

Op een efficiënte manier van licht naar stroom

Perovskieten vormen een familie van kristallen met veelbelovende eigenschappen voor toepassingen in de nanotechnologie. Eén nuttige eigenschap die tot nu toe echter niet in perovskieten was waargenomen, is het zogeheten effect van vermenigvuldiging van ladingdragers, dat ertoe leidt dat materialen veel efficiënter licht omzetten in elektriciteit. Nieuw onderzoek heeft nu laten zien dat bepaalde perovskieten deze gewenste eigenschap wel degelijk bezitten.



Afbeelding 1. Perovskiet. Kristallen van calcium-titanium-oxide, CaTiO_3 , een materiaal dat bekend staat als *perovskiet*, en waarnaar de soortgelijke kristalstructuur in tal van andere materialen genoemd is. Afbeelding: [Rob Lavinsky](#).

Kristallen zijn configuraties van atomen, moleculen of ionen, die geordend zijn in een

structuur die zichzelf in alle richtingen herhaalt. We komen in ons dagelijks leven regelmatig zulke kristallen tegen: keukenzout, diamant en zelfs sneeuwvlokken zijn er voorbeelden van. Wat misschien minder goed bekend is, is dat bepaalde kristallen heel interessante eigenschappen vertonen als hun grootte niet die van ons dagelijks leven is, maar die van nanometers – een paar miljardsten van een meter. Dan komen we in de wereld van de nanokristallen, structuren die bijzonder nuttig blijken te zijn voor technologische constructies op minuscule schaal.

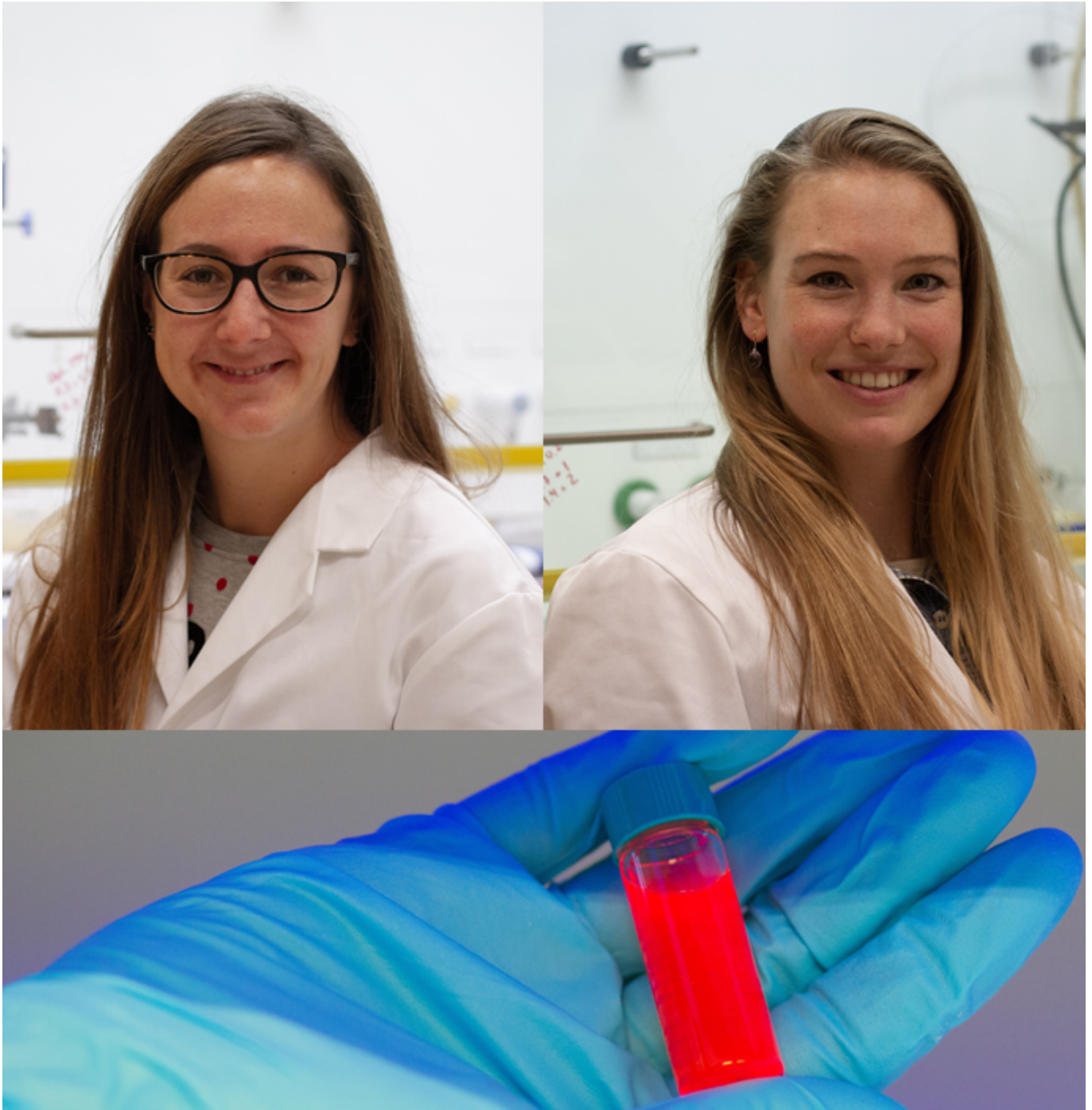
Perovskieten – genoemd naar de 19^e-eeuwse Russische mineraloog Lev Perovski – vormen een familie van materialen die allemaal dezelfde kristalstructuur hebben. Deze perovskieten vertonen allerlei bijzondere elektronische eigenschappen, waardoor ze toepasbaar worden voor het maken van bijvoorbeeld LEDs, TV-schermen, zonnecellen en lasers. Perovskieten zijn in de afgelopen jaren dan ook uitgebreid door natuurkundigen bestudeerd.

