nanovate! MAGAZIN

Science & Technology since 1993

nanovate!

MAGAZIN

#06
6/2023

All issues on your screen

Focus: Anniversary

30 Jahre AMO
Wissenschaft & Technologie seit 1993

Im Laufe der Jahre
AMO wächst mit ihren Forschungsbereichen

Am Ruder
Menschen, die AMO geprägt haben

Wir sind AMO!
Lernen Sie unser Team kennen

Die Natur als Vorbild
Für grüne Wasserstoffproduktion

i-EDGE
Wie man Edge Computing in Öfen bringt

Vorgestellt
Neue und alte Bekannte

30 Years of AMO
Science & technology since 1993

Over the years
AMO grows with its research fields

At the steering wheel
People that have shaped AMO

We are AMO!
Get to know our team

Inspired by nature
For green hydrogen production

i-EDGE
How to bring edge computing inside our furnace

Introduced
New and old companions

“Dear AMO, Happy Birthday!”

30 Jahre AMO GmbH, 30 Jahre Nanotechnologie der Spitzenklasse – das feiern wir mit unseren über 80 Kolleginnen und Kollegen bei AMO und mit dem Team des Lehrstuhls für Elektronische Bauelemente an der RWTH Aachen, aber auch mit unseren Start-ups AMOtronics, Protemics und Black Semiconductor und unseren nationalen und internationalen Partner*innen an den Universitäten und Instituten, in der Industrie und in der Politik. Die vergangenen Jahre haben eindrucksvoll gezeigt, was wir gemeinsam bewegen können. Vielen Dank! Also: Feiern Sie mit uns und lassen Sie sich durch 30 Jahre AMO-Geschichte, unsere Vision und Pläne für die Zukunft führen.

AMO entstand im Rahmen der „Innovationsoffensive“, die in den 90er Jahren von der Landesregierung Nordrhein-Westfalens gefördert wurde, um den Strukturwandel durch den Rückgang und das Ende des Steinkohlebergbaus zu unterstützen. Schon damals wurde die Nanotechnologie als „Schlüsseltechnologie“ zur Sicherung von Entwicklung, Wirtschaftswachstum und Resilienz bezeichnet. Dies gilt heute umso mehr, da wir uns den Anforderungen und Chancen der aufkommenden künstlichen Intelligenz und der Bedrohung durch den Klimawandel gegenübersehen, um nur zwei der größten Herausforderungen unseres Jahrhunderts zu nennen.

Nanotechnologie ist ein äußerst effektives Werkzeug zur Erforschung disruptiver Lösungen. Durch die gezielte Beeinflussung von Materie auf Submikrometer-Ebene sind wir in der Lage, Materialien und Komponenten zu entwickeln, die in der makroskopischen und mikroskopischen Welt ihresgleichen suchen, und die Performance, Funktionalität und Nachhaltigkeit auf bislang unvorstellbare Weise zu verbessern vermögen. Heute, da der Braunkohletagebau beendet wird, ist AMO erneut zur Stelle, den Strukturwandel im Rheinischen Revier zu unterstützen. Dazu stellen wir unsere Expertise und Hochtechnologien für Start-Ups und bestehende Unternehmen in der Region bereit. In dieser nanovate! erhalten Sie einen Überblick über unsere Geschichte sowie einige unserer aktuellen Projekte. Viel Spaß beim Lesen!

30 years of AMO GmbH, 30 years of cutting-edge nanotechnology – this is what we celebrate this year with our more than 80 colleagues at AMO and with the team of the Chair of Electronic Devices at RWTH Aachen University, but also with our start-ups AMOtronics, Protemics and Black Semiconductor, and our national and international partners at universities and institutes, in industry and politics. The past years have shown what we can achieve together. Thank you very much! Let us celebrate together and let us guide you through 30 years of AMO history, our vision and our plans for the future.

AMO was born in the context of the “innovation offensive” promoted in the ‘90s by the state government of North Rhine-Westphalia to support the structural changes caused by the phase out of black-coal mining in the region. Already at that time, nanotechnology was identified as a ‘key enabling technology’ to ensure development, economic growth, and resilience. This is all the more true today, as we face the challenges and the opportunities offered by the rise of artificial intelligence, and the threats of global warming – just to mention two of the major challenges of our century.

Nanotechnology is a powerful tool to look for disruptive solutions. By manipulating matter on the sub-micrometer scale, we can develop materials and devices that have no counterpart in the macro- and not even in the micro-world, and that have the potential to enhance performance, functionality, and sustainability in ways that were never thought possible. Today, AMO is again ready to support structural change in NRW, this time to aid the end of lignite mining, by providing expert know-how and deep-tech opportunities for start-ups and companies in the region. This nanovate! offers both a look at our history as well as at some of our most recently started projects. Enjoy the read!

Max Lemme
Geschäftsführer der AMO GmbH
Managing Director at AMO GmbH

Bildnachweis: Titel © Nellessen Brasse und Partner
Druckdatum: 17.08.2023 // Auflage 250 Stück // Bildnachweis: © AMO GmbH / Illustration Uwe Grünhage

Inhalt
Contents

04
Dreißig und erfolgreich
Dreißig Jahre Nanotechnologie „made in Aachen“
Thirty and thriving
Thirty years of nanotechnology made in Aachen

06
Blick nach vorn
Die Forschungsschwerpunkte der AMO haben sich im Laufe der Jahre kontinuierlich weiterentwickelt
Looking ahead
The focus of AMO’s research activities has been continuously evolving over the years

11
Kennzahlen
von 1993 bis heute
Key figures
from 1993 until today

12
An der Spitze
Menschen am Steuer
In charge
People behind the wheel

14
Technologietransfer
Der Brückenschlag zwischen akademischer und industrieller Forschung liegt in der DNA von AMO
Technology Transfer
It is in AMO’s DNA to build a bridge between academic and industrial research

Spin-offs
AMO unterstützt junge Gründerinnen und Gründer bei der Etablierung neuer Geschäftsmodelle
Spin-offs
AMO supports young founders in establishing new business models

15
Nächste Station: Lehrstuhl
Sechs Wissenschaftler*innen der AMO wurden in den vergangenen Jahren zu Professor*innen ernannt
Next stop: Professorship
Six AMO scientists have been appointed professors in past years

16
Menschen bei AMO
Unser größtes Kapital ist ein junges und internationales Team
AMO people
Our biggest asset is a young and international team

18
FreeHydroCells
Effizientere Wasserstoffproduktion nach dem Vorbild der Pflanzen
FreeHydroCells
Mimicking plants for more efficient hydrogen production

20
Edge Computing
für extreme Bedingungen
Edge computing
for extreme environments

23
Projekte & Publikationen
Projects & publications

26
Vorgestellt
Neue Mitarbeiter*innen und alte Bekannte
Introduced
New colleagues and old companions

Dr. Christian Moormann
Head of Product Development, Abbott Automation Solutions GmbH

Prof. Surendra Anantharaman
Indian Institute of Technology (IIT) Madras, India

Dipl.-Kff. Renata Hodak
Certified Tax Advisor, Head of Finance and Administration AMO GmbH

Seit 30 Jahren gestalten wir die Zukunft Shaping the future since 1993

Feiern Sie mit uns 30 Jahre AMO GmbH und Nanotechnologie auf höchstem Niveau. In den vergangenen drei Jahrzehnten haben wir die Weichen für spannende Innovationen und Wachstum gestellt. Werfen wir einen Blick zurück auf unsere Geschichte und nach vorne auf unsere Visionen und Pläne für die Zukunft. Join us in celebrating 30 years of AMO GmbH and of top-class nanotechnology. In the past three decades, we have set the stage for exciting innovation and growth. Let's look back at our history and forward to our vision and our plans for the future.

Der Anfang
The beginning

Die Geschichte der AMO ist eng mit dem Strukturwandel im Zuge des Kohleausstiegs in Nordrhein-Westfalen (NRW) verbunden. Im Jahr 1992 beschloss die nordrhein-westfälische Landesregierung, erhebliche Mittel aus dem Strukturhilfe-Fonds der EU in eine Innovationsoffensive im Land zu investieren. Eine Maßnahme war die Gründung der AMO GmbH am 12. Februar 1993. Ziel war es, eine zentrale Infrastruktur für Nanotechnologie aufzubauen, die die Lücke zwischen akademischer und industrieller Forschung überbrückt, um einen Inkubator für Innovationen im High-Tech-Bereich zu schaffen. The story of AMO is closely linked to the structural changes caused by the coal phase-out in North Rhine-Westphalia (NRW). In 1992, the NRW government decided to invest a substantial part of EU Structural Funds in an innovation offensive in the state. One of the measures was the founding of AMO GmbH on February 12, 1993, with the goal of establishing a central infrastructure for nanotechnology that would bridge the gap between academic and industrial research and create an incubator for innovation in the high-tech sector.

