



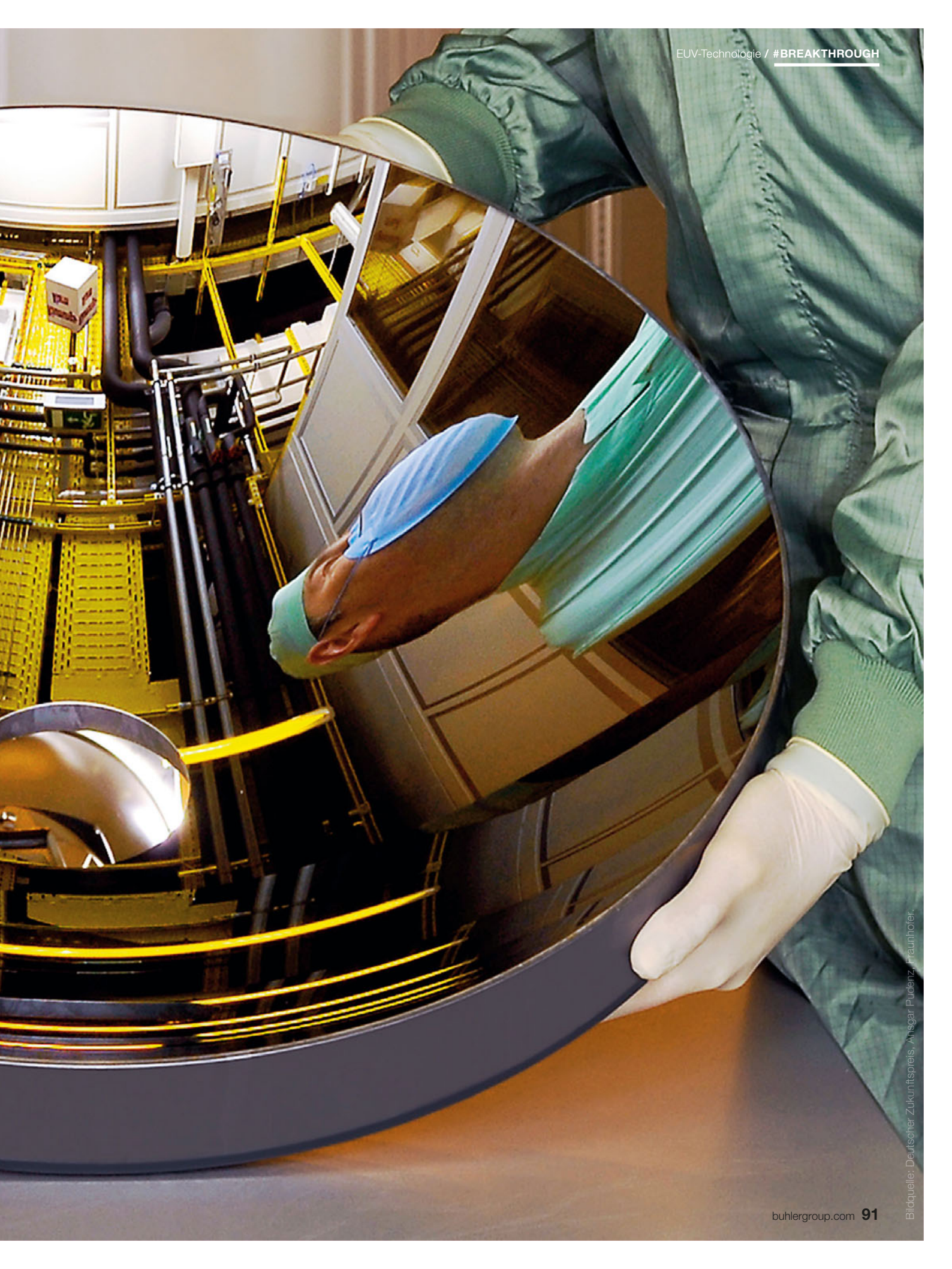
#BREAKTHROUGH

AUS MIKRO- WERDEN

TEXT: KATHRIN BUCHTA
FOTOS: DEUTSCHER ZUKUNFTSPREIS,
ANSGAR PUDENZ

NANOCHIPS

In der Halbleiterindustrie ist derzeit eine neue Technologie in aller Munde – die EUV-Lithografie. Diese nutzt extrem kurzwelliges ultraviolettes Licht, um Mikrochips im Kleinstformat herzustellen, die eingesetzt in Computer und Smartphones, enorm grosse Datenmengen verarbeiten können. Auch Bühler ist an der Entwicklung beteiligt.



ES IST EIN WETTLAUF, der sich derzeit in der Halbleiterindustrie abspielt. Wer kann die kleinsten und effizientesten Mikrochips der Welt produzieren?

Das steigende Mass an Daten, die Smartphones und andere Hochleistungsrechner in einem zunehmend hohen Tempo gleichzeitig verarbeiten müssen, machen den Einsatz von Mikrochips erforderlich, deren Leistungsfähigkeit weit über alles bisher Dagewesene hinausreicht. Wer hier die Nase vorn hat, bestimmt, wie es in der Industrie weitergeht.

Letztes Jahr nun gelang der Durchbruch. Dank der sogenannten EUV-Lithografie (siehe Kasten Seite 94) wird die Produktion von solch winzigen Mikrochips möglich. EUV steht für «extreme ultraviolett», und bezeichnet Licht mit extrem kurzer Wellenlänge. Mit solchen Lichtwellen können leistungsfähigere, energieeffizientere und kostengünstigere Mikrochips hergestellt werden. Konträr der bisher etablierten Lithografie lassen sich mit der EUV-Lithografie Strukturen erzeugen, die in etwa der Grössenordnung eines Zehntausendstels der Dicke eines menschlichen Haars zuzuordnen sind.

Herkömmliche Systeme reichen nicht aus

