

PRESSEMELDUNG

PRESSEMELDUNG21. März 2023 || Seite 1 | 7

Volle EUV-Power im kleinen Labormaßstab

Forscher aus Jena für die Entwicklung kompakter Hochleistungs-EUV-Quelle mit Hugo-Geiger-Preis ausgezeichnet

Jena

Die Zukunft hat eine Farbe: Sie ist extrem-ultraviolett. Denn mithilfe von Licht in diesem besonders kurzwelligem Spektralbereich, sogenanntem EUV-Licht, lassen sich z. B. kleinere und leistungsfähigere Mikrochips als je zuvor herstellen. Doch die weitere Forschung steht vor einem Problem: Experimente mit laserähnlichem EUV-Licht können bisher meist nur an teuren Großforschungsanlagen betrieben werden. Das will der Jenaer Forscher Robert Klas ändern. Er hat ein kompaktes EUV-Lasermodul entwickelt, mit dessen Hilfe sich dieses besondere Licht deutlich leichter und kostengünstiger erzeugen lässt. Besondere Anwendungspotenziale sind in der Halbleiterfertigung sowie der Mikroskopie denkbar. Dafür ist Robert Klas nun mit dem Hugo-Geiger-Preis ausgezeichnet worden.

Der Jenaer Forscher Robert Klas hat im Rahmen seiner Doktorarbeit ein kompaktes Modul zur Erzeugung laserähnlichen EUV-Lichts entwickelt. Wo bisher Forschungsanlagen von der Größe eines ganzen Hauses nötig sind, sogenannten Synchrotrone, präsentiert Klas mit seiner Dissertation nun eine neue und effiziente Methode, um laserähnliches EUV-Licht in einer Anlage von der Größe eines Labortisches zu erzeugen.

Mit seiner Doktorarbeit, die in Kooperation zwischen der Friedrich-Schiller-Universität Jena, dem Helmholtz-Institut Jena und dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF entstanden ist, liefert Klas die bislang leistungsstärkste laserähnliche EUV-Quelle im Labormaßstab mit einer Durchschnittsleistung von 10 Milliwatt – das ist hundertmal mehr Leistung als noch zu Beginn seiner Promotion in vergleichbaren Systemen üblich. Damit kann die EUV-Forschung in Zukunft unabhängig von wenigen, aufwändig zu unterhaltenden Großanlagen werden. Noch dazu kostet der kompakte Aufbau nur einen Bruchteil.

Redaktion

Desiree Haak | Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF | Telefon +49 3641 807-803 | Albert-Einstein-Straße 7 | 07745 Jena | www.iof.fraunhofer.de | desiree.haak@iof.fraunhofer.de

EUV-Quelle im Labormaßstab mit hundertmal mehr Leistung

Mit seiner Arbeit stellt sich Klas dabei einer wesentlichen Herausforderung der Laseroptik. Denn hier besagt ein wichtiger Grundsatz: Laser-Strahlung ist umso schwerer zu erzeugen, je kürzer seine Wellenlängen sind. Mit seiner Arbeit bewegt sich der Physiker im Wellenlängenbereich von 10 bis 50 Nanometern. Ein Nanometer entspricht dabei einem Millionstel Millimeter. Kurzum: Extrem-ultraviolettes Licht lässt sich nur extrem schwer als Laserlicht erzeugen.

Um das Problem zu lösen, nutzt Klas moderne Hochleistungs-Ultrakurzpulslaser. Diese werden mittels des Prozesses der Erzeugung hoher harmonischer Strahlung in EUV-Licht konvertiert. Dabei fokussiert Klas den Hochleistungs-Laser zunächst in einem Edelgas. Hierbei werden Elektronen innerhalb von wenigen 100 Attosekunden beschleunigt. Eine Attosekunde ist der Trillionste Teil einer Sekunde. Robert Klas veranschaulicht diese Größenordnung mit einem Vergleich: »Eine Attosekunde verhält sich zu einer Sekunde wie eine Sekunde zu unserem Weltzeitalter«, erklärt er. Aus den in dieser unvorstellbar kurzen Zeit beschleunigten Elektronen ergibt sich durch die Rekombination mit ihrem Mutter-Ion anschließend die kostbare EUV-Strahlung.

Die große Herausforderung dabei ist, die freigesetzte Strahlung kohärent zu überlagern, also so zu kontrollieren, dass sich ihre sogenannten Wellenberge im extremen Ultraviolett-Spektrum addieren und am Ende zu einem Laserstrahl bündeln lassen. Durch die korrekte Wahl der Laserparameter sowie Gasdichte ist es ihm gelungen, eine EUV-Strahlung mit laserähnlichen Parametern höchsteffizient zu erzeugen. Was in Kombination mit Hochleistungs-Treiberlasern zu einer signifikanten Leistungssteigerung im EUV führte.

