prozesse bei AMO optimal zu steuern, Risiken zu erkennen und langfristig zu minimieren. Diese Arbeit bereitet mir Spaß und stellt mich jeden Tag vor neue Herausforderungen."

"As cleanroom manager, it is my responsibility to ensure the highest level of safety and quality for the processes going on in our cleanroom. The cramped conditions caused by the increasing density of tools pose a growing challenge for everyone. Working as a team, we try to continuously optimize and increase the effectiveness of our work. My task here is to optimize the processes at AMO, and to identify and minimize risks in the long term. I enjoy this work and have to deal with new challenges every day."

Facts & Figures

Gründung	1993
Rechtsform	gemeinnützige GmbH
Mitgliedschaften	Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft e.V. Landescluster NMWP.NRW IVAM e.V. Fachverband für Mikrotechnik Aachen Graphene & 2D Materials Center Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V.
Standort	Aachen
Fachgebiete	Nanophotonik, Sensortechnologie, Plasmonik/SERS Nanostrukturierung, 2D-Materialien, Technologietransfer
Mitarbeiter*innen	80
Geschäftsführung	Prof. Dr.-Ing. Max Christian Lemme Dr. rer. nat. Michael Hornung

Kontakt

AMO GmbH Gesellschaft für
Angewandte Mikro- und
Optoelektronik mbH
Otto-Blumenthal-Straße 25
52074 Aachen

T +49 (0) 241 8867-200
www.amo.de

AMO