AMICA – Advanced Microelectronic Center Aachen

Der Reinraum der AMO, das "Advanced Microelectronic Center Aachen" (AMICA), wurde am 7. Juli 1997 in Anwesenheit der beiden Nobelpreisträger Nicolaas Bloembergen und Leo Esaki eingeweiht. Seit Beginn hat AMO kontinuierlich in den Ausbau ihrer Anlagen zur Herstellung von Mikro- und Nanobauteilen investiert. Ein bedeutender Meilenstein war die Anschaffung einer hochmodernen Elektronenstrahllithographie-Anlage im Jahr 2000, die eine Auflösung von 10 nm ermöglichte. Durch das breite Portfolio an Fertigungsanlagen und das über 30 Jahre hinweg erworbene Know-how in der Prozesstechnologie ist AMO heute in der Lage, die Anforderungen an hochwertige Nanofabrikation, schnelle Prozessanpassungen und unkonventionelle Lösungen zu erfüllen. AMO's clean room, the "Advanced Microelectronic Center Aachen" (AMICA), was inaugurated on July 7, 1997 in the presence of two Nobel laureates, Nicolaas Bloembergen and Leo Esaki. From the beginning, AMO has continuously invested in expanding its equipment for the fabrication of micro- and nanoscale components. A key step was the acquisition of an advanced electron beam lithography tool in 2000, with 10 nm resolution. Today, the broad portfolio of manufacturing tools and the expertise in process technology developed in 30 years of research enable AMO to meet the demands for high quality nanofabrication, rapid process adaptations and unconventional solutions.

Vorreiter für neue Technologien Pathfinder for new technologies

AMO hat von Anfang an eine Vorreiterrolle bei neuen Technologien eingenommen. AMO verfolgt kontinuierlich die Ergebnisse der Grundlagenforschung, um jene mit großem Anwendungspotenzial zu identifizieren und betreibt Forschung, um dieses Potenzial der Industrie zu demonstrieren. Diese Denkweise wird beispielsweise durch die starke Fokussierung auf das Downscaling zu Beginn des Jahrtausends deutlich, als der damals kleinste je in Europa hergestellte Transistor realisiert wurde [1]. Darüber hinaus hat AMO Pionierarbeit auf dem Gebiet der High-k-Dielektrika [2], der Elektronik auf Graphenbasis [3] geleistet und den ersten On-Chip-Laser demonstriert, der mit skalierbarer Technologie hergestellt wurde [4]. AMO has always been at the forefront of new technologies. AMO continuously monitors the results of basic research to identify those with high application potential, and conducts research to demonstrate this potential to industry. This mindset is illustrated, for example, by the strong focus on downscaling in the early 2000s, with the realization of what at the time was the smallest transistor ever produced in Europe [1]; by the pioneering work on high-k dielectrics [2] and on graphene-based electronics [3]; and by the demonstration of the first on-chip laser produced with a scalable technology [4].

[1] W. Henschel et al.,"Fabrication of 12 nm electrically variable shallow junction metal–oxide–semiconductor field effect transistors on silicon on insulator substrates", Journal of Vacuum Science & Technology B, 21, 2975 (2003).
[2] D. B. Gottlob, et al., "CMOS integration of epitaxial Gd_2O_3 high-k gate dielectrics", Solid-State Electronics, 50, 979 (2006).
[3] M. C. Lemme et al., "A Graphene Field-Effect Device", IEEE Electron Device Letters, 28, 282, (2007).
[4] P. J. Cegielski, et al. "Monolithically Integrated Perovskite Semiconductor Lasers on Silicon Photonic Chips by Scalable Top-Down Fabrication", Nano Letters 18, 6915, (2018).

Bildnachweis: © AMO GmbH/Fotograf Martin Braun

AMO wächst mit ihren Forschungsgebieten AMO grows with its research fields

Im Laufe der Zeit haben sich die Forschungsaktivitäten von AMO kontinuierlich weiterentwickelt. Dabei gewannen neue Themen an Bedeutung und erhielten zunehmend Aufmerksamkeit. Diese wurden schließlich als etablierte Technologien in das Portfolio von AMO aufgenommen und legten die Grundlage für die Erforschung weiterer aufkommender Trends.
AMO's research activities have continuously evolved over time. New topics have gained prominence and attention over the years, and have eventually become part of AMO's portfolio as consolidated technologies, setting the stage for the exploration of other emerging trends.

Die ersten Jahre

Ein Großteil der frühen Forschungsarbeiten von AMO konzentrierte sich auf die Entwicklung der Nanofabrikationsplattform. Dabei begannen die Untersuchungen mit der **Interferenzlithographie** als Methode zur Herstellung hochregelmäßiger periodischer Nanostrukturen sowie dem **UV-Nanoimprinting** für die kostengünstige Replikation von Nanostrukturen. Heute sind beide Technologien fester Bestandteil des Portfolios an Reinraumdienstleistungen von AMO. Darüber hinaus entwickelt eine eigene Forschungsgruppe (DCC – Design Competence Center), **Mess- und Steuersysteme für ultraschnelle Messsignale**, die den Ursprung von **AMOTRONICS** darstellen – der ersten Ausgründung von AMO im Jahr 2010.

The first years

Much of the initial research activities were related to the development of AMO's nanofabrication platform – starting with research on **interference lithography** as a means of fabricating highly regular periodic nanostructures, and on **UV nanoimprint** for low-cost replication of nanostructures. Today, both technologies are part of the portfolio of cleanroom services offered by AMO. Furthermore, an entire research group (DCC – Design Competence Center) developed **high-frequency measurement and control systems** – the seed of what became **AMOTRONICS**, AMO's first spin-off, in 2010.

Fokus auf die Nanowelt

AMO hat ihre Forschung und Entwicklung im Bereich Nanostrukturierung kontinuierlich vorangetrieben. Durch die Anschaffung einer **E-Beam-Lithographie-Anlage** mit einer Auflösung von 10 nm wurden die Möglichkeiten von AMO in der Nanostrukturierung erweitert. Diese neue Technologie ermöglichte es AMO, **innovative Bauelement-Architekturen** wie Multi-Gate-Feldeffekttransistoren (FinFET) zu erforschen, die zu dieser Zeit ein revolutionäres Konzept darstellten.

Focus on the nano world

AMO's nanostructuring capabilities were expanded with the acquisition of a 10nm resolution **e-beam lithography tool** in 2000. This new technology enabled AMO to explore **innovative device architectures** such as the multi-gate field-effect transistor (FinFET), a revolutionary concept at the time.

'93
Gründung der AMO GmbH.
Founding act of AMO GmbH.

'94
Baubeginn für das neue AMO-Gebäude.
Start of the construction works for the new AMO building.

'97
Einweihung des AMO-Reinraumes.
Inauguration of AMO's cleanroom.

'00
Anschaffung einer E-Beam-Lithografie-Anlage mit einer Auflösung von 10 nm.
Acquisition of an electron-beam lithography system with 10 nm resolution.

Nanophotonik

AMO hat ihre erstklassigen Fertigungskapazitäten genutzt, um den Übergang in die **Nanophotonik** zu vollziehen. In den frühen 2000er Jahren entwickelte AMO eine **photonische Plattform auf Silizium-**Basis, die später durch eine **Siliziumnitrid-Plattform** ergänzt wurde. Durch diese Entwicklungen wurde AMO schnell zu einem angesehenen Partner auf diesem Gebiet. Der Schritt in die Nanophotonik war der technologisch logisch nächste Schritt für AMO, um ihre Expertise und Fertigungskapazitäten auch auf dem Gebiet der photonischen Technologien zu erweitern und eine wichtige Rolle in diesem Zukunftsbereich zu spielen. Seit 2013 ist AMO auch Mitglied des European Photonic Industry Consortium (EPIC).

Nanophotonics

AMO has leveraged its first-class manufacturing capabilities to enter the field of **nanophotonics.** In the early 2000s, AMO developed a **silicon-based photonic platform**, which was later complemented by a **silicon-nitride platform**. Through these developments, AMO quickly became a sought-after partner in the field. The move into nanophotonics was the technologically logical next-step for AMO, to expand its expertise and manufacturing capabilities in the field of photonic technologies and to play an important role in this future-shaping field. Since 2013 AMO has also been a member of the European Photonic Industry Consortium (EPIC).

Terahertz-Erzeugung und -Detektion

Ein wichtiges Forschungsthema zu Beginn der Nanophotonik-Aktivitäten war die Erzeugung und Detektion von Terahertz-Signalen. AMO und die RWTH Aachen arbeiteten gemeinsam an der Entwicklung einer **Nahfeld-THz-Messtechnik**, die es ermöglicht, Terahertz-Signale auf nahezu atomarer Skala zu detektieren und zu analysieren. Diese bahnbrechende Entwicklung führte 2014 zur Ausgründung von **Protemics**, die mit dem ersten Preis des AC²-Gründerwettbewerbs ausgezeichnet wurde.

Terahertz generation and detection

An important research topic at the beginning of the nanophotonics activities was the generation and detection of terahertz signals. AMO and RWTH Aachen University worked together to develop a **near-field THz measurement** technique that allows the detection and analysis of terahertz signals on a nearly atomic scale. This groundbreaking development led to the spin-off **Protemics** in 2014, which was awarded first prize in the AC² start-up competition.

