



Peinture à nanoparticules hyper légère inspirée des ailes de papillons

10 août 2023, 14:48

Patrick Cosemans
Olivier Malek

Un système de peinture « plasmonique » innovant utilise des nanoparticules pour créer des couleurs structurales sans besoin d'ajouter des pigments. Le système utilise moins de produit et conserve les couleurs plus longtemps. Il est plus écologique, plus léger et moins cher que les peintures classiques.

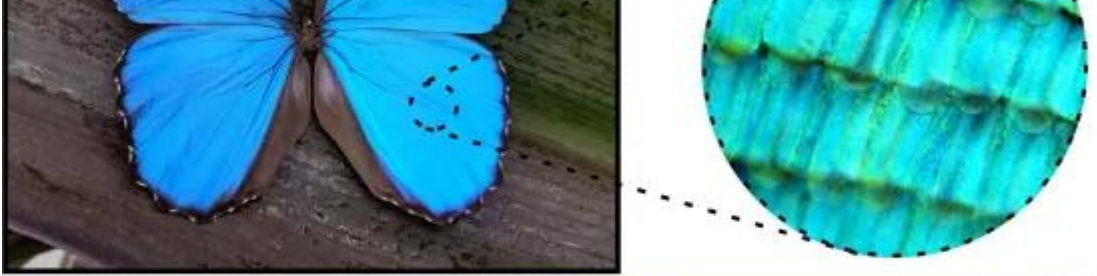
Les peintures d'aujourd'hui doivent leurs couleurs spécifiques à la présence de molécules de pigments. Elles absorbent certaines longueurs d'onde de lumière et en réfléchissent d'autres. Des chercheurs de l'Université Central Florida ont développé un tout nouveau type de peinture inspirée des ailes de papillon. Ces peintures dites plasmoniques utilisent des nanoparticules pour créer différentes couleurs sans ajouter le moindre pigment.

Le principal inconvénient des peintures classiques est que chaque nouvelle couleur requiert un nouveau pigment. De plus, certains pigments sont rares ou toxiques, comme par ex. le très populaire bleu de cobalt, un mélange d'oxydes de cobalt et d'aluminium qui peut être nocif en cas d'absorption ou d'inhalation.

Nano-système plasmonique

Dans leur recherche d'une alternative non toxique, les chercheurs se sont inspirés des ailes de papillon, qui ont la propriété de présenter une coloration structurelle. Cela signifie que l'agencement géométrique de particules incolores génère différentes couleurs par réflexion, diffraction et absorption de la lumière. La nouvelle peinture utilise le même principe avec des nanoparticules d'aluminium et d'oxyde d'aluminium pour créer un nano-système plasmonique qui permet de manipuler la lumière de façon inédite.

Les chercheurs ont créé le matériau de base en tapissant un miroir avec des nanoparticules. La distance entre les particules détermine la façon dont elles interagissent avec la lumière, et donc la couleur perçue par l'œil humain. Pour traduire ces surfaces en peinture, l'ensemble de la structure a été étalée sur une couche sacrificielle, puis enlevée et pulvérisée. On obtient ainsi un pigment fortement réfléchissant à base de particules plasmoniques, qui sont ensuite mélangées avec un liant du commerce.



Self-assembled
Al particles

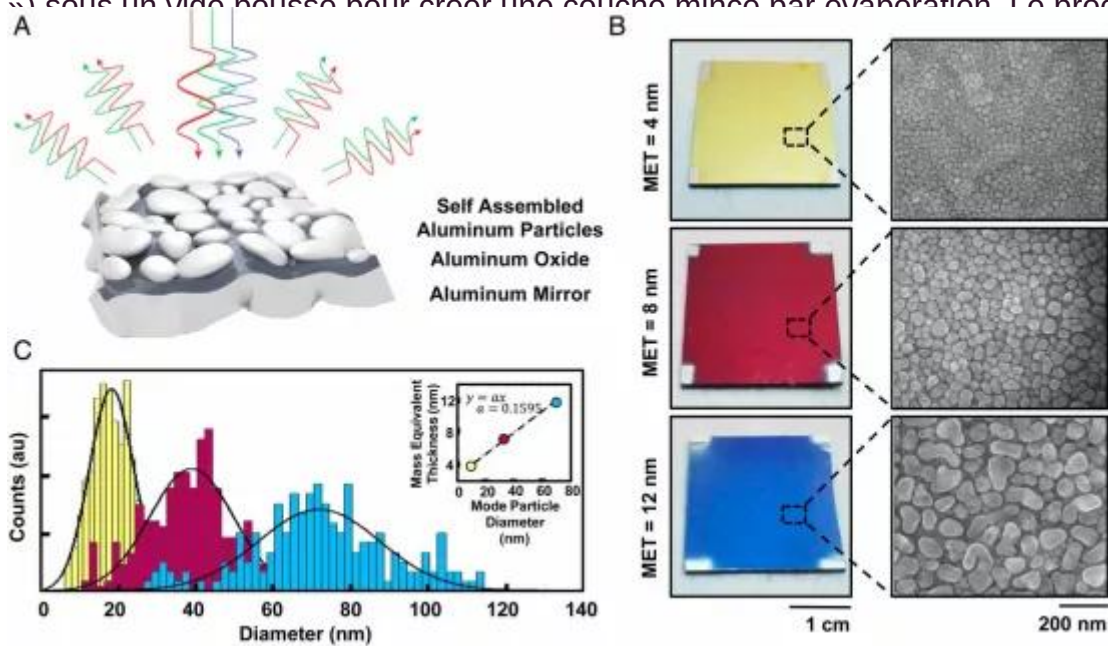
Al_2O_3 spacer

Al mirror

Structural absorption

En haut : exemple de mécanisme de coloration structurelle sur les ailes du papillon péruvien *Morpho Didius*. Des nanostructures lamellaires tapissant les ailes dispersent les composantes bleues de la lumière incidente, ce qui produit cette belle couleur bleue métallique. En bas : Une cavité plasmonique à l'échelle de sous-longueur d'onde (sur la surface d'un papillon en métal) formée par autoassemblage de nano-îlots métalliques au-dessus d'un miroir recouvert d'un film d'oxydes génère une couleur en absorbant sélectivement certaines longueurs d'onde et en réfléchissant fortement certaines autres (source : University of Central Florida).

