باحثون يُعززون التأثيرات اللاخطية للسطوح الفائقة البصرية

السطوح البصرية الفائقة (**Optical Metasurfaces**) عبارة عن بُنى مكونة من طبقة رقيقة جداً وبأنماط أطوال موجية فرعية (**Subwavelength-Patterned Structures**) وتتفاعل مع الضوء بقوة.

وجرّاء تقديمها للعديد من الوظائف المفيدة، تُعتبر هذه السطوح توسعاً منطقياً لمجال المواد ما فوق الطبيعية (**Metamaterials**) نحو الاستخدام في التطبيقات العملية. ويُمكن تعزيز تأثيراتها اللاخطية (**Nonlinear Effects**) بالاعتماد على مساعدة هندسة السطوح الفائقة.

يُستخدم تعبير المواد ما فوق الطبيعية للإشارة إلى مواد صناعية تمتلك خواص لا يُمكن رصدها في المواد العادية. وفي العادة، لا تَنتج

مواصفاتها المميزة عن خواصها الكيميائية، وإنما عن طريقة ترتيب لبنات البناء الأساسية داخلها. وفي معظم الحالات، تُرتب هذه المواد على شكل أنماط متكررة وموجودة عند أحجام أصغر من الطول الموجي للظواهر التي تتسبب بها. وعبر التعديل الدقيق لشكلها، وهندستها، وحجمها، وتوجهها، وترتيبها، يُمكننا الوصول إلى مواد بخواص مصممة بشكلٍ ممتاز.

تُعرف البُنى المستوية ثنائية الأبعاد والرقيقة جداً والمكونة من عناصر المواد ما فوق الطبيعية الرنينية (**Resonant Metamaterial Elements**) بالسطوح الفائقة.

يقول يوري كيفشار **Yuri S. Kivshar** في مقالٍ علمي نُشر مؤخراً: "فتحت السطوح الفائقة في الوقت الحالي الطريق أمام خيالنا للتعرف على جيل جديد من العناصر البصرية المسطحة التي تتمتع بوظائف فريدة وعدد كبير من التطبيقات العملية المحتملة". ويتابع قائلاً:"أصبحت السطوح الفائقة نموذجاً جديداً في فيزياء المواد ما فوق الطبيعية، فهي تُبدي العديد من الجوانب التي تساعد على إدراك مفهوم المواد ما فوق الطبيعية".

وبعد أن صارت توسعاً منطقياً لمجال دراسة المواد ما فوق الطبيعية واتجاهها نحو التطبيقات العملية، أصبحت السطوح الفائقة موضع اهتمام العديد من مجالات الأبحاث التي تنمو بشكلٍ سريع.

وفي مقالهم، عرض كيفشار والمؤلفون المشاركون، من الجامعة الوطنية الأسترالية وجامعة اكتون ولومونوسوف في ولاية موسكو في روسيا الاتحادية، المفاهيم الأساسية والجوانب التاريخية المهمة، وقدّموا مراجعةً لأهم الخواص المتعلقة بالسطوح الفائقة الضوئية، وبرهنوا على استخداماتها المفيدة في مجالات مثل انتقاء التردد، وتشكيل جبهة الموجة والتحكم بالاستقطاب.

يُناقش الفريق أيضاً الطرق اللازمة لإنجاز قدرة ضبط (**Tunability**) السطوح الفائقة والبرهان أيضاً على أن التأثيرات اللاخطية يُمكن تعزيزها بمساعدة هندسة السطوح الفائقة.

تترافق إحدى عمليات التطوير، التي قد تقود إلى تعزيز قوي لأداء السطوح الفائقة، مع استخدام هياكل المواد ما فوق الطبيعية البصرية الرنينية والعازلة (**Optically Resonant Dielectric Metamaterial Structures**) مثل صفائف أحادية الطبقة مكونة من أقراص سيليكونية عازلة. وتُوظف هذه السطوح الفائقة العازلة والرنينية كلاً من حالات رنين "مي" (**Mie Resonances**) المغناطيسية والكهربائية لجسيمات نانوية عازلة مرتفعة الدليل (**High-Index Dielectric Nanoparticles**).

يُمكن إيجاد أكثر الأمثلة وضوحاً على التفاعل بين حالات رنين مي المغناطيسية والكهربائية في سطوح هويغنز الفائقة العازلة وعالية الفعالية (**Huygens Metasurfaces**) التي يُمكن توظيفها في التلاعب بجبهة الموجة دون التسبب في فقد طاقي أو في ضغط النبضة الليزرية.

وحالياً أيضاً، يستخدم اتجاه آخر مهم في مجال أبحاث السطوح الفائقة كلاً من الغرافين (**Graphene**) والبُنى ذات الأساس الغرافيني لتُكّون مواد بسطوح فائقة. على سبيل المثال، تمّ البرهان على قدرة طبقة نانوية التركيب من الغرافين، موجودة في صفيفة من الأقراص النانوية القريبة جداً من بعضها، على تعزيز امتصاص الضوء بشكلٍ كبير في المنطقة تحت الحمراء من الطيف ويُمكن ضبط هذا الامتصاص المعزز بفعالية كبيرة بالاعتماد على فرق الجهد.

يتوقع المؤلفون أن تقنيات المستقبل ستحتاج إلى زيادة معتبرة في مجال الدمج الضوئي وفعالية الطاقة، وهذه الزيادة تتجاوز تلك الموجودة في الأجهزة الضوئية السيليكونية الحديثة والمركبات البصرية الحالية. وكتبوا في مقالهم:"يُمكن الوصول إلى مثل هذا التطور

فقط عبر جعل الوظائف الضوئية موجودة عند مستوى الأساسي للمادة، مما يؤدي إلى خلق نموذج جديد للأجهزة الفائقة (**Metadevices**)".

باستطاعة السطوح الفائقة الضوئية القابلة للضبط إضافة العديد من الوظائف المثيرة الجديدة، مثل بُعد بؤري (**Focal Length**) متغير.

وقد يزيد هندسة وتعزيز التأثيرات اللاخطية باستخدام السطوح الفائقة من فعالية مزج الترددات المستخدمة في عمليات التحويل التنازلي (**Down-Conversion**) والتحويل التصاعدي (**Up-Conversion**)، بالإضافة إلى أنها قد تقود إلى طرق جديدة للتحكم بالأطوال الموجية الفرعية والبصرية للأمواج الضوئية.

- التاريخ: 2015-06-08
- التصنيف: فيزياء

#الغرافين #السطوح البصرية #رنين مي

المصطلحات

- **بُنى أو هياكل بأنماط أطوال موجية فرعية (subwavelength-patterned structures)**: هي عبارة عن مواد أو هياكل تتمتع بأقطار (أو أبعاد) أطوالها أصغر من طول الموجة المنتشرة في البنية.
- **المواد الخارقة (Metamaterials)**: أو المواد ما فوق الطبيعية، وهي مواد صناعية ومُهندسة بطريقة تجعلها تمتلك خواصاً غير موجودة في الطبيعة.
- **السطوح الفائقة (metasurfaces)**: هي سطوح اصطناعية ثنائية الأبعاد وقادرة على الإشعاع جرّاء طبيعتها المُرشحة للأمواج.
- **الغرافين (graphene)**: مادّة كربونية ثنائية الأبعاد وذات بنية بلورية سداسية، وتُعدّ أرفع مادّة معروفة على الإطلاق بحيث يُعادل سمكها ذرة كربون واحدة.

المصادر

- phys.org
- الصورة

المساهمون

- ترجمة
  - همام بيطار
- تصميم
  - عمار الكنعان
- نشر

- ريم المير أبو عجيب