



PRESS RELEASE

令和 8 年 7 月 16 日

岡山大学

北海道大学

光を「集める」「ためる」二つの働きを一つのナノ構造で実現 ～高感度センサーや光情報処理デバイスへの応用に期待～

◆発表のポイント

- ・一つの 2 次元結晶 (MoOCl_2) のナノ構造⁽¹⁾ で、光を「集める」⁽²⁾ 「ためる」⁽³⁾ 二つの働きを実現。
- ・二つの働きは混ざらず、光の偏光⁽⁴⁾ 方向だけで独立に切り替えに成功。
- ・高感度光センサー、光スイッチ、光情報処理デバイスへの応用が期待。

岡山大学学術研究院先鋭研究領域（異分野基礎科学研究所）の三澤弘明教授（特任）、北海道大学電子科学研究所の Yaolong Li 博士研究員、松尾保孝教授、総合イノベーション創発機構の石旭准教授、および中国北京大学の Qihuang Gong 教授らの国際共同研究グループは、ジクロロオキシモリブデン（IV）（ MoOCl_2 ）という特殊な二次元材料⁽⁵⁾ を用い、一つのナノ構造の中で、光を強く「集める」働きと、特定の色の光を効率よく「ためる」働きを同時に実現しました。 MoOCl_2 は結晶の向きによって、ある方向では金属のように、別の方向ではガラスや半導体のように振舞います。本研究では、この性質を利用して MoOCl_2 を円盤状のナノ構造に加工し、さらに金薄膜を反射膜として組み合わせることで、光を「ためる」働きを効果的に高めました。その結果、光の偏光方向を変えるだけで二つの働きを独立に切り替えられることを実証しました。さらに、二つの働きを同じ波長領域に重ねても混ざり合わず、選択的に制御できることを示しました。本成果は、高感度光センサー、超小型光スイッチ、光情報処理デバイスなどへの応用が期待されます。

なお、本研究成果は、2026 年 6 月 20 日公開の ACS Nano 誌に掲載されました。

◆研究者からのひとこと

一つの小さなナノ構造の中に、光を「集める」機能と「ためる」機能を共存させ、それらを切り替えられることを示しました。この成果が、高感度な光センサーや光情報処理デバイスの新しい設計につながることを期待しています。



三澤教授（特任）

PRESS RELEASE

■発表内容

<現状>

光をナノメートルサイズの小さな空間に閉じ込め、増強し、制御する技術は、ナノフォトニクスと呼ばれます。この技術は、高感度光センサー、光通信、光情報処理、化学分析、医療診断など、さまざまな分野への応用が期待されています。

これまで、光を強く「集める」技術は、主に金や銀などの金属ナノ構造を用いて実現されてきました。金属中の電子が光によって集団的に振動することで、ナノ構造の近くに強い光の場を作ることができます。一方、ガラスや半導体のような電気を流しにくい材料でできたナノ構造では、特定の色の光を比較的損失少なく閉じ込める、いわば光を「ためる」働きが利用されてきました。

しかし、光を強く「集める」機能と、特定の色の光を効率よく「ためる」機能は性質が大きく異なります。そのため、これら二つの機能を一つのナノ構造の中で共存させ、しかも混ざり合うことなく独立に切り替えることは困難でした。従来は、金属材料と非金属材料を組み合わせた複雑な構造が必要でしたが、その場合、二つの機能が混ざり合い、個別に制御しにくいという課題がありました。

<研究成果の内容>

本研究グループは、ジクロロオキシモリブデン(IV) (MoOCl_2)⁽⁶⁾という二次元材料に着目しました。 MoOCl_2 は、結晶の向きによって、ある方向では金属のように、別の方向ではガラスや半導体のように振る舞う特殊な性質を持っています。つまり、一つの材料の中に、光を「集める」性質と、光を「ためる」性質を生み出す可能性があります。

