Ultralichte nanopartikelverf geïnspireerd op vlindervleugels

04 augustus 2023, 09:08

Patrick Cosemans
Olivier Malek

Een innovatief, plasmonisch verfsysteem maakt gebruik van nanodeeltjes om structurele kleuren te creëren, zonder de nood aan meerdere pigmenten. Het systeem, waarbij minder product nodig is en de kleur langer behouden blijft, is milieuvriendelijker, lichter en goedkoper dan klassieke verfsystemen.

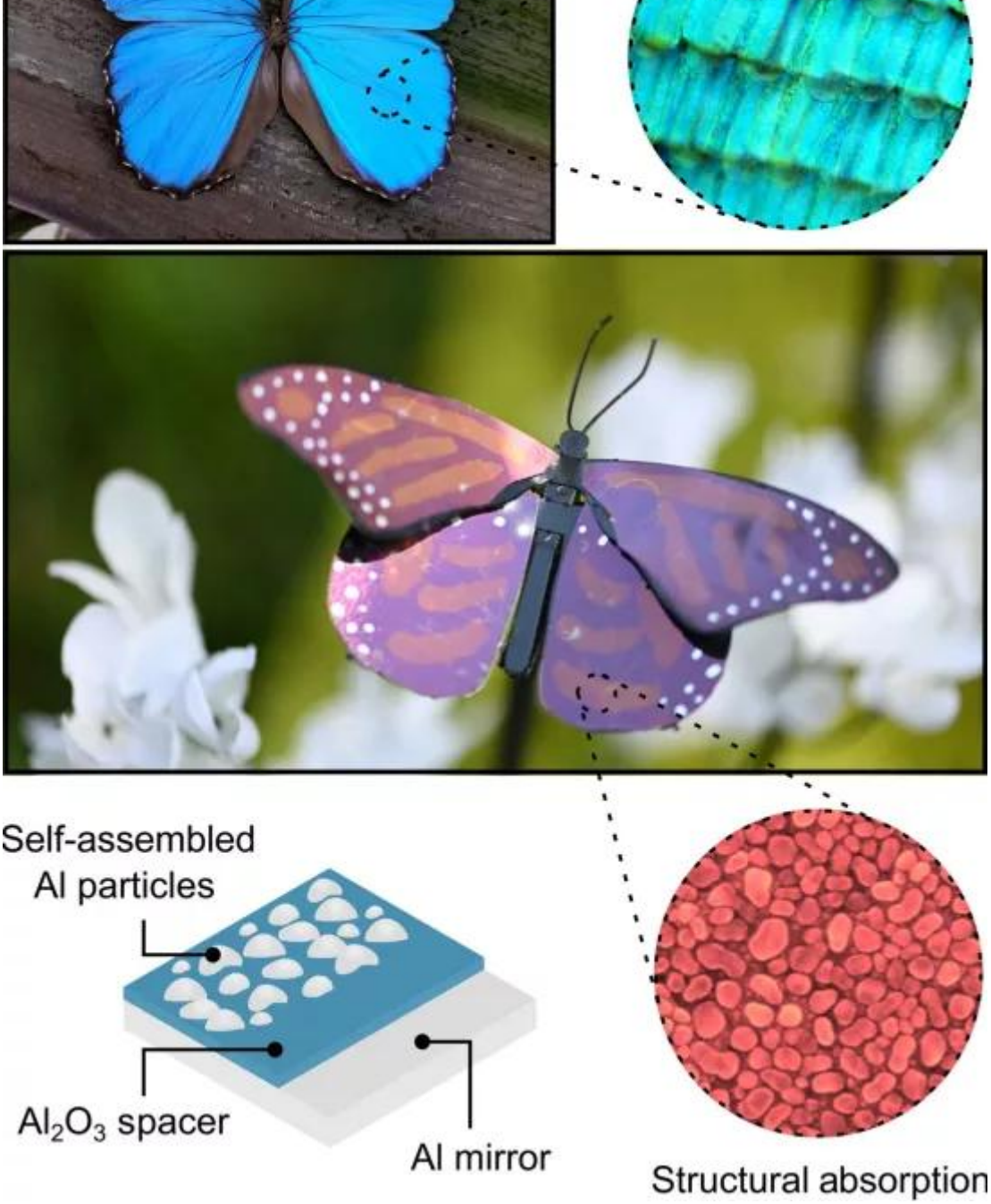
Vandaag hebben verven een specifieke kleur door de aanwezigheid van pigmentmolecules. Ze absorberen bepaalde golflengten van licht en reflecteren andere. Onderzoekers aan de University of Central Florida hebben een volledig nieuwe verfsoort ontwikkeld geïnspireerd op vlindervleugels. Deze plasmonische verven maken gebruik van nanopartikels om verschillende kleuren te creëren, zonder de vele pigmenten die normaal vereist zijn.