Die Leistungsfähigkeit der Mikroelektronik hängt vor allem davon ab, wie viele Transistoren (elektronische Halbleiterbauelemente) auf eine bestimmte Fläche gepackt sind. Zumal sich die Packungsdichte in den letzten 50 Jahren etwa alle zwei Jahre verdoppelte, eine rasante technologische Entwicklung (Moore'sches Gesetz, siehe Kasten Seite 93).

In den letzten Jahren stiess die bisherige optische Lithografie mehr und mehr an ihre physikalischen Grenzen. Um Halbleiterstrukturen im Nanometermassstab realisieren zu können, war der Sprung hin zu Lithografie im EUV-Bereich erforderlich. Dieser Schritt erforderte aber eine komplett neue Denkweise, wie die Prozesse in der Produktion ablaufen sollten: Die gesamte eingesetzte Technologie von der Lichtquelle über das optische System im Vakuum bis hin zur Oberflächenbeschichtung musste von Grund aus neu entwickelt werden.

Extrem ultraviolettes Licht wird von Luft absorbiert, weshalb es sich nicht zum Einsatz in einer herkömmlichen Produktionsumgebungen eignet. Darüber hinaus lässt sich dieses Licht nicht, wie in der optischen Lithografie üblich, durch Linsen formen und fokussieren.

Zur Vermeidung dieses physikalischen Problems haben die Forscher bei Carl Zeiss SMT ein lithografisches System entwickelt, das ausschliesslich aus Spiegeln besteht. Dieses ist an die Nutzung im Hochvakuum, also in einer Umgebung nahezu ohne Luftmoleküle, angepasst. Die eingesetzten Spiegel müssen enorm hohe Anforderungen erfüllen. Entsprechend hoch ist der Anspruch, wenn es um die



Das System für die EUV-Lithografie arbeitet im Hochvakuum, da das extrem kurzwellige, ultraviolette Licht von der Luft absorbiert wird.

Beschichtung der Spiegel geht. Rund 100 Einzelschichten müssen mit atomarer Präzision aufgebracht werden.