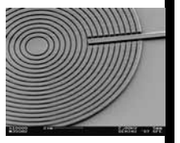
Neue Materialien

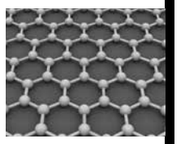
AMO hat schon immer ein gutes Gespür und einen zukunftsorientierten Ansatz für neue Materialien bewiesen. Prominente Beispiele hierfür sind die Erforschung von **High-K-Dielektrika** in den späten 2000er Jahren sowie der frühe Beginn der Forschungsaktivitäten im Bereich der **Graphenelektronik** im Jahr 2006, nur zwei Jahre nach der Entdeckung des Materials selbst. Ein bemerkenswerter Meilenstein war die Demonstration des ersten Graphen-Bauelements mit Top-Gate durch AMO im Jahr 2007. Diese Beispiele verdeutlichen AMOs kontinuierliches Bestreben, neue Materialien zu erforschen und frühzeitig in deren Entwicklung und Anwendung einzusteigen.

Novel materials

AMO has always demonstrated a keen eye for new materials and a forward-looking approach. Prominent examples include the exploration of **high-K dielectrics** in the late 2000s and the early start of research activities in **graphene electronics** in 2006, just two years after the discovery of the material itself. A notable milestone was AMO's demonstration of the first top-gate graphene device in 2007. These examples illustrate AMO's continuous efforts to explore new materials and to enter their development and application at an early stage.

Bildnachweis: © AMO GmbH, beide Seiten





'02
Erster in der EU realisierter Transistor mit 12 nm Gate-Länge.
First transistor realized in EU with 12 nm gate-length.

'03
Beginn der Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Nanophotonik.
Start of the research activities in silicon-photonics.

'03
Demonstration des ersten Transistors mit epitaktischem Gd_2O_3.
Demonstration of the first transistor with epitaxial Gd_2O_3.

'06
Beginn der Forschungsaktivitäten zur Graphenelektronik.
Start of the research activities on graphene electronics.

'07
Realisierung eines rein optischen Schalters mit hoher Energieeffizienz.
Realization of an all-optical switch with high energy efficiency.

'07
Demonstration des ersten Bauelements auf der Basis von Graphen mit einem Top-Gate.
Demonstration of the first top-gated graphene device.

AMO wächst mit ihren Forschungsgebieten
AMO grows with its research fields

Der Aufstieg von Graphen

Graphen und andere zweidimensionale (2D) Materialien sind zu einem wichtigen Forschungsschwerpunkt von AMO geworden. Der Fokus liegt auf der Nutzung der einzigartigen Eigenschaften dieser Materialien für Hochfrequenzanwendungen, flexible Elektronik, Sensoren und Optoelektronik. Die Forschung zur Integration von Graphen in photonische Plattformen zur Realisierung hochempfindlicher Photodetektoren und -modulatoren bildet die Grundlage für die Gründung von **Black Semiconductor** im Jahr 2019 – der dritten Ausgründung der AMO GmbH.

The rise of graphene

Graphene and other two-dimensional (2D) materials have become a major research interest at AMO. The focus is on exploiting the unique properties of these materials for high frequency applications, flexible electronics, sensors and optoelectronics. Research on the integration of graphene into photonic platforms for realizing highly sensitive photodetectors and photomodulators forms the basis for the foundation of **Black Semiconductor** in 2019 – the third spin-off of AMO GmbH.

Nanostrukturen

für intelligente Sensoren. AMO nutzt auch ihre hochentwickelten lithografischen Fähigkeiten, um Oberflächen zu strukturieren, die neue Sensortechniken auf der Grundlage von Plasmonen und der Wechselwirkung zwischen Plasmonen und Photonen ermöglichen. Mit dieser Art von Forschung hat AMO zu verschiedenen Projekten beigetragen, z.B. zur Überwachung von Trinkwasser, zur Detektion von Sprengstoffen und zur Verbesserung der industriellen Sicherheit, um nur einige Beispiele zu nennen. Durch die Erforschung und Entwicklung **neuartiger Sensortechnologien** trägt AMO zur Lösung realer Probleme und zur Entwicklung anwendungsspezifischer Ansätze in verschiedenen Bereichen bei.

Nanostructures

for smart sensing. AMO also uses its advanced lithographic capabilities to pattern surfaces to enable new sensing methods based on plasmons and the interaction between plasmons and photons. With this type of research, AMO has contributed to various projects such as monitoring drinking water, detecting explosives, and improving industrial safety, to name a few. By researching and developing **novel sensor technologies**, AMO contributes to solving real-world problems and developing application-specific approaches in various fields.

'10
Ausgründung von AMOTRONICS.
Spin-off of AMOTRONICS.

'13
Herstellung eines ultraschnellen Photodetektors auf einer Silizium-Photonik-Plattform.
Realization of an ultrafast photodetector on a silicon photonics platform.

'14
Ausgründung von Protemics.
Spin-off of Protemics.

'15
Beginn der Forschungsarbeiten der Sensor Technology Group.
Start of the activities of the Sensor Technology Group.

Bildnachweis: © AMO GmbH/Fotograf Martin Braun, beide Seiten

Perowskit-Optoelektronik

2015 begann AMO mit der Erforschung von Metallhalogenid-Perowskiten, einer bemerkenswerten Klasse von Halbleitern mit außergewöhnlichen optoelektronischen Eigenschaften. Diese eröffnen vielversprechende Möglichkeiten für die Realisierung von **On-Chip-Lasern**, die nahtlos in photonische Wellenleiter integriert werden können. AMO hat auf diesem Gebiet bahnbrechende Ergebnisse erzielt, die zu einer Vertiefung der Forschungsaktivitäten geführt haben. Im Jahr 2022 gründete AMO eine dedizierte Forschungsgruppe für Perowskit-Optoelektronik, um die Entwicklung und Anwendung von Perowskiten als innovative Lösungen in der Optoelektronik voranzutreiben.

Perovskite optoelectronics

In 2015, AMO started investigating metal halide perovskites, a class of semiconductors with remarkable optoelectronic properties that hold great promise for the realization of **on-chip lasers** monolithically integrated in photonic waveguides. AMO has achieved groundbreaking results in this field and has steadily increased its research activities in this area. A dedicated research group on perovskite optoelectronics has been established in 2022 to advance the development and application of perovskites as innovative solutions in optoelectronics.

Fokus auf Skalierbarkeit

Ein durchgängiger Fokus auf Skalierbarkeit zieht sich wie ein roter Faden durch die Forschungsarbeit von AMO. AMO legt großen Wert auf Ansätze, die mit den etablierten Prozessen der Halbleiterindustrie kompatibel sind. Daher konzentriert sie sich darauf, neue Materialien in bereits etablierte und kostengünstige Plattformen zu integrieren. Diese Herangehensweise ermöglicht es AMO, innovative Technologien voranzutreiben, ohne die Kosten und die Komplexität der Produktion zu erhöhen. Als Partner in der 2D Experimental Pilot Line **(2D-EPL)**, einem Großprojekt, das von der Europäischen Kommission gefördert wird, spielt AMO eine bedeutende Rolle bei der Beschleunigung des Übergangs von Graphen-basierten Bauelementen **aus dem Labor hin zur tatsächlichen Produktion**.

The focus on scalability

A common thread in AMO's research is the focus on scalability. AMO favors approaches that are compatible with established processes in the semiconductor industry, focusing on integrating new materials into already established and cost-effective platforms. This approach allows AMO to advance innovative technologies without increasing the cost and complexity of production. As a partner in the 2D Experimental Pilot Line **(2D-EPL)**, a major project funded by the European Commission, AMO is playing an important role in accelerating the transition of graphene-based devices **from laboratory to production**.

'17
Demonstration des ersten On-Chip-Lasers, der mit einer skalierbaren Technologie realisiert wurde.
Demonstration of the first on-chip laser realized with a scalable technology.

'18
Herstellung eines ultrasensitiven Drucksensors auf Basis von $PtSe_2$.
Fabrication of an ultrasensitive pressure sensor based on $PtSe_2$.

'19
Ausgründung von Black Semiconductor.
Spin-off of Black Semiconductor.

2D PILOT LINE

'20
Start der 2D-Experimental Pilot Line, ein 20-Millionen-Euro-Projekt, gefördert von der EU.
Start of the 2D-Experimental Pilot Line, a €20 million project funded by the EU.

Technologien für eine grünere Zukunft

AMO setzt ihr Fachwissen zunehmend in Projekte ein, die einen direkten Einfluss auf Umwelt und Energie haben. Dazu gehört die Erforschung nanostrukturierter Oberflächen, um die Effizienz von photokatalytischen Prozessen zur **Wasserreinigung** und zur Herstellung von **Solartreibstoffen** zu verbessern. Darüber hinaus widmet sich AMO auch der Erforschung von Graphen-basierten Antennen zur **Energiegewinnung**. Durch diese gezielten Initiativen trägt AMO aktiv zur Entwicklung nachhaltiger Lösungen im Umwelt- und Energiesektor bei.

Technologies for a greener future

AMO is increasingly investing its expertise in environmental and energy-related projects, such as the research on nanostructured surfaces to improve the efficiency of photocatalytic processes for **water purification** and **solar-fuels** production, or the research on graphene-based antennas for **energy harvesting**. Through these targeted activities, AMO actively contributes to the development of sustainable solutions in the environmental and energy sectors.

