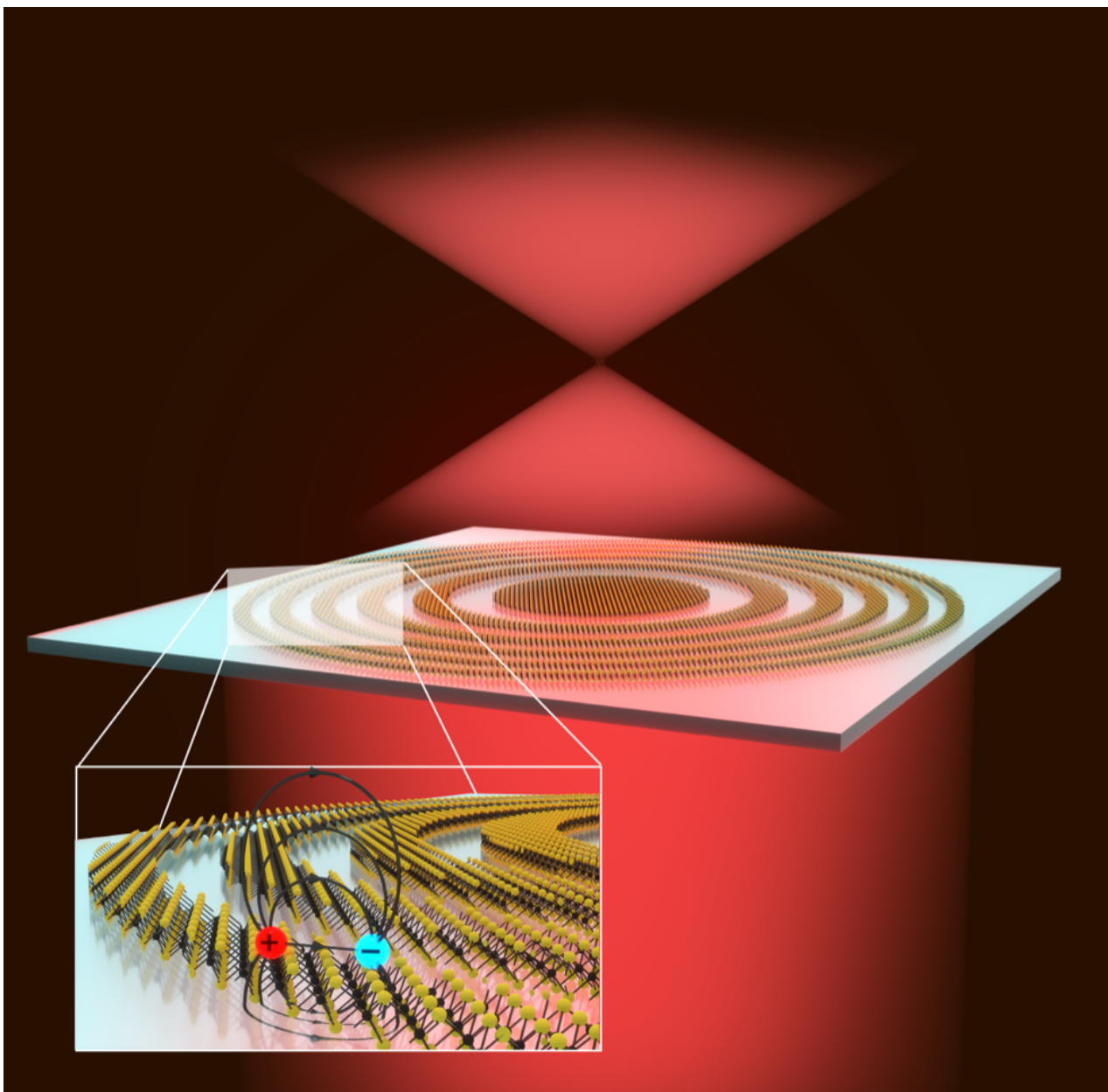


De dunste lens

Lenzen worden gebruikt om licht te buigen en te concentreren. Normale lenzen bereiken dit effect dankzij de kromming in hun vorm, maar natuurkundigen hebben nu een platte lens gemaakt van slechts drie atomen dik, die gebruik maakt van quantumeffecten. Dit type lens zou kunnen worden gebruikt in toekomstige augmented reality-brillen.



De dunste lens op aarde. De dunste lens op aarde, gemaakt van concentrische

ringen van wolframdisulfide (WS₂), gebruikt excitonen om licht efficiënt te concentreren in een brandpunt. De lens heeft de dikte van een enkele laag van WS₂, slechts drie atomen. Linksonder staat een exciton uitgebeeld: een aangeslagen elektron gebonden aan een positief geladen 'gat' in het atoomrooster. Afbeelding door Ludovica Guarneri en Thomas Bauer.