Die Grösse der Spiegel ist entscheidend

«Eine besondere Herausforderung war vor allem die Grösse der zu beschichtenden Substrate», sagt Dr. Sergiy Yulin vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF). Die Spiegel müssen über einen halben Meter Durchmesser haben, damit die Technologie funktioniert.

Das IOF mit Sitz in Jena, Deutschland, ist ein langjähriger Kunde von Bühler Leybold Optics und einer der essenziellen Partner bei der Entwicklung der Spiegelbeschichtung. Dr. Yulin forscht dort schon seit über 20 Jahren an der Nutzbarmachung des extrem kurzwelligen, ultravioletten Lichts für die lithografische Fertigung von Mikrochips. Zu Beginn seiner Forschung existierten noch keine Be-



«WIR MUSSTEN DIE ANTRIEBS- TECHNIK IN DER VAKUUM- UMGEBUNG UND **DIE BESCHICH- TUNGSQUELLEN KOMPLETT NEU ÜBERDENKEN.»**

KLAUS HERBIG

Head of Product Management bei Bühler Leybold Optics



schichtungsanlagen, die in der Lage waren, Schichten in der erfordernten Präzision auf diese grossen Spiegelsubstrate aufzubringen. Doch mit der Zeit stellte sich heraus, dass die Anlage NESSY von Bühler Leybold Optics genau dies ermöglichte.

Dem IOF gelang es 2009 mit der NESSY 2 einen EUV-Spiegel mit einem Durchmesser von 66 Zentimetern zu fertigen – damals etwas ganz Aussergewöhnliches. Heute gibt es die NESSY bereits in der dritten Generation und sie wird für die Beschichtung der Spiegel bei mehreren Kunden eingesetzt.

«Als das Fraunhofer IOF 2002 mit seiner Anforderung an die Präzision bei der Beschichtung von grossen gekrümmten Substraten auf uns zukam, schien es zunächst unmöglich, derartige Ergebnisse zu erzielen. Es war eine enorme Anforderung an den Maschinenbau und prozesstechnisch bis dato noch durch keine Firma weltweit umgesetzt worden», sagt Klaus Herbig, Head of Product Management

Die NESSY von Bühler Leybold Optics ermöglicht es, EUV-Spiegel mit einem Durchmesser von über einem halben Meter zu beschichten.

INFO

Das Mooresche Gesetz begründete 1965 der US-Amerikaner Gordon Moore, Mitgründer von Intel. Das Gesetz besagt, dass sich die Anzahl der integrierten Schaltkreise, die auf einem Mikrochip Platz haben, in Zeitabständen von rund zwei Jahren bei minimalen Kosten verdoppelt.

Das Gewinnerteam (von links): Dr. Sergiy Yulin vom Fraunhofer IOF, Dr. Peter Kürz von Carl Zeiss SMT sowie Dr. Michael Kösters von Trumpf Lasersystems.

«EINE BESONDERE
HERAUSFORDERUNG WAR
VOR ALLEM **DIE GRÖSSE**
DER ZU BESCHICHTENDEN
SUBSTRATE.»

DR. SERGIY YULIN

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik

INFO

Die optische Lithografie ist seit über 40 Jahren die Schlüsseltechnologie für die Fertigung von Mikrochips. Bisherige Verfahren nutzen eine Lichtquelle mit einer Wellenlänge von 193 Nanometer. Die EUV-Lithografie ist ein Fotolithografie-Verfahren, das elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge von 13,5 Nanometer nutzt, sogenannte extrem ultraviolette Strahlung. Dies soll es ermöglichen, auch zukünftig die Strukturverkleinerung in der Halbleiterindustrie fortzusetzen, um vor allem kleinere, schnellere und effizientere integrierte Schaltkreise herstellen zu können. Dabei gilt, je kleiner die Wellenlänge des Lichts, desto kleiner sind die Strukturen, die abgebildet werden können.

bei Bühler Leybold Optics. «Wir mussten die Antriebstechnik in der Vakuumumgebung und die Beschichtungsquellen komplett neu überdenken.»

