

ミクロンサイズの真球状単結晶の 作製に成功

大阪大学大学院基礎工学研究科の芦田昌明教授らの研究グループ（大学院生であった岡本慎也博士、稲葉和弘博士）、およびナノサイエンスデザイン教育研究センターの市川聡准教授、大阪府立大学の石原 一教授、飯田琢也准教授は、レーザーを用いて図のような直径数ミクロンの真球形状をした半導体の単結晶を作製することに初めて成功した。

可視光の波長であるサブミクロンより大きなサイズの真球は、光を閉じ込める共振器として高い性能をもつことが知られており、ガラスや高分子の真球を共振器として、その中に発光体を導入してレーザー発振させる研究が盛んに行われている。一方、半導体は自身が発光体を兼ねるため、その真球は効率の高いレーザーとなることが期待される。その実現には半導体の光学特性を高める、すなわち結晶性を向上させることが必要であるが、単結晶は原子配列を反映した立方体や六角柱などの形状に成長するため、ミクロンに至る大きなサイズの真球状半導体単結晶作製は困難であった。

今回、高強度レーザーを物質に照射して微粒

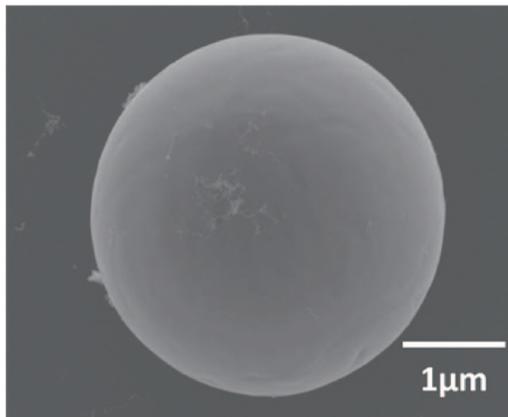


図 作製した ZnO 真球状単結晶の走査型電子顕微鏡像

子等を作製するレーザーアブレーションを極低温の超流動ヘリウム中で行うことで、半導体真球の単結晶化に成功した。レーザー照射で物質が融解すると、融液は表面張力によって真球形状をとる。その周囲を気化した（温度が高い）ヘリウムガスが取り囲み、融液を徐冷すると同時にヘリウム液体からの等方的な圧力を媒介し、真球形状を保ったまま単結晶が成長するものと考えられる。

この手法で図の ZnO の他、CdSe など、異方的な結晶構造をもつ物質の真球状単結晶を作製でき、さらにそれらの高効率なレーザー発振を観測した。他の多くの物質にも適用できるものと考えられる。ミクロンサイズの真球状単結晶

は、レーザーとしての高い性能の他、光の波長変換、光スイッチなどの非線形光学素子としても、従来のものの特性を大幅に上回る可能性がある。一方、電子顕微鏡観察から、真球の表面は原子スケールで滑らかなことも判明した。このため、周囲との摩擦が小さく、潤滑剤としての利用や薬を体内に運搬するドラッグデリバリーなど、光科学以外のさまざまな分野への応用も期待される。

（大阪大学 教授 芦田昌明 連絡先：〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町1-3, E-mail: ashida@mp.es.osaka-u.ac.jp)

URL: <http://laser.mp.es.osaka-u.ac.jp/>

[2014年9月1日]

金属触媒でゲルマニウム薄膜を結晶化

筑波大学の都甲 薫助教、末益 崇教授らの研究グループは、プラスチック基板上にゲルマニウム薄膜を形成する技術を開発した(図)。ウェハなどのバルクと比べ、ゲルマニウムの使用量を100分の1に低減できる。

ゲルマニウムはシリコンよりも高いキャリア移動度や光吸収性能を有しており、次世代の電子・光学デバイスの材料として注目を集めている。特に、ゲルマニウムを基板(長波長吸収層)とした多接合型太陽電池は高い光電変換効率(40%)を実現してきた。しかしながら、ゲルマニウムはシリコンに比べると希少であり、高価であることから、ゲルマニウムベースの多接合型太陽電池の応用は制限されている。そこで、ガラスやプラスチックなどの安価な基板の上に、ゲルマニウムを薄膜で形成し、材料コストを低減する研究が行われている。