Neue Paradigmen

AMO hat in jüngster Zeit eine Vielzahl von Projekten gestartet, die sich auf neue Paradigmen wie neuromorphes Rechnen und Quantentechnologien konzentrieren. Im Bereich des **neuromorphen Rechnens** liegt der Fokus auf der Erforschung neuartiger memristiver Bauelemente basierend auf 2D-Materialien sowie auf Konzepten, die auf photonischen Plattformen basieren. Im Jahr 2022 hat AMO zudem den Bereich der **Quantentechnologien** erschlossen und ihr Fachwissen in die Entwicklung fortschrittlicher photonischer Chips in Projekte zur Quantensensorik und zum Quantencomputing eingebracht. Mit diesen Forschungsaktivitäten bleibt AMO stets an der Spitze der technologischen Innovationen und trägt zur Weiterentwicklung dieser zukunftsweisenden Felder bei.

New Paradigms

Many of the recent projects started at AMO are related to novel paradigms such as neuromorphic computing and quantum technologies. Research on **neuromorphic computing** focuses on both the study of novel memristive devices based on 2D materials and the exploration of concepts based on photonic platforms. In 2022, AMO has also entered the field of **quantum technology**, contributing its expertise in the development of advanced photonic chips to a project on quantum sensing and a project on quantum computing. With these research activities, AMO remains at the forefront of technological innovation and contributes to the development of these forward-looking fields.

'21 **Demonstration eines flexiblen Energie-Harvesters auf Basis von Graphen.**
Demonstration of a flexible energy harvester based on graphene.

NeuroSys

'22 **Start des Clusters „NeuroSys – Neuromorphe Hardware für autonome Systeme der Künstlichen Intelligenz", eine 45-Millionen-Euro-Initiative, koordiniert von Prof. Max Lemme.**
Start of the Cluster "NeuroSys – Neuromorphic Hardware for Autonomous Artificial Intelligence Systems", a €45 million initiative coordinated by Prof. Max Lemme.

'23 **Start des BMBF-Projekts „QSPEC - Quantensensor zur verbesserten Erkennung von Authentizität und Inhaltsstoffen von Lebensmitteln".**
Start of the BMBF project "QSPEC – Quantum sensor for improved detection of authenticity and ingredients of food products."

Bildnachweis: © AMO GmbH/Fotograf Martin Braun, beide Seiten

Dreißig Jahre in Zahlen.
Thirty years in figures.

332 **Veröffentlichungen in referierten Fachzeitschriften.**
Publications in peer-reviewed journals.

Bewilligte Projekte:
Granted projects: **142**

35 **erteilte/beantragte Schutzrechte.**
Intellectual Property Rights granted/pending.

Promotionen:
Dissertations: **134**

Am Ruder
At the wheel

Dr. Wolfgang Albrecht

war für die Planung und den Bau des AMO-Gebäudes sowie des Reinraums verantwortlich. Seine Expertise und Führung während dieser Phase waren entscheidend für den Erfolg des Projekts. Heute ist er Direktor der Helmholtz Nano Facility am Forschungszentrum Jülich. Dr. Wolfgang Albrecht was responsible for the design and construction of the AMO building and of the clean room. His expertise and leadership during this phase were crucial to the success of the project. Today, he is director of the Helmholtz Nano Facility at Forschungszentrum Jülich.

Prof. Heinrich Kurz

war der Gründer der AMO GmbH und eine der treibenden Kräfte hinter dem Wachstum und der Entwicklung des Unternehmens. Bis zu seinem plötzlichen Tod im Jahr 2016 stand er an der Spitze von AMO, wobei er die Geschäftsführung mit jüngeren Kollegen teilte, um eine breite Perspektive zu gewährleisten. Professor Heinrich Kurz was the founder of AMO GmbH and one of the driving forces behind the company's growth and development. He managed AMO until his sudden death in 2016, sharing the directorship with younger colleagues to ensure a broad perspective.

Dr. Christian Moormann

war 12 Jahre lang Geschäftsführer von AMO (2001 – 2013) und leitete die Gründung der ersten beiden Spin-off-Unternehmen von AMO, AMOTRONICS und Protemics. Heute ist er Head of Product Development bei Abbott Automations Solutions GmbH, Hamburg. Dr. Christian Moorman was Managing Director of AMO for 12 years (2001 – 2013) and led the founding of AMO's first two spin-off companies, AMOTRONICS and Protemics. Today, he is Head of Product Development at Abbott Automations Solutions GmbH, Hamburg.

Bildnachweis: © AMO GmbH, Wolfgang Albrecht, Christian Moormann

Bildnachweis: © AMO GmbH/Fotograf Martin Braun

Dr. Michael Hornung

wechselte 2014 als Geschäftsführer zu AMO – nach langjähriger Tätigkeit bei SÜSS Micro Tec. Er führte das Unternehmen erfolgreich durch eine herausfordernde Phase nach dem Tod von Professor Kurz im Jahr 2016. Im Juni 2023 verließ Dr. Hornung AMO, um die Position des Geschäftsführers bei der GenISys GmbH zu übernehmen. Dr. Michael Hornung became Managing Director at AMO in 2014, after many years of experience at SÜSS Micro Tec. He sucessfully led the company through a challenging phase after the death of Professor Kurz in 2016. He left AMO in June 2023 to become Managing Director of GenISys GmbH.

Prof. Dr. Max Lemme

ist seit Februar 2017 Geschäftsführer der AMO. Er treibt die Vision der AMO als Innovationsschmiede in Nordrhein-Westfalen aktiv voran. Eine der Initiativen ist der „Digital Hardware Hub Aachen", ein großes Infrastrukturprojekt, das 2020 mit Unterstützung der Zukunftsagentur Rheinisches Revier gestartet wurde, um in Zukunft mehr Labor- und Büroflächen für AMO und für Start-ups bereitzustellen. Professor Max Lemme is Managing Director of AMO since February 2017. He is actively driving forward the vision of AMO as an incubator for innovation in North Rhine-Westphalia. One of the initiatives is the "Digital Hardware Hub Aachen", a major infrastructure project launched in 2020 with the support of the Zukunftsagentur Rheinisches Revier, to provide more lab and office space for AMO and start-ups in the future.

Professor Lemme ist auch Leiter des Lehrstuhls für Elektronische Bauelemente (ELD) an der RWTH Aachen. ELD und AMO sind Partner in zahlreichen Verbundprojekten, insbesondere im Bereich Graphen und 2D-Materialien. Professor Lemme also holds the Chair of Electronic Devices (ELD) at RWTH Aachen University. ELD and AMO are partners in many collaborative research projects, especially in the field of graphene and 2D materials.

ELD Elektronische Bauelemente | RWTH AACHEN UNIVERSITY

Partner für NRW und darüber hinaus Partners for NRW and beyond

Der Brückenschlag zwischen akademischer und industrieller Forschung liegt in der DNA von AMO. Durch den erfolgreichen Technologietransfer in die Industrie, insbesondere in kleine und mittlere Unternehmen sowie in Start-ups, leistet AMO einen wichtigen Beitrag zur Stärkung des wirtschaftlichen Umfelds in NRW, Deutschland und Europa. Mit aktuell über 200 Partnern in mehr als 30 verschiedenen Verbundprojekten in Forschung und Entwicklung spielt AMO eine bedeutende Rolle bei der Initiierung und Durchführung von innovationsgetriebenen Kooperationen. Diese Kooperationen ermöglichen es, neueste wissenschaftliche Erkenntnisse in marktfähige Lösungen umzusetzen.

It is in AMO's DNA to build bridges between academic and industrial research. By successfully transferring technology to industry, in particular to small and medium-sized enterprises and start-ups, AMO makes an important contribution to strengthening the economic environment in NRW, Germany and Europe. With currently more than 200 partners in more than 30 different collaborative research and development projects, AMO plays a significant role in initiating and implementing innovation-driven collaborations. These collaborations allow the latest scientific findings to be translated into marketable solutions.

Mehr als More than

200

Partner in über partners in over

30

F&E Projekten R&D projects

Spin-offs

AMO unterstützt junge Gründerinnen und Gründer bei der Etablierung neuer Geschäftsmodelle und gibt ihnen Zugriff auf das Technologieportfolio. Über die Jahre kam es so bereits zu drei erfolgreichen Ausgründungen.
AMO supports young founders in establishing new business models and gives them access to its technology portfolio. Over the years, this has already resulted in three successful spin-offs.

AMOtronics entwickelt fortschrittliche Messlösungen und Kontrollsysteme für Forschungs- und Industrieprojekte in den Bereichen Energie, Luft- und Raumfahrt, Automobil und Verteidigung. AMOtronics develops advanced measurement solutions and control systems for research and industrial projects in the energy, aerospace, automotive and defense sectors.

Protemics entwickelt ultraschnelle photoleitende Terahertz-Spektroskopiesysteme für zerstörungsfreie Messanwendungen, die die Grenzen der herkömmlichen THz-Bildgebung überschreiten. Protemics develops ultrafast photoconductive terahertz spectroscopy systems for non-destructive measurement applications, beyond the limits of conventional THz imaging.

Black Semiconductor entwickelt Mikrochips mit integrierten elektronisch-photonischen Schaltkreisen auf Basis der Graphentechnologie. Black Semiconductor develops microchips with integrated electronic-photonic circuits based on graphene technology.