Wanneer je aan een lens denkt, stel je je waarschijnlijk een stuk gebogen glas voor. Dit type lens werkt omdat licht wordt gebroken (gebogen) wanneer het het glas binnenkomt, en opnieuw wanneer het het glas verlaat. Hierdoor kunnen we dingen groter of dichterbij doen lijken dan ze in werkelijkheid zijn. Dankzij meer dan twee millennia waarin we gekromde lenzen hebben gebruikt, hebben we de bewegingen van verre planeten en sterren kunnen bestuderen, kleine micro-organismen kunnen onthullen en ons zicht kunnen verbeteren.

Ludovica Guarneri, Thomas Bauer en Jorik van de Groep van de Universiteit van Amsterdam kozen samen met collega's van Stanford University in Californië voor een andere aanpak. Met behulp van een enkele laag van een uniek materiaal, wolframdisulfide (kortweg WS₂), maakten ze een platte lens van een halve millimeter breed en slechts 0,0000006 millimeter dik, oftewel 0,6 nanometer. Daarmee is het de dunste lens op aarde!

In plaats gebruik te maken van een gebogen vorm, is de lens gemaakt van concentrische ringen van WS₂ met gaten ertussen. Dit ontwerp maakt het een zogeheten 'Fresnel-lens' of 'zoneplaatlens', die licht focust met behulp van diffractie in plaats van breking. De grootte en afstand tussen de ringen (vergeleken met de golflengte van het licht dat erop valt) bepalen de afstand van het brandpunt tot de lens. Het hier gebruikte ontwerp focust rood licht op 1 mm van de lens.

Quantumverbetering

Een uniek kenmerk van deze lens is dat de focusefficiëntie afhankelijk is van quantumeffecten in het WS₂. Door deze effecten kan het materiaal efficiënt licht absorberen en opnieuw uitzenden op bepaalde golflengten. Dit geeft de lens het ingebouwde vermogen om binnenkomend licht efficiënter te focuseren bij deze golflengten.

Deze quantumverbetering werkt als volgt. Ten eerste absorbeert WS₂ licht door een elektron naar een hoger energieniveau te tillen. Dankzij de ultradunne structuur van het materiaal

blijven het negatief geladen elektron en het positief geladen 'gat' dat het in het atoomrooster achterlaat met elkaar verbonden door de elektrostatistische aantrekkingskracht tussen de twee. Het elektron en het gat vormen samen een 'exciton'. Deze excitonen verdwijnen snel doordat het elektron en het gat weer samensmelten en licht uitzenden. De lens wordt efficiënter dankzij dit opnieuw uitgezonden licht.

De wetenschappers ontdekten een duidelijke piek in de lensefficiëntie voor de specifieke golflengten van het licht dat door de excitonen werd uitgezonden. Hoewel het effect al zichtbaar is bij kamertemperatuur, zijn de lenzen nog efficiënter als ze zijn afgekoeld. Dit komt doordat excitonen hun werk beter doen bij lagere temperaturen.

Augmented reality

Een ander uniek kenmerk van de lens is dat, hoewel een deel van het licht een fel brandpunt vormt, het meeste licht er ongeroerd doorheen gaat. Hoewel dit misschien klinkt als een nadeel, opent het nieuwe deuren voor gebruik in technologieën van de toekomst. "De lens kan goed gebruikt worden in toepassingen waarbij het zicht door de lens heen niet verstoord mag worden, maar er wel een klein deel van het licht kan worden afgetapt om informatie te verzamelen. Dit maakt zo'n lens perfect voor brillen voor bijvoorbeeld augmented reality", zegt Jorik van de Groep, een van de auteurs van de nieuwe publicatie.

De onderzoekers willen zich nu richten op het ontwerpen en testen van complexere en multifunctionele optische coatings waarvan de functie (zoals het buigen van licht) elektrisch kan worden aangepast. "Excitonen zijn heel gevoelig voor de ladingsdichtheid in het materiaal, en daardoor kunnen we de brekingsindex van het materiaal veranderen door een spanning aan te brengen", zegt Van de Groep. De toekomst van excitonische materialen is kleurrijk!

Publicatie

Ludovica Guarneri, Qitong Li, Thomas Bauer, Jung-Hwan Song, Ashley P. Saunders, Fang Liu, Mark L. Brongersma en Jorik van de Groep, [Temperature-Dependent Excitonic Light Manipulation with Atomically Thin Optical Elements](#). Nano Letters 24, 21, 4240-4246 (2024)