Het voornaamste nadeel van klassieke verven is dat je voor elke nieuwe kleur ook een nieuwe pigmentmolecule nodig hebt. Bovendien zijn sommige pigmentmolecules zeldzaam of toxisch, zoals bijvoorbeeld het populaire cobaltblauw, een mengsel van cobaltoxide en aluminium dat gevaarlijk is bij inname of inademen.

Plasmonisch nanosysteem

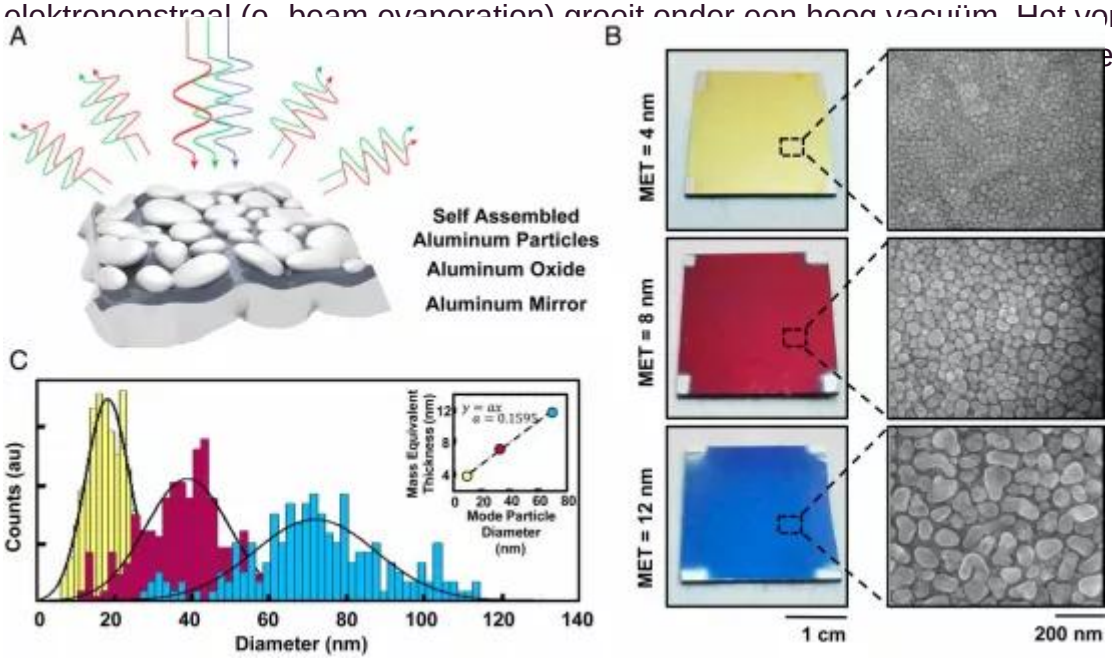
Daarom gingen onderzoekers op zoek naar een alternatief en lieten zich hierbij inspireren door vlindervleugels die structurele kleur als eigenschap hebben. Hierbij kan de geometrische ordening van kleurloze materialen licht reflecteren, verspreiden en absorberen, om zo verschillende kleuren te produceren. De nieuw ontwikkelde verf werkt op een gelijkaardige manier en maakt daarbij gebruik van aluminium en aluminiumoxide nanopartikels om een plasmonisch nanosysteem te creëren, wat het mogelijk maakt om licht op een unieke manier te manipuleren.

De onderzoekers creëerden het basismateriaal door een spiegel te bekleden met nanodeeltjes. De afstand tussen de partikels bepaalt hoe het materiaal met licht en dus met de kleur die we waarnemen wanneer we ernaar kijken, interageert. Om deze oppervlakken in verf te vertalen werd de gehele structuur op een opofferingslaag aangebracht, zodat ze nadien kon verwijderd en vermalen worden tot een poeder. Zo verkreeg men een hoog reflecterend pigment op basis van stukjes plasmonisch materiaal. Deze deeltjes werden vervolgens gemengd met een commercieel verkrijgbaar bindmiddel.



Boven: voorbeeld van structurele kleuring in de vleugels van de Peruviaanse Morpho Didius, waarbij lamelvormige nanostructuren in de vleugels de blauwe componenten van invallend licht verstrooien en zo de typische metallisch blauwe kleur genereren. Onder: (aan het oppervlak van een metalen vlinder) plasmonische caviteit op subwavelength-schaal, gevormd door een zelfassemblage van metallische nano-eilandjes bovenop een oxide-gecoate spiegel, genereert kleur door selectief bepaalde golflengten te absorberen en andere sterk terug te kaatsen (Bron: University of Central Florida)

De technologie is goed reproduceerbaar: de aluminium partikels worden gevormd via een temperatuur- en drukafhankelijk mechanisme, waarbij een dunne film via opdampen met een elektronenstraal (e- beam evaporation) groeit onder een hoog vacuüm. Het vormingsproces van [illegible] emt er de