Akademischer Nachwuchs Academic offspring

In den vergangenen Jahren wurden sechs unserer Wissenschaftler*innen zu Professor*innen ernannt – eine große Leistung für sie und eine große Anerkennung für AMO. In the past years, six of our scientists have been appointed professors – a great achievement for them and a great recognition for AMO.

Dr. Tim Echtermeyer Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der AMO GmbH von 2005 bis 2009. Berufung zum Lecturer an der University of Manchester im Jahr 2014, Ernennung zum Reader (Associate Professor) im Jahr 2017. Researcher at AMO GmbH from 2005 to 2009. Appointed Lecturer at the University of Manchester in 2014, promoted to Reader (Associate Professor) in 2017.

Prof. Johnson Efavi Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei AMO von 2002 bis 2008. Berufung auf eine Assistenzprofessur am Institut für Material- und Ingenieurwissenschaft an der Universität von Ghana im Jahr 2009. Researcher at AMO from 2002 to 2008. Appointed to an Assistant Professorship at the Department of Material Science and Engineering at the University of Ghana in 2009.

Prof. Daniel Neumaier Gruppenleiter Graphenelektronik von 2009 bis 2020. Berufen auf den Lehrstuhl für Intelligente Sensoren an der Bergischen Universität Wuppertal im Jahr 2020. Group Leader Graphene Electronics from 2009 to 2020. Appointed to the Chair for Smart Sensors at the University of Wuppertal in 2020.

Prof. Anna Lena Schall-Giesecke Gruppenleiterin Nanophotonik von 2014 bis 2022. Berufung zur Professorin für Halbleitertechnologie an der Universität Duisburg-Essen und Gruppenleiterin am Fraunhofer IMS im Jahr 2022. Group Leader Nanophotonics from 2014 to 2022. Appointed Professor for Semiconductor Technology at the University of Duisburg-Essen and group leader at the Fraunhofer IMS in 2022.

Prof. Surendra Anantharaman Gruppenleiter Perowskit-Optoelektronik von 2022 bis 2023. Berufung auf eine Assistenzprofessur am Institut für Metallurgie und Werkstofftechnik am IIT Madras im Jahr 2023. Group Leader Perovskite Optoelectronics from 2022 to 2023. Appointed to an Assistant Professorship at Department of Metallurgical and Materials Engineering at IIT Madras in 2023.

Prof. Alwin Daus Senior Researcher am Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente von 2021 bis 2023. Berufung auf eine Tenure-Track-Professur am Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) an der Universität Freiburg im Jahr 2023. Senior Researcher at the Chair of Electronic Devices from 2021 to 2023. Appointed to a Tenure-Track Professorship at the Department of Microsystems Engineering (IMTEK) at the University of Freiburg in 2023.

Bildnachweis: © AMO GmbH/Fotograf Martin Braun, Anna Lena Giesecke, , Tim Echtermeyer

Teamgeist!

Team spirit!

Unser größtes Kapital ist ein junges und internationales Team. Enthusiasmus, Kreativität und eine unterstützende Haltung sind die treibenden Kräfte hinter dem Erfolg von AMO!

Our greatest asset is a young and international team. Enthusiasm, creativity, and a supportive attitude are the driving forces behind AMO's success.

Die Natur als Vorbild

Bei der Umwandlung von Sonnenenergie in chemische Energie sind Pflanzen der Technik weit überlegen. Im Rahmen des von der EU geförderten Projekts FreeHydroCells wollen AMO und Partner die Grenzen heutiger Ansätze zur Synthese von Wasserstoff als Treibstoff durch Absorption von Sonnenenergie, nach dem Vorbild der Natur, überwinden.

Die Sonne bietet unserem Planeten einen nahezu unbegrenzten Vorrat an Energie, und doch macht sie heute weniger als 7 % der in der EU erzeugten Energie aus. Der Grund dafür liegt in der Schwierigkeit, die Sonnenenergie in andere Energieformen umzuwandeln, die genutzt und gespeichert werden können. Millionen von Jahren der Evolution haben die Pflanzen mit einem effizienten Verfahren ausgestattet, um Energie in Form von Zucker aus Sonnenlicht, Wasser und Kohlendioxid zu synthetisieren. Das Projekt FreeHydroCells zielt darauf ab, diesen Prozess zu imitieren, um eine neue Technologie zu entwickeln, die in der Lage ist, mit Hilfe von Sonnenlicht, Wasser zu spalten und molekularen Wasserstoff zu erzeugen.

Ziel ist es, ein System zu realisieren, dass das Sonnenenergieabsorptionspotenzial eines Blattes mit einer Anordnung von nanometerdicken Halbleitermaterialien nachahmt und in der Lage ist, molekularen Wasserstoff zu erzeugen, wenn es in Wasser eingetaucht und dem Sonnenlicht ausgesetzt wird. Durch sorgfältige Entwicklung der Materialien wird es möglich sein, ein Potential zu erzeugen, das eine photoelektrochemische Wasserspaltungsreaktion antreibt und die Rekombination von Ladungen verhindert, ohne dass eine externe Stromversorgung erforderlich ist.

Dieses Ziel zu erreichen, ist sicherlich leichter gesagt als getan. „Die Züchtung, Charakterisierung und Optimierung der mehrschichtigen Übergänge, aus denen diese komplexen Zellen zur effizienten Gewinnung und Umwandlung von Solarenergie bestehen, wird sowohl eine Herausforderung, als auch ein spannendes Unterfangen sein. Ein Prozess, der in der Natur scheinbar mühelos funktioniert, erfordert ein hohes Maß an Kreativität und Ingenieurskunst, um in die Praxis umgesetzt zu werden, aber der potenzielle Nutzen für unsere globale Energieversorgung ist immens", sagt Dr. Ulrich Plachetka, Leiter der Sensor Technology Group bei AMO.

Im Rahmen des Projektes ist AMO an der Entwicklung der neuartigen photoelektrochemischen Zellen beteiligt, leitet ein Arbeitspaket und arbeitet in allen anderen Arbeitspaketen eng mit den Partnern zusammen.

Das Projekt hat eine Laufzeit von drei Jahren und wird von der Europäischen Kommission mit einem Budget von 3,75 Millionen Euro gefördert. FreeHydroCells wird vom University College Cork (Irland) koordiniert und vereint ein multidisziplinäres Konsortium von Partnern aus ganz Europa, darunter das Tyndall National Institute (Irland), das CEA (France), die RWTH Aachen (Deutschland), der CNR (Italien), AMO GmbH (Deutschland), BARDS Acoustic Science Labs (Irland) und UCC Academy (Irland).

Das Projekt wurde durch das Horizon Europe Programm für Forschung und Innovation der Europäischen Union unter der Grant Agreement No. 101084261 (FreeHydroCells) gefördert. ◂

www.freehydrocells.eu

Bildnachweis: Vorherige Doppelseite Mitarbeiter © AMO GmbH/Fotograf Martin Braun

Bildnachweis: Doppelseite © unsplash karen-bailey/daoudi-aissa

Inspired by nature

Converting solar energy into chemical energy is something where plants excel and technology still struggles. In the EU-funded project FreeHydroCells, AMO and partners aim to overcome the limitations of today's approaches to synthetize hydrogen fuel by solar energy absorption, following the example of nature.

The sun offers a nearly unlimited supply of energy to our planet, and yet, today, accounts for less than 7% of the energy generated in the EU. The reason lies in the difficulty of transforming solar energy into other forms of energy that can be utilized and stored. Millions of years of evolution have endowed plants with an efficient process for synthetizing energy in the form of sugar using sunlight, water, and carbon dioxide. The project FreeHydroCells aims to imitate this process for developing a new technology capable of splitting water to generate molecular hydrogen using solar light.

The goal is to realize a system able to generate molecular hydrogen when submerged in water and exposed to sunlight, by mimicking the solar-energy absorption potential of a leaf with an array of nanometer-thick semiconducting materials. Careful band engineering will allow to design a potential landscape able to drive a photoelectrochemical water-splitting reaction and to avoid charge recombination without the need of external power supply.

Reaching this goal is certainly easier said than done. "It will be both challenging and exciting to grow, characterize and optimize the multilayer junctions to form these complex cells for harvesting and transforming solar energy efficiently. A process that appears effortless in nature will require a great deal of creativity and engineering to be brought into use, but the potential payoff for our global energy supply is immense", says Dr. Ulrich Plachetka, leader of the Sensor Technology Group at AMO. In the project, AMO is involved in development of the novel photoelectrochemical cells, leading one work package and closely collaborating with the partners in all other ones.

The project is funded by the European commission with a €3,75 million budget and will run for three years. Coordinated by the University College Cork (Ireland), FreeHydroCells brings together a multidisciplinary consortium of partners across Europe, including Tyndall National Institute (Ireland), CEA (France), RWTH Aachen University (Germany), CNR (Italy), AMO GmbH (Germany), BARDS Acoustic Science Labs (Ireland), and UCC Academy (Ireland).

The project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation programme under grant agreement No 101084261 (FreeHydroCells). ◂

www.freehydrocells.eu

Edge Computing für extreme Bedingungen

Können Edge-Computing-Systeme in einem Ofen oder einem Motor betrieben werden? Das Projekt i-EDGE wird dies mit einem innovativen Ansatz, der auf nanomechanischen Schaltern basiert, demonstrieren.