研究グループは、 MoOCl_2 を円盤状のナノ構造に加工し、金薄膜の上に配置しました。金薄膜は反射膜として働き、 MoOCl_2 ナノ構造の中で特定の色の光を効率よく「ためる」機能を高めます。この設計により、一つの MoOCl_2 ナノ構造の中で、金属のように光を強く「集める」共鳴と、特定の色の光を効率よく「ためる」共鳴を同時に実現しました(図1)。

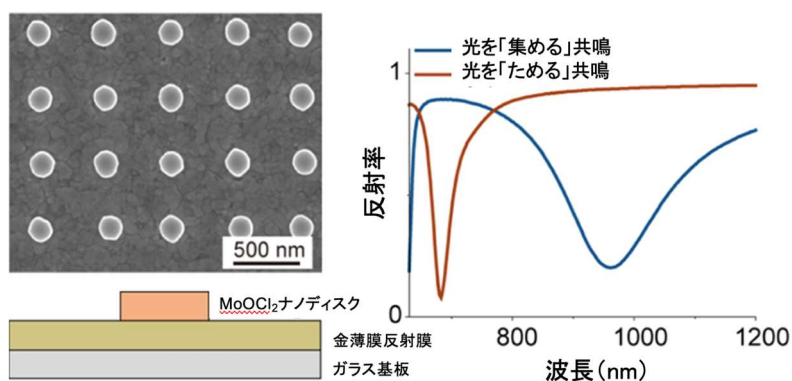


図1 一つの MoOCl_2 ナノ構造で実現した二つの光の働き

本研究で作製した MoOCl_2 ナノディスク構造の電子顕微鏡像(左上)、断面模式図(左下)、および光の反射スペクトルを示しています(右)。 MoOCl_2 ナノディスクは金薄膜反射膜の上に配置されています。光の偏光方向を変えると、金属のように光を強く「集める」共鳴と、特定の色の光を効率よく「ためる」共鳴がそれぞれ現れます。これにより、一つのナノ構造の中で二つの異なる光の働きを切り替えられることが分かりました。

PRESS RELEASE

さらに、この二つの共鳴は混ざり合わず、光の振動方向、すなわち偏光方向を変えるだけで、独立に切り替えられることが分かりました。また、ナノ構造の大きさや形を調整することで、二つの共鳴を同じ波長領域に重ねることに成功しました。この場合でも、それぞれの機能は混ざり合わず、偏光によって選択的に制御できました。

また、光電子顕微鏡⁽⁷⁾を用いた測定により、二つの共鳴では光が強く集まる場所が異なることも明らかになりました。光を強く「集める」共鳴ではナノ構造の上部に光が集中し、光を「ためる」共鳴では MoOCl₂ と金薄膜の界面付近に光が集中します。このことは、一つのナノ構造の中で、光の集まり方だけでなく、光が働く場所も切り替えられることを意味します(図 2)。

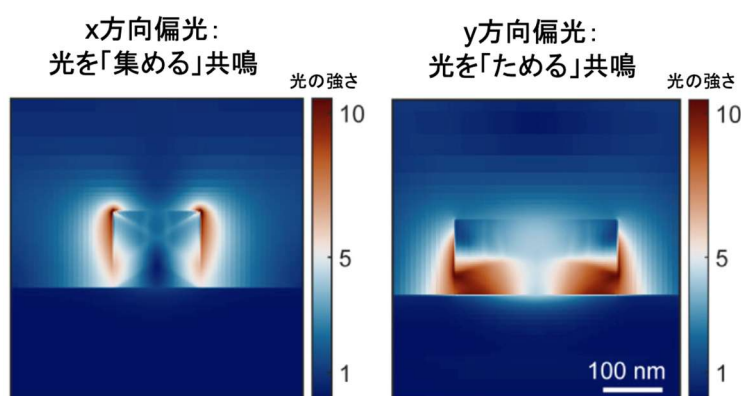


図 2 偏光によって変わる光の集まる場所

光を強く「集める」共鳴では、MoOCl₂ ナノディスクの上部に光が集中します。一方、光を「ためる」共鳴では、MoOCl₂ と金薄膜反射膜の界面付近に光が集中します。この結果は、偏光方向を変えることで、光の働きだけでなく、ナノ構造内のどこで光を強めるかも制御できることを示しています。

