

【ナノテクノロジー・材料分野】

仮訳

「スマートな」材料の自立薄膜を作る新製造プロセスを発見(米国)
より高速で効率的な電子機器や部品の製造での利用が期待できる

2023年1月3日

ミネアポリス/セントポール—ミネソタ大学ツインシティー校を中心とする科学者および技術者チームが、光、磁場、電場などの刺激に応じて変化するユニークな特性を持つ、「スマートな」材料であるペロブスカイト酸化物半導体の薄膜を作る新しい方法を開発した。



「スマートな」材料のナノ薄膜作製の新しい方法を開発したチームを率いるリーダーの一人であるミネソタ大学ツインシティー校の Bharat Jalan 教授。センサーや柔軟な電子機器等のデバイスに新薄膜のユニークな特性を利用できるようになる。写真撮影:Olivia Hultgren 氏

これらの特性を利用し、さらには他の新しいナノスケールの材料と組み合わせることで、センサー、スマートテキスタイル、フレキシブルエレクトロニクスなどのより優れたデバイスを作ることができるようになる。

本研究の論文は、米国科学振興協会 (AAAS) が発行する査読付き科学雑誌 *Science Advances* に掲載されている。

薄膜状の材料を製造することで、電子デバイスのより小さなコンポーネントへの統合が容易になる。薄膜の多くはエピタキシーと呼ばれる技術を使用して作られている。エピタキシーとは、材料の原子を基板またはある種のテンプレート上に配置して、1原子層毎に薄い材料シートを作成する技術である。しかし、エピタキシーによって作製されるほとんどの薄膜はその宿主基板上に「固着」されるため、用途が制限される。基板から切り離されて自立した薄膜となれば、はるかに機能的になる。

ミネソタ大学のチームは、特定の金属酸化物——チタン酸ストロンチウム(SrTiO_3)——の膜を作製する新しい方法を発見した。この方法は、これまでの自立金属酸化物薄膜の合成におけるいくつかの問題を回避する。

「あらゆる酸化物材料で自立薄膜を作製・剥離し、任意の対象に転写するプロセスを開発しました」と、本研究論文の主著者でミネソタ大学化学工学・材料科学部の **Bharat Jalan** 教授および **Shell Chairs** 氏は説明する。「これらの材料を他のナノスケールの材料と組み合わせることで、これらの材料の機能性の恩恵を受けることができ、高機能で高効率なデバイスを幅広く実現できるようになります」。

グラフェンのような 2 次元物質とは異なり、酸化物材料は 3 次元に原子が結合しているため、「スマートな」自立薄膜の作製が困難である。酸化物材料の薄膜作製の一手法は、基板と薄膜材料の間の中間体としてグラフェン層を使用する、リモートエピタキシーと呼ばれる技術である。

このアプローチでは、薄膜酸化物材料で薄膜を形成し、一片のテープのように基板から剥がして自立薄膜を得ることができる。しかし、金属酸化物にこの方法を使用する際の最大の障壁は、材料内の酸素との接触でグラフェンが酸化し、薄膜が損なわれることである。

ミネソタ大学の **Jalan** 教授の研究室が開発したハイブリッド分子線エピタキシー技術では、予め酸素と結合しているチタンを使用することによりこの問題を回避する。さらに、ストイキオメトリ制御が可能となり、組成を自動的に制御できるようになる。

「いくつかの実験を行うことで、グラフェンの酸化を確実に回避して複合酸化物を作ることのできる新手法を今回初めて確定的に実証しました。これは合成科学における主要なマイルストーンです」と **Jalan** 教授は説明する。「私たちは、複合酸化物の薄膜をストイキオメトリ制御で作る技術を獲得したのです。これに成功した例は他にはありません」。

Jalan 教授のチームの材料科学者らは、ミネソタ大学電気・コンピュータ工学科の **Steven Koester** 教授の研究室の工学研究者たちと密接に協力し、2 D 材料の製造に注力した。

「複合酸化物は、非常に重要な機能を多く内包する多種類の材料です」と、本研究の上級著者であり、ミネソタ大学ツインシティー校のミネソタナノセンターの所長であ

る Koester 教授は説明する。「今後は、これらを使用した電子デバイスの超小型トランジスタの作製をはじめ、フレキシブルセンサー、スマートテキスタイル、不揮発性メモリなど、さまざまなアプリケーションへの適用が考えられます」。

本研究には、米国エネルギー省(DOE)、空軍科学研究所(AFOSR)および米国科学財団(NSF)が資金を提供した。

Jalan 教授と Koester 教授に加え、本研究チームに含まれる研究者らは：ミネソタ大学化学工学・材料科学部の Hyojin Yoon 氏、Tristan Truttmann 氏、Fengdeng Liu 氏、SooHo Choo 氏、ミネソタ大学電気・コンピュータ工学部の Qun Su 氏、パシフィックノースウェスト研究所(PNNL) の Bethany Matthews 氏、Mark Bowden 氏、Steven Spurgeon 氏、Scott Chambers 氏;およびウィスコンシン大学マディソン校の Vivek Saraswat 氏、Sebastian Manzo 氏、Michael Arnold 氏、Jason Kawasaki 氏。

[Science Advances website 掲載のフルテキスト論文](#)：“Free-Standing Epitaxial SrTiO₃ Nanomembranes via Remote Epitaxy using Hybrid Molecular Beam Epitaxy”

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、ミネソタ大学ツインシティー校理工学部の記事 “Researchers discover new process to create freestanding membranes of 'smart' materials” (<https://cse.umn.edu/college/news/researchers-discover-new-process-create-freestanding-membranes-smart-materials>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of the University of Minnesota)