Edge Computing ist eines der aufkommenden Konzepte im Bereich der künstlichen Intelligenz: Die Idee, Daten nicht in einem entfernten Rechenzentrum, sondern direkt am Ort der Datenerfassung zu verarbeiten, hat enorme Vorteile in Bezug auf Effizienz, Datensicherheit und Energieverbrauch. Die Integration einer gewissen Verarbeitungskapazität, oder „Intelligenz", direkt am Rande des Produktionsprozesses ist vor allem für industrielle Anwendungen des Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) von Vorteil. Allerdings sind die hohen Temperaturen oder Strahlungsbelastungen, die in vielen industriellen Anwendungsfällen auftreten, ein „No-Go" für jede Technologie, die auf Standardtransistoren basiert. Das Projekt i-EDGE wird von der EU, Großbritannien und der Schweiz mit 4,5 Millionen Euro gefördert, um genau dieses Problem zu lösen und eine Hardware-Plattform der nächsten Generation für Edge Computing zu entwickeln, die extrem hohen Temperaturen und Strahlungsbelastungen standhält.

Das Projekt wird die einzigartigen Eigenschaften von nanoelektromechanischen (NEM) Schaltern nutzen, um „Systeme auf einem Chip" zu bauen, bei denen Sensoren, Prozessor und Datenspeicher dicht auf einem Chip integriert sind (siehe Seite 22). NEM-Schalter können hohen Temperaturen und Strahlungen standhalten, ohne zu versagen, und haben keinen Leckstrom. Außerdem können Logik- und Speicherelemente im selben Herstellungsprozess gefertigt werden, was hocheffiziente Systemarchitekturen ermöglicht, die Kommunikationsengpässe vermeiden.

An dem Projekt sind Partner aus Industrie und Wissenschaft beteiligt. Koordiniert wird es von Dr. Jens Bolten, Leiter der Gruppe Nanostrukturierung bei der AMO GmbH. „Mit i-EDGE wollen wir Elektroniklösungen bereitstellen, die das Potenzial des Internets der Dinge für die industrielle Verarbeitung und Fertigung voll ausschöpfen", sagt Bolten. „Zu den möglichen Anwendungen gehören Elektrofahrzeuge sowie intelligente Anlagen- und Umweltüberwachung. Dies wird die technologische Führungsrolle der EU bei der Entwicklung und Herstellung von Chips stärken, wie es der EU-Chip Act vorsieht."

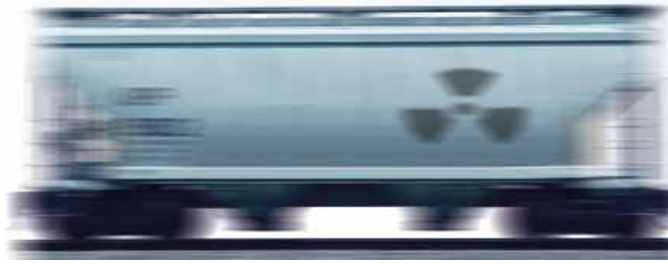
Das i-EDGE-Konsortium besteht aus Expert*innen der University of Bristol, der Microchip Inc., des KTH Royal Institute of Technology, der Technischen Universität Wien, der AMO GmbH, des Schweizer Zentrums für Elektronik und Mikrotechnik CSEM und der SCIPROM Sàrl. Das Projekt wird von der Europäischen Union, dem Schweizer Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) und UK Research and Innovation (UKRI) im Rahmen des Horizon Europe Programms der britischen Regierung finanziert. ◂

www.i-edge-project.eu

i-EDGE
EDGE COMPUTING FOR EXTREME ENVIRONMENTS

Bildnachweis: Beide Seiten © AMO GmbH/Illustration Uwe Grünhage

Edge computing for extreme environments



Can edge computing systems be made to work in an oven or inside an engine? This is what the i-EDGE project is aiming to demonstrate by means of an innovative approach based on nanomechanical switches.

Edge computing is one of the emerging concepts in artificial intelligence: the idea of processing data not in a remote data center, but directly at the point of data collection has huge advantages in terms of efficiency, data security and energy consumption. Embedding some processing capability, i.e. "intelligence", right at the edge of the production process is beneficial especially for industrial Internet of Things (IoT) applications. However, the high temperatures or radiation levels involved in many industrial applications are a no-go for any technology based on standard transistors. The project i-EDGE has been awarded €4.5M by the EU, UK and Switzerland to tackle exactly this problem and to develop a next-generation hardware platform for edge computing able to resist extremely high temperature and radiation levels.

The project will exploit the unique properties of nanomechanical (NEM) switches to build "systems-on-chip" where sensors, the processor, and electronic memory for data storage are densely integrated on the same chip (see page 22). NEM switches can withstand high temperatures and radiation without failure and have no leakage current. They also allow logic and memory elements to be built in the same manufacturing process, enabling highly efficient system architectures that eliminate communication bottlenecks.

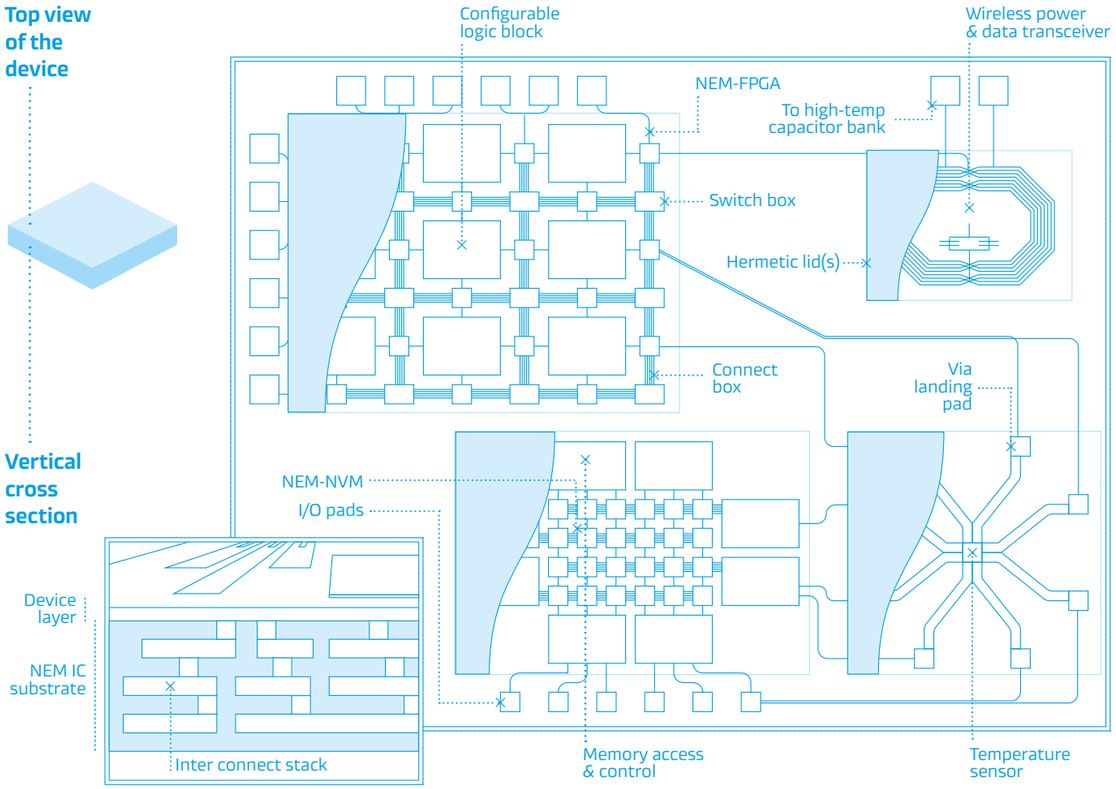
The project is coordinated by Dr. Jens Bolten, head of the Nanostructuring Group at AMO GmbH, and involves partners from industry and academia. "With i-EDGE, we want to provide electronic solutions that unleash the full power of the IoT for industrial processing and manufacturing," said Bolten. "Potential applications include electric vehicles, asset tracking and smart environmental monitoring. This will strengthen the EU's technological leadership in chip design and manufacturing capabilities, as envisaged by the EU Chips Act."

The i-EDGE consortium is formed by experts from the University of Bristol, Microchip Inc., KTH Royal Institute of Technology, Technical University of Vienna, AMO GmbH, the Swiss Centre for Electronics and Microtechnology SA CSEM and SCIPROM Sàrl. The project is funded by the European Union, the Swiss State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI) and UK Research and Innovation (UKRI) under the UK government's Horizon Europe funding guarantee. ◂

www.i-edge-project.eu

Das i-EDGE Device und seine Anwendungen
The i-EDGE device and its use cases

Im Rahmen des i-EDGE-Projekts wird ein Proof-of-Concept-Demonstrator eines System-on-Chip (SoC) IoT-Knotens auf der Basis von NEM-Schaltern entwickelt, mit einem Field Programmable Gate Array (FPGA), einem nichtflüchtigen Speicher (NVM) und einem Temperatursensor. The i-EDGE project will develop a proof-of-concept demonstrator of a system-on-chip (SoC) IoT node based on NEM switches, with a field-programmable gate array (FPGA), non-volatile memory (NVM), and a temperature sensor.