今回、同研究グループは、アルミニウムを触媒として利用し、プラスチック(ポリイミド)



図 プラスチック上に形成したゲルマニウム薄膜

上でゲルマニウム結晶薄膜を合成した。非晶質ゲルマニウムの固相成長には通常500℃程度の温度が必要だが、ゲルマニウム原子のアルミニウム中への固溶→拡散→析出というプロセスを経ることにより、結晶化温度を最低180℃まで低減することができる。得られるゲルマニウム薄膜(50nm厚)は多結晶だが、基板鉛直方向に結晶方位が揃っていることに加え、直径100μmを超える大きな結晶粒で構成されている。本ゲ

ルマニウム薄膜をテンプレートとし、気相成長を用いて厚膜化(3μm)することで、結晶方位と粒径を引き継いだ光吸収層が形成される。膜厚に対して粒径が十分に大きいことを考慮すると、単結晶ゲルマニウム並の光吸収特性が期待される。今後、デバイスを試作し、性能評価を進めていく。

(筑波大学 数理物質系 助教 都甲 薫)

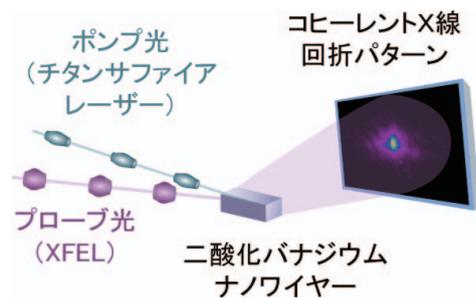
[2014年9月7日]

X線自由電子レーザーを用いて原子レベルの超高速構造変化を観察することに成功

北海道大学電子科学研究所のMarcus C. Newton助教(現 英国Southampton大学講師)、西野吉則教授、理研放射光科学総合研究センターの田中義人ユニットリーダー(現 兵庫県立大学教授)らは、X線自由電子レーザー(XFEL)施設「SACLA」を用いて、二酸化バナジウムナノワイヤー中の超高速構造変化を原子レベルで観察することに成功した(図)。

二酸化バナジウムは、電子の強い相関により、室温付近で金属絶縁体相転移と構造相転移を起こす興味深い物質である。また、二酸化バナジウムに超短パルスレーザーを当てることにより、超高速で相転移が起こる。この性質を利用して、スイッチング(電気回路のON/OFF)素子やアクチュエーター(駆動素子)への応用が期待されている。しかし、光誘起の超高速相転移は、実験的にも理論的にも解析する手法が限られており、その機構はいまだに明らかにはなっていない。

そこで研究グループは、10フェムト秒程度



という極めて短い発光時間と、ほぼ完全に空間コヒーレントなX線であるというXFELの2つの特長を利用して、二酸化バナジウムナノワイヤー中の、過渡的かつ原子レベルの超高速構造変化を観察することに成功した。観察には、ポンブプローブ法とコヒーレントX線回折を組み合わせた、先端的手法が用いられた。ポンブ光であるチタンサファイアレーザーで二酸化バナジウムナノワイヤーを刺激し、さまざまな遅延時間でのコヒーレントX線回折パターンを計測した。コヒーレントX線によるナノ結晶の回折を計測することにより、原子レベルの歪みを捉えることができる。従来のX線回折では、X線が照射された全領域にわたる平均構

造のみが得られたことは対照的に、原理的には、ナノ結晶中の原子レベルの歪みの3次元分布が得られる。

本研究により、XFELが、原子レベルの超高速構造変化を観察できる優れた能力を持つことが示された。これにより、物質中の原子・分子を超高速動画撮影する画期的な技術へ道が開かれ、強相関電子材料が示す多彩な相転移現象の解明に貢献することが期待される。

(北海道大学 教授 西野吉則 連絡先: 〒001-0021 北海道札幌市北区北21条西10丁目, E-mail: yoshinori.nishino@es.hokudai.ac.jp) URL: <http://cxo-www.es.hokudai.ac.jp/>

[2014年9月7日]