Hochleistungs-EUV-Quelle schafft Novum in der hochaufgelösten Mikroskopie

Dass seine Arbeit die weitere Erforschung sowie Anwendung des EUV-Lichts wesentlich vereinfachen wird, davon ist der Wissenschaftler überzeugt: »In Zukunft ist zu erwarten, dass die Ergebnisse meiner Doktorarbeit die Entwicklung in vielen wichtigen Bereichen wie der Energie- und Speichereffizienz von Chips, Biologie sowie Medizin vorantreiben werden.«

Bereits während seiner Forschung hat Klas dabei erste Anwendungspotenziale für seine neuartige EUV-Quelle im Labormaßstab erprobt. Im Besonderen hat er sich dabei im Austausch mit anderen Forschenden der Mikroskopie zugewandt – speziell der

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ANGEWANDTE OPTIK UND FEINMECHANIK IOF

Bildgebung im Bereich winziger Nanometer. »Mit einer Belichtungswellenlänge von 13,5 Nanometern haben wir eine Auflösung von 18 Nanometern realisiert«, berichtet er. Zum Vergleich: Konventionelle Lichtmikroskope schaffen nur eine Auflösung von knapp 500 Nanometern. Wie unfassbar detailgenau die durch EUV-Licht ermöglichte Mikroskopie wird, erläutert Klas mit einem weiteren Beispiel: »In einem Experiment haben wir ein sogenanntes Field of view in der Größe von 100 x 100 Mikrometern erreicht. Das heißt, wir können innerhalb eines Bildes vergleichsweise die Größe eines Fußballfeldes abdecken und darin eine Ein-Euro-Münze finden.«

PRESSEMELDUNG21. März 2023 || Seite 3 | 7

Eine weitere Neuerung: Bei einer EUV-basierten Mikroskopie lassen sich farbige Bilder von einer zu untersuchenden Probe erstellen. Auf diese Weise können die Forschenden »in eine Zelle hineinschauen« und unterschiedliche Elemente bzw. Anteile verschiedener Stoffe wie Kohlenstoff, Lipide etc. unterscheiden – »ein Novum bei einer solch hohen Auflösung«, unterstreicht Klas. »Mit unserer Technologie können wir damit in Zukunft biologische und medizinische Studien vorantreiben und hoffentlich unterschiedliche Arten von Viren untersuchen. Irgendwann wollen wir mit diesem Verfahren auch DNA mit etwa zwei Nanometern Durchmesser abbilden können«, so der Forscher.

Qualitätssicherung in der Halbleiterfertigung mittels EUV-Lithographie

Ein weiteres besonderes Anwendungspotenzial bietet die von Klas entwickelte Technologie in der EUV-Lithographie. Hier werden winzig kleine Mikrochips mithilfe von extrem-ultraviolettem Licht hergestellt. Schon heute nutzt die Halbleiterindustrie dieses Verfahren, um mehr als zehn Milliarden Transistoren auf einen fingernagelgroßen Chip aufzubringen. Für die Entwicklung der EUV-Lithographie wurde ein Forschungsteam von TRUMPF, ZEISS und Fraunhofer 2020 mit dem [Deutschen Zukunftspreis](#) ausgezeichnet.

Klas' Forschung eröffnet in diesem Zusammenhang eine neue Möglichkeit der Qualitätssicherung. Denn die herausragenden mikroskopischen Eigenschaften seines Systems können auch auf eine Belichtungsmaske angewandt werden. Diese wird in der Halbleiterfertigung genutzt, um die winzig kleinen EUV-Chips herzustellen. Verbergen sich Fehler in dieser Maske, werden diese an die damit gefertigten Chips weitergegeben. Durch die EUV-Mikroskopie kann die Maske auf derlei Fehler hin untersucht werden. Schwachstellen in der EUV-Maske frühzeitig zu erkennen und somit weitere Fehler in der Fertigung zu vermeiden, spart Zeit und Geld. »Dieses Verfahren kann den Ausschuss verringern und damit zu einer nachhaltigeren Produktion führen«, erläutert Klas die Vorzüge dieser Methode.

