

PHYSICAPRIJS 2019 VOOR KOBUS KUIPERS

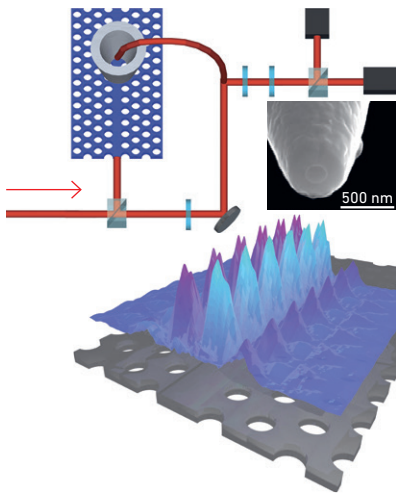
Kobus Kuipers (TUD) zal op 5 april tijdens FYSICA 2019 de Physicaprijs in ontvangst nemen. Kuipers is een van de grondleggers van de nanofotonica, de wetenschap die licht bedwingt op lengteschalen veel kleiner dan de golflengte.

In 2015 werd wereldwijd gevierd dat James Clerk Maxwell 150 jaar eerder zijn vergelijkingen voor elektromagnetische golven formuleerde. Kobus Kuipers was het boegbeeld van het Internationaal Jaar van Licht in Nederland. Logisch, want juist zijn werk aan licht op de nanoschaal toont dat de Maxwellvergelijkingen springlevend zijn, met toepassingen in snelle en zuinige informatietechnologie, ledverlichting, zonnecellen en metrologie. Bovenal is dit vakgebied springlevend omdat licht zich in slim

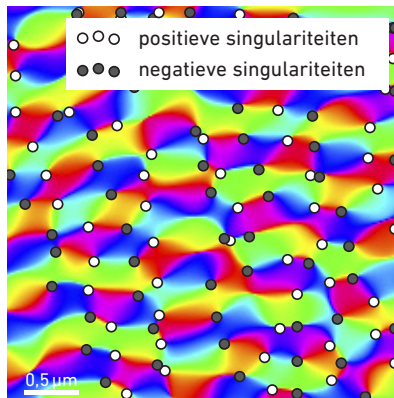
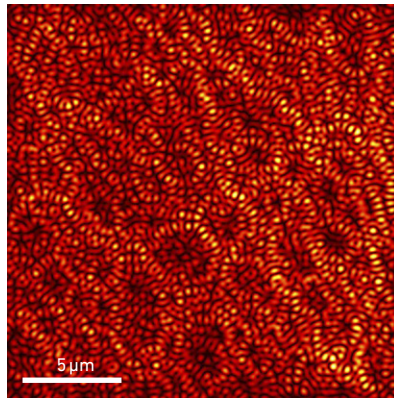
gestructureerde materialen zo verrassend anders gedraagt dan we gewend zijn van een conventionele transversale niet-dispersieve vlakke golf. Kobus Kuipers heeft een aanstekelijke fascinatie voor de strapatsen die je met de zes vectorcomponenten van licht kunt uithalen en is internationaal bekend om experimenten die steeds een verrassende inkijk geven in het exotische gedrag van licht op nanoschaal. Met het Center for Nanophotonics op AMOLF, waar hij tien jaar leiding aan gaf, heeft hij Nederland in de wereld van de nanofotonica op de kaart gezet. Aan de basis van Kuipers' werk ligt de vraag hoe je licht op zulke kleine lengteschalen in al haar facetten in kaart brengt. Een normale lichtmicroscopie is onbruikbaar: die is gebonden aan een diffractielimiet en bovendien lekt op nanoschaal opgesloten licht normaal gesproken niet weg naar een detector in het verre veld. De ultieme meettechniek zou heel lokaal elke vectorcomponent van het licht – **E** zowel als **H**, in amplitude en in fase

– moeten kunnen volgen, terwijl het licht door een nanostructuur stroomt. Optisch afbeelden dus met een ruimtelijke resolutie van nanometers, een tijdsresolutie van femtoseconden en liefst polarimetrisch en fasegevoelig opgelost.

Precies dit is wat Kuipers met zijn groep voor elkaar heeft gekregen, eerst in Twente (2000 - 2003), vervolgens op AMOLF (2003 - 2016) en tegenwoordig in Delft. Het hart van hun instrumentarium is een optische rastertunnelmicroscopie (photon scanning tunneling microscope – PSTM). Niet toevallig, aangezien Kuipers in 1994 promoveerde bij een pionier op het gebied van rastertunnelmicroscopie met elektronen (Joost Frenken, toen verbonden aan AMOLF). Waar een elektronische STM met een spitse metaalpunt tunnelstroom verzamelt, gebruikt het optisch equivalent een spitse glasvezel om lokaal licht, ook door middel van tunnels, vanuit het nabije veld naar een fotodetector te brengen. Werkelijk uniek is dat