La technologie produit des résultats reproductibles : les particules d'aluminium sont formées par un mécanisme sensible à la température et la pression, qui utilise un faisceau d'électrons (« e-beam ») sous un vide poussé pour créer une couche mince par évaporation. Le processus de formation assume les propriétés



(A) Particules d'aluminium auto-assemblées sur une couche intermédiaire d'oxyde d'aluminium posée sur un miroir d'aluminium. Longueur d'onde de cupules de résonance plasmonique et tailles des particules.

(B) Images par microscopie électronique à balayage (MEB) de 3 échantillons de couleurs jaune, magenta en cyan.

(C) Histogramme des dimensions des particules dérivé des images MEB : les diamètres des particules sont calculés en supposant une sphère de surface équivalente.

(source : University of Central Florida)

Avantages

La couleur des peintures classiques s'estompe avec le temps car les molécules de pigment perdent la propriété d'absorption des photons. Les peintures à nanoparticules n'ont pas ce problème car elles ne changent pas avec le temps, mais continuent de diffracter la lumière de la même façon, quel que soit l'angle d'incidence. Lorsqu'une surface est recouverte d'une peinture structurée, la couleur reste intacte et éclatante, en principe pour toujours. Les surfaces colorées sont également élastiques et flexibles.

Les couleurs structurées sont plus écologiques que les couleurs classiques à base de pigments car elles utilisent uniquement des métaux et des oxydes, et pas de molécules artificielles. De plus, la très grande légèreté de la peinture – liée à un rapport surface/épaisseur très élevé – réduit les quantités nécessaires pour une tâche donnée : une coloration complète s'obtient avec une couche de seulement 150 nm d'épaisseur. On estime par ex. que pour peindre un Boeing 747 il faudrait moins de 1,5 kg de peinture plasmonique, alors que cela nécessite normalement plus de 450 kg de peinture ordinaire.

Autre différence notable : étant donné que la peinture plasmonique réfléchit tout le spectre infrarouge, elle absorbe moins de chaleur et le matériau sous-jacent est environ 15°C plus froid qu'avec une peinture commerciale. Cette propriété permettrait de faire des économies d'énergie pour la climatisation, notamment dans les secteurs du bâtiment et du transport.

L'avenir

Le développement des nanostructures plasmoniques ouvre la porte à toutes sortes d'applications et de marchés potentiels. L'équipe de chercheurs prévoit de continuer d'étudier les possibilités d'économies d'énergie avec la peinture et veut démontrer la viabilité commerciale du produit. Pour l'instant, la peinture plasmonique est produite uniquement en petits lots au laboratoire, alors qu'une peinture commerciale doit être produite dans des quantités bien supérieures.

Nano-systèmes plasmoniques

Un nano-système plasmonique est un système à l'échelle nanométrique qui utilise des effets pour manipuler la lumière de manière inédite. Les plasmons sont des oscillations collectives de surface des nanostructures métalliques exposées à un rayonnement électromagnétique, comme la lumière.

Lorsqu'un nano-système plasmonique est exposé à la lumière, les plasmons sont activés et interagissent avec la lumière incidente. Cette résonance renforce le champ électromagnétique localement autour de la nanostructure, un phénomène remarquable potentiellement utilisable dans toutes sortes d'applications, telles que :

- *Diffraction et absorption accrues de la lumière*: les nanostructures plasmoniques absorbent et diffractent la lumière plus efficacement que les matériaux conventionnels, ce qui permet d'améliorer l'efficacité des capteurs et cellules photovoltaïques.
- *Diffusion Raman exaltée de surface (DRES, ou SERS en anglais)*: par l'effet plasmonique, la diffusion Raman des molécules à proximité de la nanostructure plasmonique peut être fortement exaltée, ce qui peut être utile dans des applications analytiques comme la détection et l'identification des molécules.
- *Réchauffement local*: les nanostructures plasmoniques peuvent transformer efficacement la lumière en chaleur, un phénomène utilisable dans les thérapies photothermiques, notamment pour traiter le cancer.
- *Renforcement local des champs électriques*: les nanostructures plasmoniques peuvent renforcer les champs électriques dans leur environnement immédiat, un phénomène qui peut s'utiliser pour traiter des données à l'échelle nanométrique dans les circuits plasmoniques.

Innover dans la technologie des surfaces

Sirris s'intéresse aussi au développement de ce type de technologies et étudie leur faisabilité, leur potentiel et leur éventuel champ d'application. Nos experts travaillent quotidiennement au

développement de revêtements et traitements de surface qui obéissent au principe de l'économie circulaire ou permettent de réduire l'impact sur l'environnement et la santé. Les revêtements et textures biosourcés en sont un exemple, comme le montre [cet article](#).

Pour plus d'informations sur ces techniques de surfaces fonctionnelles ainsi que d'autres, consultez [cette 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