Auszeichnung mit dem Hugo-Geiger-Preis

Für seine wegweisende Forschungsarbeit wurde Robert Klas nun mit dem »Hugo-Geiger-Preis für wissenschaftlichen Nachwuchs« ausgezeichnet. Der Award wird vom Freistaat Bayern und der Fraunhofer-Gesellschaft an herausragende Nachwuchsforscher vergeben. Die Preisverleihung erfolgte am 21. März in München. Insgesamt wurden drei Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus München, Freiburg und Jena geehrt. Weitere Informationen zum Award sowie den weiteren Preisträgern finden Sie in der [Pressemeldung der Fraunhofer-Gesellschaft](#).

PRESSEMELDUNG

21. März 2023 || Seite 4 | 7

EUV-Licht – das Licht für das digitale Zeitalter

Licht im extrem-ultravioletten Bereich, kurz EUV-Licht, ist ein ganz besonderes Licht. Aufgrund seiner besonders kurzen Wellenlänge können damit winzig kleine Strukturen hergestellt werden. Wichtig ist das zum Beispiel in der Halbleiterfertigung: Hier können mithilfe von EUV-Licht feinste Schaltkreise auf Mikrochips hergestellt werden. Auf diese Weise können Halbleiter künftig kleiner und zugleich leistungsstärker als je zuvor gebaut werden. Und genau diese Mini-Chips brauchen wir dringend, denn ohne sie sind z. B. Fortschritte in der Künstlichen Intelligenz oder auch beim Autonomen Fahren kaum denkbar.

Bislang ist Erzeugung von laserähnlichem EUV-Licht nur in teuren und aufwändigen Großanlagen möglich. Forschende müssen zur Nutzung dieser Anlagen spezielle Forschungszentren aufsuchen, sogenannten Synchrotrons. Oft warten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler hier jahrelang auf einen Platz, um am Ende nur wenige Wochen oder gar Tage experimentieren zu können. Forschung und weiterer technologischer Fortschritt, den das EUV-Licht gerade im digitalen Zeitalter verspricht, werden damit massiv erschwert. Hier will Klas mit seiner neuen, kompakten EUV-Quelle künftig Abhilfe schaffen.

Über den Hugo-Geiger-Preis

Am 26. März 1949 fand unter der Schirmherrschaft des Staatssekretärs Hugo Geiger im Bayerischen Wirtschaftsministerium die Gründungsversammlung der Fraunhofer-Gesellschaft statt. Aus Anlass des 50-jährigen Bestehens der Fraunhofer-Gesellschaft rief das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie den »Hugo-Geiger-Preis für wissenschaftlichen Nachwuchs« ins Leben. Der Preis wird jährlich an drei junge Forscher vergeben und würdigt hervorragende, anwendungsorientierte Promotionsarbeiten, die in enger Kooperation mit einem Institut

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ANGEWANDTE OPTIK UND FEINMECHANIK IOF

der Fraunhofer-Gesellschaft angefertigt wurden. Die Einzelpreise sind mit 5.000, 3.000 und 2.000 Euro dotiert. Die Einreichungen bewertet eine Jury mit Vertretungen aus Forschung und Entwicklung sowie der Wirtschaft. Kriterien der Beurteilung sind wissenschaftliche Qualität, wirtschaftliche Relevanz, Neuartigkeit und Interdisziplinarität der Ansätze.

PRESEMELDUNG21. März 2023 || Seite 5 | 7

Über das Fraunhofer IOF

Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena betreibt anwendungsorientierte Forschung auf dem Gebiet der Photonik und entwickelt innovative optische Systeme zur Kontrolle von Licht – von der Erzeugung und Manipulation bis hin zu dessen Anwendung. Das Leistungsangebot des Instituts umfasst die gesamte photonische Prozesskette vom opto-mechanischen und opto-elektronischen Systemdesign bis zur Herstellung von kundenspezifischen Lösungen und Prototypen. Am Fraunhofer IOF erarbeiten über 400 Mitarbeitende das jährliche Forschungsvolumen von 40 Millionen Euro.

Weitere Informationen über das Fraunhofer IOF finden Sie unter:

www.iof.fraunhofer.de/

Wissenschaftlicher Kontakt

Robert Klas
Fraunhofer IOF
Abteilung Laser- und Fasertechnologie

Telefon: +49 (0) 3641 947 – 640
E-Mail: robert.klas@iof.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ANGEWANDTE OPTIK UND FEINMECHANIK IOF

Pressebilder

Folgendes Bildmaterial finden Sie im Pressebereich des Fraunhofer IOF unter <https://www.iof.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemitteilungen.html> zum Download.