(A) Schema van zelf-geassembleerde aluminium partikels bovenop een oxide tussenlaag en aluminium spiegel. Golflengte van plasmonische resonantieschalen met partikelafmetingen.
(B) Camerabeelden en SEM-beelden van drie monsters die overeenkomen met geel, magenta en cyaan.
(C) Histogram van partikelafmetingen verkregen van de SEM-beelden: de radii voor de partikels worden berekend uitgaande van een oppervlakte-equivalente bol
(Bron: University of Central Florida)

Voordelen

Klassieke verven vervagen met de tijd, doordat de pigmentmoleculen de eigenschap om fotonen te absorberen verliezen. Dit probleem komt niet voor bij de nanotechverf: de nanopartikels veranderen niet met de tijd, ze blijven het licht op dezelfde manier breken, onafhankelijk van de invalshoek. Eens een oppervlak voorzien van structurele kleur, blijft deze kleur behouden en levendig, in principe voor altijd. De gekleurde oppervlakken zijn bovendien rekbaar en flexibel.

De structurele kleuren zijn milieuvriendelijker dan klassieke, pigment-gebaseerde kleuren, omdat ze enkel gebruik maken van metalen en oxides, en niet van artificieel gesynthetiseerde moleculen. Verder is de verf niet alleen zeer licht, ook de verhouding tussen oppervlakte en dikte is groot, waardoor er minder van nodig is om een klus te klaren: volledige kleuring wordt al bereikt met lagen van niet meer dan zo'n 150 nm dik. Zo zou bijvoorbeeld voor het schilderen van een Boeing 747 naar schatting minder dan 1,5 kg plasmonische verf nodig zijn, terwijl met standaard verf gewoonlijk meer dan 450 kg nodig is.

Bovendien reflecteert de plasmonische verf het volledige infraroodspectrum en wordt minder warmte door de verf geabsorbeerd, waardoor het onderliggende materiaal ca. 15 °C koeler blijft dan met commerciële verf. Deze eigenschap kan het energieverbruik voor koeling doet dalen,

bijvoorbeeld bij gebruik in de bouw- of transportsector.

Toekomst

De ontwikkeling opent de deur naar heel wat toepassingen en potentiële markten voor plasmonische nanostructuren. Het onderzoeksteam plant verder onderzoek naar de mogelijke energiebesparende eigenschappen van de verf en wil bewijzen dat het om een commercieel haalbaar product gaat. Momenteel kan de plasmonische verf alleen in kleine batches worden aangemaakt in een labo, terwijl commerciële verf geproduceerd dient te worden in veel grotere hoeveelheden.

Plasmonische nanosystemen

Een plasmonisch nanosysteem is een nanoschaal systeem dat plasmonische effecten gebru
een unieke manier te manipuleren. Plasmonen zijn collectieve trillingen van elektronen die o
oppervlak van metalen nanostructuren, wanneer deze worden blootgesteld aan elektromagn
zoals licht.

Wanneer licht op een plasmonisch nanosysteem valt, worden de plasmonen geactiveerd en
met het invallende licht. Dit leidt tot een lokale versterking van het elektromagnetische veld r
nanostructuur, wat op zijn beurt verschillende opmerkelijke effecten kan hebben in een bree
toepassingen, zoals:

- *Verhoogde lichtabsorptie en -verstrooiing*: Plasmonische nanostructuren kunnen licht e
absorberen en verstrooien dan conventionele materialen, wat hun toepassingen in sen
fotovoltaïsche cellen kan verbeteren.

- *Oppervlakte-versterkte Raman-verstrooiing* (SERS): Door het plasmonische effect kun
in de nabijheid van de plasmonische nanostructuur zeer sterk worden versterkt in hun
verstrooiingssignalen, wat nuttig is voor analytische toepassingen zoals detectie en ide
moleculen.

- *Lokale verhitting*: Plasmonische nanostructuren kunnen lichtenergie efficiënt omzetten
hun oppervlak, wat wordt gebruikt voor fotothermische therapieën, zoals kankerbehand

- *Lokale versterking van elektrische velden*: Plasmonische nanostructuren kunnen elektr
versterken in hun directe omgeving, waardoor ze bijvoorbeeld kunnen worden gebruikt
te verwerken op de nanoschaal in plasmonische schakelingen.

Innovatie in oppervlaktetechnologie

Ook bij Sirris worden vergelijkbare technologieën en hun haalbaarheid, potentieel en mogelijk toepassingsbereik onderzocht en ontwikkeld. Onze experts gaan dagelijks op zoek naar coatings of oppervlaktebehandelingstechnologieën die passen binnen een circulaire economie of die een lagere impact hebben op het milieu en de gezondheid in vergelijking met bestaande systemen.

Voorbeelden hiervan zijn biogebaseerde coatings en texturen, zoals beschreven in dit artikel.

Meer info over deze en andere functionele oppervlaktetechnieken vindt u in deze brochure.

Bronnen:

- www.ucf.edu
- https://ucf.flintbox.com/
- www.science.org
- www.extremetech.com
- US Patent Application Publication (pdf)
- www.pnas.org

Auteurs

Patrick Cosemans

Olivier Malek