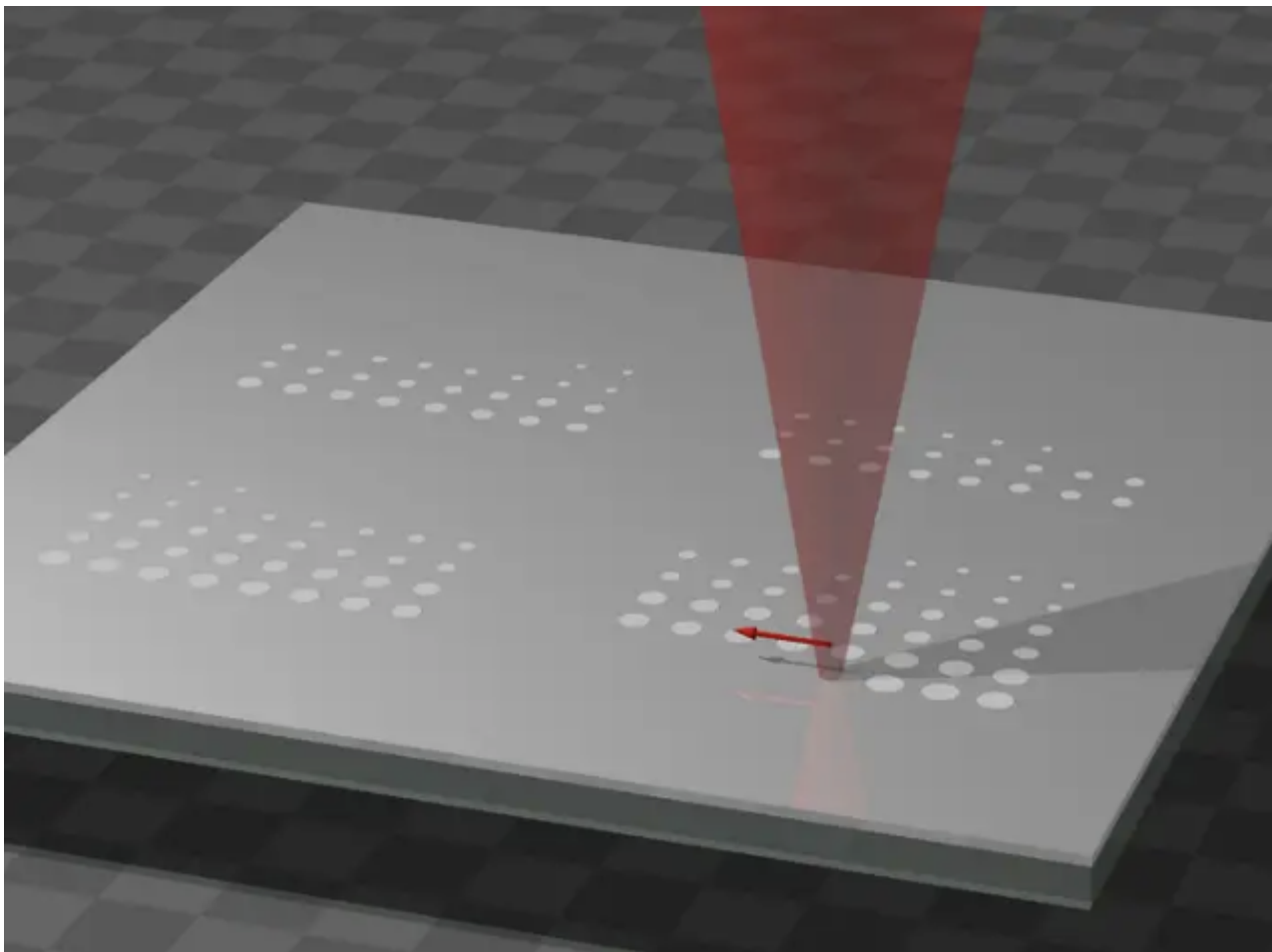


Geleidende structuren schrijven met lasers

Met een toevallige bevinding ontdekte ARCNL/UvA-promovendus Lorenzo Cruciani een nieuwe methode om met een laser rechtstreeks patronen van ruthenium te schrijven. In een recente publicatie in Applied Physics Letters beschrijven Cruciani en zijn collega's hun methode die het gebruik van fotoresist in lithografieprocessen omzeilt.

Bron: ARCNL News/[persbericht Universiteit van Amsterdam](#)



Gefocuste laserstraal. Schematische afbeelding van een gefocuste laserstraal die lokaal het oppervlak van een dunne rutheniumlaag verhit en oxideert. Een locatie wordt

verlicht met een aaneenschakeling van laserpulsen met vaste energie, die voor elke nieuwe positie op het oppervlak aangepast kan worden zodat de optimale pulsenergie bepaald kan worden, benodigd om goed ontwikkelde eilandjes van ruthenium te creëren na blootstelling aan bleek. Afbeelding: [persbericht ARCNL](#)/Paul Planken.