PRESEMELDUNG

21. März 2023 || Seite 6 | 7



Abb. 1: Robert Klas ist Preisträger des Hugo-Geiger-Preises 2023. © Fraunhofer IOF

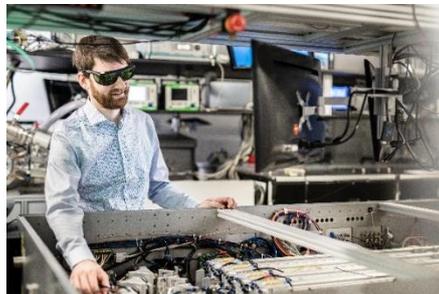


Abb. 2: Für seine Forschung arbeitet Robert Klas (wie hier mit Bild) mit Hochleistungs-Ultrakurzpulslasern. © Fraunhofer IOF



Abb. 3: Synchrotrone sind Großforschungsanlagen. Hier im Bild: Synchrotron BESSY II in Berlin-Adlershof © Helmholtz-Zentrum Berlin.

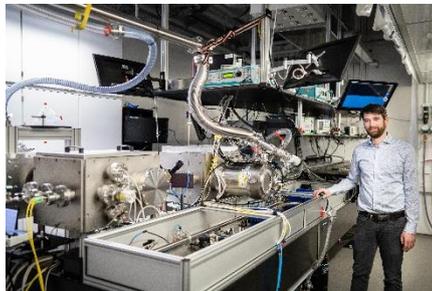


Abb. 4: Die von Robert Klas entwickelte EUV-Quelle dagegen passt (hier inkl. eines experimentellen Aufbaus) auf einen einzelnen Labortisch. © Fraunhofer IOF

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ANGEWANDTE OPTIK UND FEINMECHANIK IOF

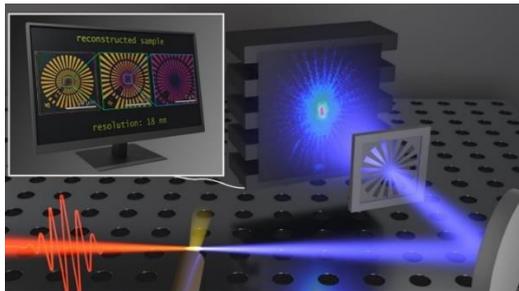


Abb. 5: Robert Klas hat seine neuartige EUV-Quelle im Labor bereits bei der nanoskaligen Bildgebung angewandt. Hier im Bild: Eine Testprobe mit einem sogenannten Siemensstern. © Fraunhofer IOF



Abb. 6: Die Gewinner des Hugo-Geiger-Preises bei der Preisverleihung in München.
© Fraunhofer Gesellschaft

PRESSEMELDUNG

21. März 2023 || Seite 7 | 7

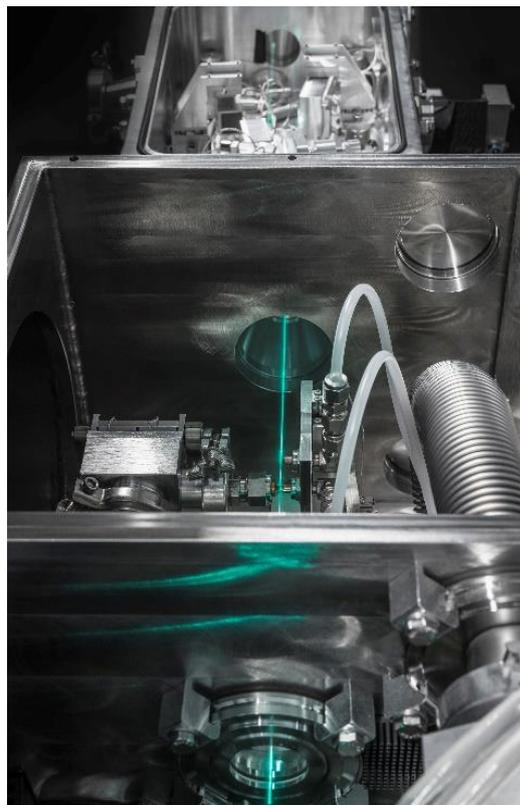


Abb. 7: So sieht das Innenleben eines EUV-Lasers aus. Hier wird ein Hochleistungslaser mittels des Prozesses der Erzeugung hoher Harmonischer ins EUV konvertiert. © Fraunhofer IOF

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** ist die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten 76 Institute und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland. 30 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2,9 Milliarden Euro. Davon fallen über 2,5 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Die internationale Zusammenarbeit wird durch Niederlassungen in Europa, Nord- und Südamerika sowie Asien gefördert.