Hochtemperatur-Prozesse Temperaturaufzeichnung und Datenprotokollierung von Ofentemperaturprofilen

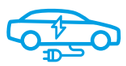
High temperature processes Temperature recording and data logging of oven temperature profiles

Digitale Kalibrierung von Sensoren in rauen Umgebungen Ermöglicht durch nichtflüchtigen Hochtemperaturspeicher

Digital calibration of sensors in harsh environments Enabled by hightemperature nonvolatile memory

Prozesse mit hoher Strahlung Anlagenfernüberwachung und Zustandsüberwachung von radiaktivem Material

High-radiation processes Remote asset tracking and condition monitoring of radioactive material



„Batteriepässe" für Elektrofahrzeuge Ereignisprotokoll der Batteriehistorie für optimierte Überwachung und Möglichkeiten der Wiederverwertung

Electrical vehicles battery "passports" Battery-history events log for improved monitoring and reuse

Strahlenbehandlung In-situ-Echtzeit-Mapping der Strahlendosis bei Patienten

Radiotherapy treatment Real-time, in-situ mapping of radiation doses on patients

Bildnachweis: © AMO GmbH/ Illustration Uwe Grünhage
Bildnachweis: © AMO GmbH/Fotograf Martin Braun

Kürzlich gestartete Projekte
Recently started projects

01 01.01.2023 – 30.06.2026
I-EDGE
Nanomechanische Hardware-Plattformen für Edge Computing
Nanomechanical Hardware Platforms for Edge Computing
Förderer ▸ Funding Agency: European Commission Horizon Europe

02 01.04.2023 – 31.03.2026
NANODIAGBW
Nanoporentechnologie für die molekulare Diagnostik der Zukunft
Nanopore technology for molecular diagnostics of the future
Förderer ▸ Funding Agency: BMBF

03 01.04.2023 – 31.03.2027
FLATS
Flache Bandstrukturen für die Quantenmetrologie
Flat Bands for Quantum Metrology
Förderer ▸ Funding Agency: European Commission Horizon Europe

Veröffentlichungen
Journal articles, book chapters & proceedings 01. – 06.2023

Effect of Particle Size on the Orientation and Order of Assemblies of Functionalized Microscale Cubes Formed at the Water/Air Interface
Autoren ▸ authors: M. Zuo, Q. Song, N. Hajiyeva, H. Lerch, J. Bolten, U. Plachetka, M.C. Lemme, H. Schönherr
Langmuir 2023, 39, 25, 8658.

The Schottky barrier transistor in emerging electronic devices
Autoren ▸ authors: M. Schwarz, T.D. Vethaak, V. Derycke, A. Francheteau, B. Iniguez, S. Kataria, A. Kloes, F. Lefloch, M.C. Lemme, J.P. Snyder, W.M. Weber, L.E. Calvet
Nanotechnology 2023, 34, 352002.

Capillary assembly of anisotropic particles at cylindrical fluid-fluid interfaces
Autoren ▸ authors: J. Eatson, J. Gordon, P. Cegielski, A.L. Giesecke-Schall, S. Suckow, A. Rao, O. Silvestre, L. Liz-Marzán, T. Horozov, D.M.A. Buzza
Langmuir 2023, 39, 6006.

Resistive Switching and Current Conduction Mechanisms in Hexagonal Boron Nitride Threshold Memristors with Nickel Electrodes
Autoren ▸ authors: L. Völkel, D. Braun, M. Belete, S. Kataria, T. Wahlbrink, K. Ran, K. Kistermann, J. Mayer, S. Menzel, A. Daus, M.C. Lemme
Advanced Functional Materials 2023, 2300428.

Low-Temperature MoS_2 Growth on CMOS Wafers (News & Views)
Autoren ▸ authors: M.C Lemme, A. Daus
Nature Nanotechnology 2023, 18, 446.

Roadmap on energy Harvesting Materials
Autoren ▸ authors: V. Pecunia, et al.
Journal of Physics: Materials, 2023.

Graphene coating of Nafion® membranes for enhanced fuel cell performance
Autoren ▸ authors: J. Ruhkopf, U. Plachetka, O. Pasdag, I. Radev, V. Peinecke, M. Hepp, C. Wiktor, M. Lohe, X. Feng, B. Butz, M.C. Lemme
ACS Applied Engineering Materials, 1(3), 947–954, 2023.

Potential of Transition Metal Dichalcogenide Transistors for Flexible Electronics Applications
Autoren ▸ authors: A. Piacentini, A. Daus, Z. Wang, M.C. Lemme, D. Neumaier
Adv. Electron. Mater. 2023, 2300181.

Konferenzbeiträge
Conference contributions
01. – 06.2023

Laser World of Photonics
München, 27.–30.06.2023

QSPEC – Quantum Interferometer for Food Analysis
▸ Stephan Suckow (invited)

81th Device Research Conference
Santa Barbara, USA
25.–28.06.2023

Freely Suspended Piezoresistive Platinum Diselenide Membranes without Polymer Support for Pressure Sensing
▸ S. Lukas, V. Jangra, N. Rademacher, M. Gross, E. Desgué, M. Prechtl, O. Hartwig, S. Kataria, P. Legagneux, G.S. Duesberg, M.C. Lemme

Fully Integrated Flexible RF Detectors in MoS_2 and Graphene based MMIC
▸ P. Palacios, E. Reato, M. Saeed, F. Pasadas, M.C. Lemme, R. Negra

Flexible CMOS electronics based on 2D p-type WSe_2 and n-type MoS_2
▸ A. Piacentini, D. Polyushkin, B. Uzlu, A. Grundmann, M. Heuken, H. Kalisch, A. Vescan, T. Mueller, M.C. Lemme, D. Neumaier

Ultra Steep Slope Cryogenic MOSFETs Based on Bilayer Graphene
▸ E. Icking, D. Emmerich, B. Beschoten, J. Knoch, M.C. Lemme, C. Stampfer

IEEE Silicon Nanoelectronics Workshop
Kyoto, 11.–12.06.2023

Forming-Free Resistive Switching by Lateral Ag Ion Migration on MoS
▸ S. Cruces, L. Völkel, J. Lee, A. Esteki, D. Braun, A. Grundmann, H. Kalisch, M. Heuken, A. Vescan, A. Daus, M.C. Lemme

2023 Conference on Lasers and Electro-Optics/Europe
München, 26.–30.06.2023

Room-temperature Distributed Feedback $FAPbBr_3$ Perovskite Nanocrystal Lasers Integrated on Silicon Nitride Waveguide Platform
▸ F. Fabrizi, P. Cegielski, M. Runkel, V. Morad, D. Dirin, S. Suckow, T. Riedl, M. Kovalenko, S.B. Anantharaman, M.C. Lemme

Core-Shell Halide Perovskite Nanocubes for Low-threshold Lasing Applications
▸ S. Khan, M. Mohammadi, S.B. Anantharaman, M.C. Lemme

Graphene 2023
Manchester, 27.–30.06.2023

Resistive Switching and Current Conduction Mechanisms in Hexagonal Boron Nitride Threshold Memristors with Nickel Electrodes
▸ L. Völkel, D. Braun, M. Belete, S. Kataria, T. Wahlbrink, K. Ran, K. Kistermann, J. Mayer, S. Menzel, A. Daus, M.C. Lemme

Ukrainian Scientific Conference on Physics of Semiconductors (USCPS-9)
virtual, 22.06.–29.06.2023

2D Materials for Future Microelectronics Applications
▸ M.C. Lemme (Keynote)

NRW Nano Conference
Dortmund, 23.– 24.05.2023

Two-Dimensional Materials for Future Electronics – Made in NRW
▸ M.C. Lemme (invited)

Bi-modal Plasmonic Mach-Zehnder Interferometer Based on SU-8 Waveguides
▸ O.C. Bhalerao, S. Suckow, M.C. Lemme, E. Chatzianagnostou, L. Markey

Graphene based waveguide integrated thermal infrared emitter
▸ N. Negm, S. Zayouna, S. Parhizkar, P.-S. Lin, P.-H. Huang, S. Suckow, S. Schroeder, E. De Luca, F. Ottonello Briano, A. Quellmalz, F. Niklaus, K.B. Gylfason, G.S. Duesberg, M.C. Lemme

Aluminium Nitride Waveguides for Integrated Photonics
▸ R. Singh, M. Lipkin, T. Gök, P. Sah, B. Negi, R. Thomas, S. Suckow, M.C. Lemme

Temperature dependent optoelectronic properties of two-dimensional MoS_2 based photodetectors
▸ B. Negi, D. Schneider, A. Grundmann, H. Kalisch, M. Heuken, A. Vescan, S. Suckow, S. Kataria, M.C. Lemme

Graphene Photodetector Enhanced by a Planar Yagi-Uda Antenna
▸ N. Torabi, S. Suckow, M.A. Mubashar, S. Parhizkar, A.L. Gieseke, M. Agio, M.C. Lemme

2D Platinum Diselenide for Integrated Optoelectronics
▸ S. Parhizkar, M. Prechtl, S. Suckow, S. Lukas, G.S. Duesberg , M.C. Lemme