In een project dat mede mogelijk wordt gemaakt door de Universiteit van Amsterdam onderzoekt Lorenzo Cruciani door lasers geïnduceerde terahertz-straling uit lagen ruthenium. 'Op een dag stelde ik ruthenium per ongeluk bloot aan een hoog laservermogen, en tot mijn verrassing nam de hoeveelheid terahertz-straling veel meer toe dan verwacht.' Om na te gaan of er iets vreemds gebeurd was met het substraat, verwijderde de onderzoeker het ruthenium met bleek uit de supermarkt. Alle niet blootgestelde ruthenium loste op, zoals verwacht, maar het blootgestelde deel bleef achter. Cruciani is een promovendus die zijn onderzoek doet bij ARCNL, onder begeleiding van Paul Planken en Klaasjan van Druten.

Warmte-geïnduceerde oxidatie

Een mogelijke verklaring voor de waargenomen effecten was dat het invallende laserlicht lokaal het oppervlak van het ruthenium geoxideerd had – een vermoeden dat verder werd bevestigd toen Cruciani met opzet een laag rutheniumoxide op ruthenium aanbracht en, na laserbelichting, getuige was van een soortgelijke verbetering van het uitzenden van terahertz-straling als beschreven in een [eerdere publicatie](#) van de groep. Aanvullende experimenten door zijn ARCNL-collega's Stefan van Vliet en Roland Bliem op het blootgestelde monster bevestigden inderdaad de aanwezigheid van rutheniumoxide aan het oppervlak. Daarnaast gebruikte een collega van Lorenzo, Ester Abram, een heel andere laser om aan te tonen dat een enkele laserpuls met zeer hoog vermogen al voldoende was om sporen van rutheniumoxidatie en resten van ruthenium aan het oppervlak te zien na een poging het ruthenium in het oppervlak op te lossen in bleek.

De oxidatie en daarmee het schrijven is het resultaat van een thermisch proces, legt Paul Planken uit. 'De energie van onze gepulste laser in het midden van de laserspot zorgt voor een temperatuur die hoog genoeg is om het materiaal lokaal te oxideren.'

Steeds kleinere eilanden

'De volgende vraag was hoe klein we het konden maken', zegt Cruciani. Door

belichtingsparameters zoals de dikte van de rutheniumlaag en de focusdiameter en herhalingsnelheid van de laser te variëren, slaagde de onderzoeker erin de grootte van de eilanden die hij kon schrijven terug te brengen van 18 naar 9 micrometer. Met hulp van Dries van Oosten en Marnix Vreugdenhil van de Universiteit Utrecht en hun speciale apparatuur werden eilanden met een diameter van slechts 500 nanometer geproduceerd. 'Omdat we met een laserspot van 2 micron werkten, betekent dit dat we structuren hebben kunnen schrijven die vier keer kleiner zijn dan de diffractielimiet', benadrukt Planken.

De grenzen verkennen

Ruthenium is interessant voor de halfgeleiderindustrie om mogelijk veelgebruikte materialen zoals koper, die op nanoschaal minder geleidend worden, te vervangen. Omdat de nieuwe laserschrijfmethode het gebruik van fotoresist omzeilt en dus minder omslachtige verwerkingsstappen vereist, willen de onderzoekers graag de grenzen van de techniek verder verkennen, vertellen Cruciani en Planken.

'Er zijn zoveel dingen waar we nu naar kunnen gaan kijken. We kunnen bijvoorbeeld met de laser spelen: verschillende bronnen gebruiken, het aantal laserpulsen variëren, de tijd tussen opeenvolgende pulsen aanpassen, ... En we kunnen naar heel andere manieren van schrijven kijken. Op dit moment schrijven we de patronen bijvoorbeeld met een gefocuste straal. Maar misschien kunnen we ook een brede straal en een masker gebruiken om meerdere structuren tegelijk te schrijven. Het leuke van deze methode is dat we een algemeen bekend, klassiek thermisch effect gebruiken om dingen te schrijven die heel klein zijn. Dit artikel kan wel eens het begin zijn van een geheel nieuwe invalshoek voor het printen van kleine patronen in ruthenium.'

Publicatie

Lorenzo Cruciani, Marnix Vreugdenhil, Stefan van Vliet, Ester Abram, Dries van Oosten, Roland Bliem, Klaasjan van Druten en Paul Planken, [Direct laser patterning of ruthenium below the optical diffraction limit](#), Appl. Phys. Lett. 124, 000000 (2024)