Nach rund 20 Jahren Forschung und Entwicklung ist die EUV-Technologie marktreif und in der Halbleiterindustrie einsetzbar. Bis Ende 2020 werden weltweit voraussichtlich rund 90 Systeme für die EUV-Lithografie ausgeliefert sein. Die beiden weltweit grössten Hersteller von Mikrochips, Samsung aus Südkorea und TSMC aus Taiwan, nutzen sie bereits, um Logikchips der neuesten Generation zu produzieren.

Enormes wirtschaftliches Potenzial

Dank der Innovation erschliesst sich ein potenzieller Markt mit globalen Umsätzen von jährlich etlichen Dutzend Milliarden US-Dollar. Davon werden nicht nur die Firmen ZEISS und TRUMPF profitieren, bei denen durch die mit mehr als 2000 Patenten abgesicherte Entwicklung der EUV-Lithografie schon jetzt mehrere Tausende neue Arbeitsplätze entstanden sind, sondern auch ein grosses Netz aus Unternehmen und Forschungseinrichtungen in Europa, die als Zulieferer oder wissenschaftliche Partner daran beteiligt sind.

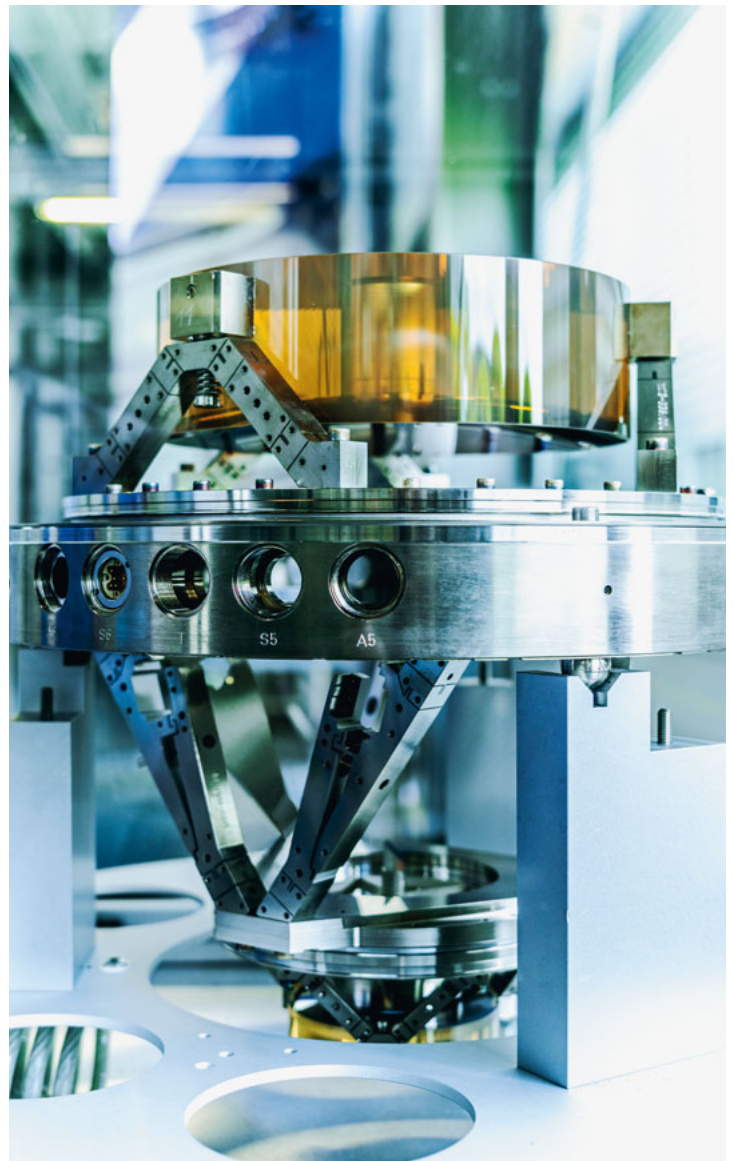
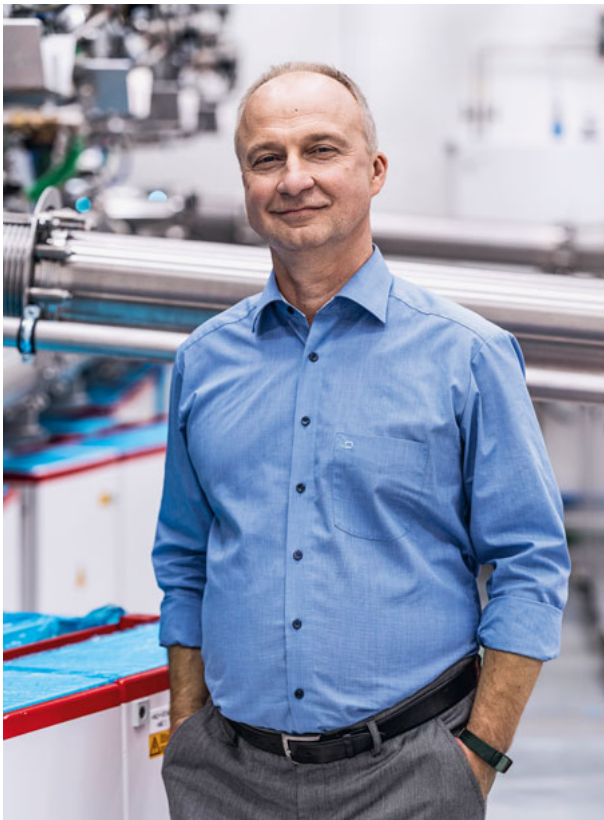
Die EUV-Lithografie wird in den kommenden Jahren für die Halbleiterindustrie wegweisend sein. Dies zeigt sich auch darin, dass der renommierte Deutsche Zukunftspreis, der Preis des deutschen