Links: rastertunnelmicroscopie voor licht gebruikt een spitse glasnaald rondom bedekt met metaal op een klein gat na, in een vernuftige interferometer. Het gemeten optisch veld gevangen in een lijndefect (onderliggende schets van fotonisch kristal) heeft een complexe intensiteitsverdeling (hoogte van de pieken) en tegelijk een complexe polarisatie. Blauw voor rechtsom circulair en paars voor linksom tollend. (Figuren: Boris LeFeber & Nir Rotenberg) Rechts: spikkelpatronen in wanordelijke lichtvelden vertonen fasesingulariteiten. (Figuren: Lorenzo De Angelis)



Kuipers erin slaagde, door middel van vernuftige femtoseconde-interferometrie, met de spitse glasnaald in één arm van een interferometer de amplitude en fase van dit lokaal opgepikte licht tijdsopgelost te meten. Door een slimme combinatie van polarisatie-analyse bij de fotodetector en controle over de precieze vorm van de glasvezelpunt slaagde hij er in alle zes vectorcomponenten van het E- en H-veld te bepalen. Zijn team is het enige in de wereld dat dit huzarenstuk voor elkaar heeft gekregen. Dit bijzondere instrument was voor Kuipers het vertrekpunt van een sprankelende ontdekkingstocht door de exotische oplossingen van de Maxwellvergelijkingen voor licht in nanomaterialen. Zijn microscoop plaatst de experimentator midden in de wondere nanowereld en voorziet zijn onderzoeksgroep van een bril om elektrische en magnetische velden in ruimte en tijd te zien evolueren. Dat geeft ongekend inzicht in de fysica van licht op de nanoschaal in bijvoorbeeld

fotonische kristallen, nanostructuren waarin de brekingsindex periodiek varieert zodat lichtgolven zich gaan gedragen als elektrongolffuncties in halfgeleiders. Kuipers ontrafelde de Blochgolffuncties in al haar componenten en ‘filmde’ golfpakketjes van licht, die langs lijndefecten kruipen of zelfs stilgezet worden door gekromde fotonische bandenstructuren te ontwerpen. Zijn groep bracht evenzo grote doorbraken in de studie van plasmonen, lichtgolven gebonden aan metaaloppervlakken, door te zien en te begrijpen hoe licht efficiënt door uiterst kleine gaatjes en langs uiterst dunne metaaldraadjes geleid kan worden. Mede mogelijk gemaakt door een prestigieuze ERC Advanced Grant legt Kuipers zich ook toe op singulariteiten in het lichtveld, die optreden in zowel fase als polarisatie. Fasesingulariteiten kunnen optreden in alle vakgebieden waar golven in het spel zijn: het gaat om singuliere punten in het golvende veld waar de fase van de

golf ongedefinieerd is. In het punt zelf is het donker en het lichtveld stroomt eromheen alsof de singulariteit het oog van een draaikolk is. De groep van Kuipers is gefascineerd door deze draaikolken voor licht, bijvoorbeeld omdat ze topologische eigenschappen hebben. Daarmee wordt bedoeld dat draaikolken gekwantiseerde karakteristieken hebben: de fase om de singulariteit draait links- of rechtsom, maar niets ertussenin, en altijd een geheel veelvoud van 2π . De geometrie van zulke singulariteiten in fase en polarisatie, hoe ze ontstaan en verdwijnen en hoe ze elkaar ‘afstoten’ of ‘aantrekken’, is nu in zijn lab te bestuderen. De studie van singulariteiten raakt enerzijds aan nog onbegrepen wiskunde. Anderzijds werkt Kobus aan toepassingen van polarisatiesingulariteiten in quantumoptica, waarbij de draaizin van licht selectief koppelt aan bijvoorbeeld spineigenschappen van overgangen in fluorescente materialen.

Kuipers’ creativiteit en voortdurende motivatie om verwonderd te raken door natuurkundige verschijnselen kenmerken niet alleen zijn wetenschappelijke publicaties. Hij staat alom bekend om zijn scherpe vragen, aanstekelijk enthousiasme voor natuurkunde en voor het proces van wetenschap bedrijven in al haar facetten. Dit maakt hem tot een buitengewone, inspirerende mentor voor zijn studenten, promovendi en postdocs, die hij met liefde voor het vak en voortdurende inzet voor hun persoonlijke ontwikkeling begeleidt. De Physicaprijs heeft met Kobus Kuipers een waardige winnaar!

Femius Koenderink leidt de Resonant Nanophotonics-groep en is afdelingshoofd van het Center for Nanophotonics op AMOLF.

Ewold Verhagen leidt de Photonic Forces-groep op AMOLF. Kobus Kuipers is een van zijn promotoren (2009).

Abert Polman is leider van de Photonic Materials-groep en het Light Management in Photovoltaics-programma op AMOLF. Met Kobus Kuipers richtte hij het Center for Nanophotonics op AMOLF op.