Resistive Switching and Current Conduction Mechanisms in Hexagonal Boron Nitride Threshold Memristors with Nickel Electrodes
▸ L. Völkel, D. Braun, M. Belete, S. Kataria, T. Wahlbrink, K. Ran, K. Kistermann, J. Mayer, S. Menzel, A. Daus, M.C. Lemme

Laser Induced Reduction of the Metal-Graphene Contact Resistivity
▸ V. Jangra, S. Kataria, M.C. Lemme

Graphene diffusion barrier for direct methanol fuel cells
▸ J. Ruhkopf, U. Plachetka, M. Möller, O. Pasdag, I. Radev, V. Peinecke, M. Hepp, C. Wiktor, M.R. Lohe, X. Feng, B. Butz, M.C. Lemme

Stable Al2O3 encapsulation of MoS_2-FETs Enabled by CVD grown h-BN
▸ A. Piacentini, D. Marian, D. S. Schneider, E. González Marín, Z. Wang, M. Otto, B. Canto, A. Radenovic, A. Kis, G. Fiori, M.C. Lemme, D. Neumaier

Damage-free deposition of aluminum-based high-k dielectrics on graphene by PEALD
▸ A, Esteki, A. Daus, S. Riazimehr, H.C.M. Knoops, M. Mohammadi, M. Otto, G. Rinke, M.C. Lemme

Co-planar Stripline Based On-Chip Terahertz Sensor with Interchangeable Substrates for Two-Dimensional Material Analysis
▸ J. Lee, S. Sawallich, M.C. Lemme, M. Nagel

Core-shell Perovskite Nanocubes for Light Emitting Devices
▸ S. Khan, M. Mohammadi, M.C. Lemme, S.B. Anantharaman

2D hybrid organic-inorganic semiconductors for Quantum Technologies
▸ M. Mohammadi, F. Fabrizi, B. Ku, M. Otto, U. Plachetka, S.B. Anantharaman, M.C. Lemme

2023 MRS Spring Meeting
San Francisco, USA, 10.–14.04.2023

Room-temperature Distributed Feedback CsPbBr3 Perovskite Lasers Integrated on Silicon Nitride Waveguide Platform
▸ F. Fabrizi, P. Cegielski, M. Runkel, S. Goudarzi, C. Kreusel, B. Chmielak, S. Suckow, T. Riedl, S.B. Anantharaman, M.C. Lemme

Damage-free deposition of aluminum-based high-k dielectrics on graphene by PEALD
▸ A, Esteki, A. Daus, S. Riazimehr, H.C.M. Knoops, M. Mohammadi, M. Otto, G. Rinke, M.C. Lemme

ICOS Workshop on Sustainable Electronics & International Cooperation on Semiconductors
Grenoble, 26.–28.04.2023

Neuromorphic Computing – At the intersection between Electronics and Photonics
▸ S. Suckow (invited)

Flexible electronics with 2D materials
▸ A. Hemmetter (invited)

W3+ Fair Convention
Wetzlar, 29.–30.03.2023

Silicon Photonics made in Aachen
▸ S. Suckow (invited)

IEEE MEMS
München, 15.–19.01.2023

An improved transfer method for increasing the yield of suspended membranes based on two-dimensional materials for sensor applications
▸ S. Lukas, I. Kraiem, M. Prechtl, O. Hartwig, A. Grundmann, H. Kalisch, S. Kataria, M. Heuken, A. Vescan, G.S. Duesberg, M.C. Lemme

Bildnachweis: © AMO GmbH/Fotograf Martin Braun

Neue Mitarbeiter*innen

New colleagues

Benno Korall
Bilanzbuchhalter,
Accounting Specialist
▸ Finance & Administration

Dr. Jan van den Hurk
Stellvertretender Leiter ELD,
Deputy Head ELD
▸ Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente, Chair of Electronic Devices

Jana Klein
Personalleiterin, HR-Lead
▸ Finance & Administration

Tom Erpelding
Studentische Hilfskraft,
Student Assistant
▸ Graphen-Elektronik,
Graphene Electronics

Xiaoyu Xu
Studentische Hilfskraft,
Student Assistant
▸ Finance & Administration

Yuan Fa
Doktorand, PhD student
▸ Nanostrukturierung,
Nanostructuring

Dr. Jens Samland
Senior Researcher
▸ Nanostrukturierung,
Nanostructuring

Zeynep Burcu
Studentische Hilfskraft,
Student Assistant
▸ Graphen-Elektronik,
Graphene Electronics

Emrah Dursun
Studentische Hilfskraft,
Student Assistant
▸ Graphen-Elektronik,
Graphene Electronics

Alexander Radke
Syndikusrechtsanwalt,
Legal Counsel
▸ Finance & Administration

Kai Zhang
Studentische Hilfskraft,
Student Assistant
▸ Photonik, Photonics

Willkommen!
Welcome!

Bildnachweis: © AMO GmbH/Fotograf Martin Braun

Bildnachweis: © AMO GmbH/Fotograf Martin Braun, Renata Hodak, Christian Moormann

... und alte Bekannte

... and old companions

Dr. Christian Moormann
Head of Product Development, Abbott Automation Solutions GmbH, 2001–2013 Managing Director AMO GmbH

„Mit großer Freude gratuliere ich der AMO GmbH zu ihrem 30-jährigen Bestehen! Heute erstrahlt das Unternehmen lebendiger als je zuvor. Es ist beeindruckend zu erkennen, dass die Forschungsthemen immer noch auf den Grundlagen der Anfangsjahre aufbauen. Zugleich hat AMO sich weiterentwickelt, indem sie, aufbauend auf tief verwurzelter Expertise, neue innovative Themenfelder erschließt. AMO ist agil und weltoffen und liefert in Kooperation mit ihren Partnern herausragende wissenschaftliche Beiträge für die Zukunftsfelder von morgen. Eine wahrhaftige Erfolgsgeschichte."

"It is with great pleasure that I congratulate AMO GmbH on its 30th anniversary! Today, the company is more vibrant than ever. It is impressive to see that the research topics still build on the foundations of the early years. At the same time, AMO has evolved by building on deep-rooted expertise to explore new innovative topics. AMO is agile and cosmopolitan and, in collaboration with its partners, delivers outstanding scientific contributions to the future fields of tomorrow. A true success story."

„Ich hatte eine kurze, aber sehr intensive Zeit bei AMO. Es ist ein bittersüßer Moment, dass ich AMO nach nur wenigen Monaten verlassen musste, aber die Chance am IIT Madras konnte ich nicht ausschlagen. Bei AMO habe ich ein junges und dynamisches internationales Team vorgefunden; es war eine großartige Erfahrung für mich, dort zu sein. Die gute Nachricht ist, dass das IT Madras und die RWTH Aachen eine langjährige strategische Partnerschaft haben, die wir für zukünftige Kooperationen nutzen wollen."

"I had a short but very intense stint at AMO. It is a bittersweet moment that I've to leave AMO just after a few months, but the opportunity at IIT Madras was something I could not refuse. At AMO, I found a young and dynamic international team; it was a great experience for me to be there. The good news is that IIT Madras and RWTH Aachen University have a long-standing strategic partnership that we intend to utilize for future collaborations."

Prof. Surendra Anantharaman
Indian Institute of Technology (IIT) Madras, India

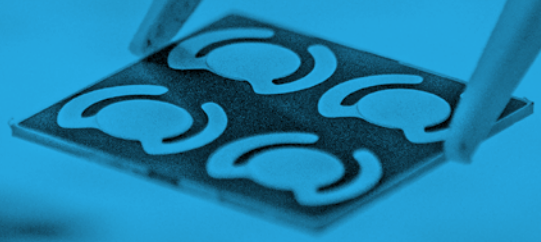
Dipl.-Kff. Renata Hodak
Certified Tax Advisor, Head of Finance and Administration AMO GmbH

„AMO ist in den letzten Jahren in Bezug auf Mitarbeitende und auch Projekte extrem gewachsen und hat sich sehr positiv entwickelt. Nun müssen die Strukturen und die Organisation diesem Wachstum angepasst werden. Ich freue mich, Teil dieses Veränderungsprozesses zu sein und die Zukunft von AMO gemeinsam als Team mitzugestalten. Ich schätze die Offenheit, die Vielfalt und den Teamgeist der Menschen bei AMO sehr. Als ehemalige Handball-Bundesligaspielerin und Mitglied der Handball-Nationalmannschaft weiß ich, wie wichtig insbesondere Teamgeist für den Erfolg ist."

"AMO has grown tremendously in the last few years, both in terms of employees and projects. Now the structures and the organization have to be adapted to this growth. I am happy to be part of this change process and to shape the future of AMO as part of a team. I appreciate the openness, diversity and team spirit of the people at AMO. As a former premier-league handball player and member of the national handball team, I know how important team spirit is for success."

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. EPIC (European Photonics Industry Consortium)
Standort	Aachen
Fachgebiete	Nanophotonik, Sensortechnologie, Nanostrukturierung, 2D-Materialien, Technologietransfer, Quantentechnologie, Neuromorphic Computing
Mitarbeiter*innen	83
Geschäftsführung	Prof. Dr.-Ing. Max Christian Lemme Geschäftsführer der AMO GmbH und Lehrstuhlinhaber des Lehrstuhls für Elektronische Bauelemente der RWTH Aachen
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