Vermenigvuldiging van ladingdragers

Een eigenschap die daarbij tot nu toe in perovskieten niet aan het licht was gekomen, is *vermenigvuldiging van ladingdragers*. Wanneer halfgeleidende materialen – in zonnecellen, bijvoorbeeld – de energie van licht omzetten in elektriciteit, gebeurt dat normaal gesproken deeltje voor deeltje: één invallend foton leidt tot één aangeslagen elektron (en het bijbehorende ‘gat’ op de plek waar het elektron zat), dat elektrische stroom kan dragen. In bepaalde materialen kunnen, als het invallende licht daarvoor genoeg energie heeft, vervolgens echter nog meer elektron-gatparen aangeslagen worden; dit proces staat bekend als de vermenigvuldiging van ladingdragers (in het Engels: ‘carrier multiplication’).

Wanneer deze vermenigvuldiging van ladingdragers plaatsvindt, kan de conversie van licht in elektriciteit veel efficiënter worden. In gewone zonnecellen wordt de hoeveelheid energie die efficiënt omgezet kan worden, bepaald door een theoretische limiet, de zogenoemde Shockley-Queisserlimiet. Volgens deze limiet kan hooguit iets meer dan 33% van het vermogen van het zonlicht worden omgezet in elektrisch vermogen. In halfgeleider-nanokristallen die de vermenigvuldiging van ladingdragers vertonen, wordt echter een

maximale efficiëntie van maar liefst 44% voorspeld.



Afbeelding 2. Leyre Gomez en Chris de Weerd. De onderzoekers met een sample van het onderzochte materiaal.

Proefschrift

Daarmee wordt het enorm interessant om ook in perovskieten naar het vermenigvuldigingseffect te zoeken, en dat is precies wat natuurkundigen Chris de Weerd en Leyre Gomez, van de Optoelectronic Materials Group geleid door prof. Tom Gregorkiewicz aan de Universiteit van Amsterdam, nu gedaan hebben – in samenwerking met de groep van prof. Yasufumi Fujiwara en met hulp van hun collega's van het AIST National Institute in Tsukuba en de TU Delft. Met behulp van spectroscopische methodes – waarbij de frequenties van de straling die van een materiaal afkomt bestudeerd worden nadat het heel kort beschenen is met een lichtflits – lieten de onderzoekers zien dat perovskiet-nanokristallen gemaakt van cesium, lood en jodium, inderdaad een vermenigvuldiging van ladingdragers vertonen. Ze laten bovendien zien dat de efficiëntie van dit effect hoger is dan tot nu toe voor andere materialen is gerapporteerd. Met deze ontdekking krijgt het onderzoek naar de bijzondere eigenschappen van perovskieten dus een nieuwe stimulans.

De Weerd, die vorige week met succes haar proefschrift over dit en ander onderzoek verdedigde, zegt: “Tot nu toe was de vermenigvuldiging van ladingdragers niet waargenomen in perovskieten. Dat we het effect nu aangetoond hebben, heeft een grote, fundamentele impact op dit steeds populairder wordende materiaal. Het laat bijvoorbeeld zien dat perovskiet-nanokristallen gebruikt kunnen worden om heel efficiënte lichtdetectoren te construeren, en in de toekomst mogelijk ook zonnecellen.”

Referentie

Het artikel waarin de onderzoekers hun bevindingen rapporteren is vorige maand in *Nature Communications* gepubliceerd.

Efficient carrier multiplication in CsPbI₃ perovskite nanocrystals, C. de Weerd, L. Gomez, A. Capretti, D. Lebrun, E. Matsubara, J. Lin, M. Ashida, F. Spoor, L. Siebbeles, A. Houtepen, K.

Suenaga, Y. Fujiwara en T. Gregorkiewicz, Nature Communications 9 (2018) 4199.