<社会的な意義>

本研究は、一つのナノ構造の中に異なる二つの光機能を持たせ、それらを光の偏光方向だけで切り替える新しい設計原理を示したものです。従来のように金属材料と非金属材料を複雑に組み合わせるのではなく、MoOCl₂という材料自体が持つ強い方向依存性と、金薄膜による反射膜効果を組み合わせることで、二つの光機能を単一ナノ構造内で実現した点に特徴があります。

この成果は、光の偏光だけで機能を切り替える超小型光スイッチ、高感度な光センサー、光情報処理デバイス、非線形光学素子、平面上で光を自在に制御する多機能メタサーフェス⁽⁸⁾などの開発につながる可能性があります。また、二次元材料を用いたナノフォトニクス of 新しい展開を切り開く成果です。

■論文情報

論文名: Coexistence of Metal and Dielectric Resonance Modes in a Single Nanostructure of a Hyperbolic Material

掲載誌: ACS Nano

著者: Y Yaolong Li, Xu Shi, Yuxin Zhang, Yen-En Liu, Lin Qiao, Hong Yang, Shufeng Wang, Guowei



PRESS RELEASE

Lyu, Yasutaka Matsuo, Xiaoyong Hu, Qihuang Gong, Hiroaki Misawa

D O I : 10.1021/acsnano.6c06696

U R L : <https://doi.org/10.1021/acsnano.6c06696>

■研究資金

本研究は、以下の助成を受けて推進されました。

科学研究費補助金: Grant Nos. JP23H05464, JP23K04902;

JSPS Program for Forming Japan's Peak Research Universities (J-PEAKS) Grant No. JPJS00420230010;

Advanced Research Infrastructure for Materials and Nanotechnology in Japan (ARIM) of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) (Grant Nos. JPMXP1224HK0165, JPMXP1225HK0063).

■補足・用語説明

(1) ナノ構造

ナノメートルは1メートルの10億分の1の長さです。ナノ構造とは、そのような非常に小さなサイズで作られた構造のことです。

(2) プラズモン共鳴

金属中の電子が光によって集団的に振動する現象です。ナノ構造の近くに強い光の場を作ることができます。本リリースでは、これを光を「集める」機能と表現しています。

(3) 誘電体

ガラスやセラミックスのように、電気を流しにくい材料のことです。金属とは異なり、特定の色の光を比較的損失少なく閉じ込められる場合があります。本リリースでは、これを光を「ためる」機能と表現しています。

(4) 偏光

光の波の振動方向のことです。本研究では、偏光方向を変えることで、二つの異なる光の働きを切り替えています。

(5) 二次元材料

非常に薄い層状の材料です。紙よりもはるかに薄いナノメートル厚の材料として利用でき、次世代の電子・光デバイス材料として注目されています。

(6) ジクロロオキソモリブデン (IV) (MoOCl_2)

モリブデン、酸素、塩素からなる二次元材料です。結晶の向きによって、金属のように振る舞う方向と、ガラスや半導体のように振る舞う方向を持つことが特徴です。



PRESS RELEASE

(7) 光電子顕微鏡

光を当てたときに物質表面から飛び出す電子を観察する顕微鏡です。ナノ構造のどこに光が強く集まっているかを調べることができます。

(8) メタサーフェス

ナノ構造を平面上に並べることで、光の進み方、反射、透過、偏光などを人工的に制御する薄い光学素子です。

【お問い合わせ】

<研究に関すること>

岡山大学 学術研究院先鋭研究領域(異分野基礎)

教授(特任) 三澤弘明

(電話番号) 086-251-7874

(メール) misawa-h@okayama-u.ac.jp

<報道に関すること>

岡山大学 総務部 広報課

(電話番号) 086-251-7292

(メール) www-adm@adm.okayama-u.ac.jp

北海道大学 社会共創部 広報課

(電話番号) 011-706-2610

(メール) jp-press@general.hokudai.ac.jp



岡山大学
OKAYAMA UNIVERSITY



岡山大学は持続可能な開発目標(SDGs)を支援しています。