Ein Kernelement des Systems für die EUV-Lithografie ist ein Objektiv, das in das sogenannte EUV Micro Exposure Tool eingesetzt wird.

Bundespräsidenten für Technik und Innovation, dieses Jahr einem Team verliehen wurde, das maßgeblich zur Entwicklung der EUV-Technologie beigetragen hat. Das Expertenteam besteht aus Dr. Peter Kürz von Carl Zeiss SMT, Dr. Michael Kösters von Trumpf Lasersystems sowie Dr. Sergiy Yulin vom Fraunhofer IOF.

Die drei Forscher entwickelten zusammen ein System für die EUV-Lithografie, bei dem sie auch Beschichtungsanlagen von Bühler Leybold Optics einsetzten. Dass das Team den Preis gewonnen habe, sei eine Anerkennung der jahrelangen guten Zusammenarbeit aller Beteiligten, sagt Dr. Steffen Runkel, Head of Optics bei Bühler. «Selbst unvorhersehbare Hürden und Herausforderungen, die auf dem Weg bis zur Marktreife einer Lösung aufkommen, und an denen weltweit schon viele scheiterten, lassen sich mit den Stärken der Kollaborationspartner sowie ausreichend Durchhaltevermögen bewältigen», ist Runkel überzeugt.

Dr. Sergiy Yulin vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF).



INTERVIEW



Lesen Sie hier das Interview mit Dr. Sergiy Yulin vom Fraunhofer IOF. Der Wissenschaftler hat zusammen mit Kollegen von ZEISS und TRUMPF das System für die EUV-Lithografie entwickelt. Gemeinsam gewannen sie dafür den Deutschen Zukunftspreis.

WEBSITE

Auf der Website des Deutschen Zukunftspreises erfahren Sie mehr über das Gewinnerteam von ZEISS, TRUMPF und dem Fraunhofer IOF. Der Preis des deutschen Bundespräsidenten für Technik und Innovation wird jährlich im November verliehen.

