

トピックス

ナノ粒子、超薄膜内に同心円状配列

今から120年前、ドイツの化学者ラファエル・エデュアルト・リーゼガングは、ニクロム酸カリウムを含ませたゼラチンのゼリーと硝酸銀溶液を用いた実験で、同心円状のパターンが自発的に生成される現象を報告した。天然鉱物や生物にも同心円や縞のパターンがさまざまに形成されており、リーゼガング環と呼ばれる。そのリーゼガング環の内部には多数のナノ粒子が集積している。こうした自発的なパターン形成をナノ物質の配列制御に利用し、ナノテクノロジーに役立てることができると都合がよい。その際、ナノ粒子の機能を引き出すために0.1ミクロン以下の超薄膜や、さらには超薄膜が複数積層された構造の中にこうしたパターンを形成することが重要になる。しかし、これまで成功例の報告がなく、

数ミクロン程度以上の厚いゼリーシートが必須と考えられていた。

超薄膜中にナノ粒子のパターン形成を行うためには、滴下した液滴中の物質が超薄ゼリーシートの狭い空間の中を適切な速度で拡散することが必要である。そのため、作成する環境条件には注意を払うのであるが、(国)物質・材料研究機構では、温度と水蒸気量を特に重視した。具体的には、実験は低温で行い、そのため、精密な温度制御のできる冷蔵庫を使用した。その中に試料を入れる密閉容器を設け、その容器内の水蒸気量を制御する。ゼラチンのゼリーの表面は温度により性質が変化するが、低温では適度の撥水性を維持しており、滴下した液滴の中央から拡散してゆく物質の量を適切なレベルに設定できることがわかった。また、媒質の乾燥等による劣化を防ぎ、均質性を確保するためには水蒸気量が重要であることがわかった。以上の検討をもとに、実際に作成を試み、0.1ミクロン以下の超薄膜でも、リーゼガング環ができることを示すことに成功した。これにより、数ミクロン程度以上には必要という常識を覆した。

ナノテクノロジーでは、ナノ物質を作成することに加え、それをある規則で配列制御することが重要である。相対的に大きな構造を加工して小さくするリソグラフィ等のトップダウンの技術に加え、自発的な自然現象により小さな構造を作って並べるボトムアップのナノ制御技術の開発はかねてからの課題であった。今回開発された技術は、同心円状に配列させることができ、集光光学部品など光学デバイスや、電子・磁気機能によるセンサ部品などへの応用も期待される。

文献

J.Jiang and K.Sakurai, Langmuir, 32, 9126 (2016).

((国)物質・材料研究機構 先端材料解析研究拠点 高輝度光解析グループリーダー 桜井健次 連絡先: 〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1, E-mail:SAKURAI.Kenji@nims.go.jp)

URL <http://www.nims.go.jp/xray/lab/>

[2016年11月29日]

透明かつ強磁性を示す

ナノグラニューラ薄膜材料の開発に成功

(公財)電磁材料研究所の小林伸聖主席研究員、東北大学の増本博教授、同高橋三郎准教授および日本原子力研究開発機構の前川禎通先端基礎研究センター長らのグループは、ナノグラニューラ材料と呼ばれる、nmサイズの磁性金属粒子をセラミックスのマトリックス中に分散させた薄膜材料において、透明な強磁性材料の開発に成功した。開発した材料は、室温で大きな光透過率と強磁性を示し、さらに、光透過率が磁場で変化する新しい磁気光学効果を示す。



図1 透明なFe₃Co₂Al₁₀F₆₇ナノグラニューラ膜

透明な強磁性体の開発は、物性面および応用面において、魅力ある研究テーマの一つであろう。これまでにさまざまな透明磁性材料が提案されているが、室温では磁化が非常に小さい、また光透過性に劣る等の理由により、実際に適う材料は見いだされていない。

本研究では、nmの微細複合構造を持つナノグラニューラ膜に関し、室温において、可視光領域を含む波長帯で高い光透過率を持ち(図1)、かつ強磁性を併せ持つことを見いだした。この材料は、粒径が数nmのFeCo合金微粒子(グラニューラ)が、AlF₃から成るマトリックス中に分散した微構造を有する。この構造により、FeCo合金による強磁性とAlF₃による光透過性の両方の特性を同時に発揮することが可能となる。さらに、ナノグラニューラ膜の光透過率は、膜に印加する磁場の大きさを変化させることによって可変であり、調整機能を有する(図2)。これは従来にない新しい磁気光学効果であり、FeCo合金グラニューラ間の量子力学的トンネル効果によるスピン依存電荷振動に基づく「トンネル磁気誘電効果」によって説明される。

この新しい材料は、世界で初めて実現した室温で透明な強磁性体であって、かつ、光透過率が磁場により自己調整できる機能を持つ

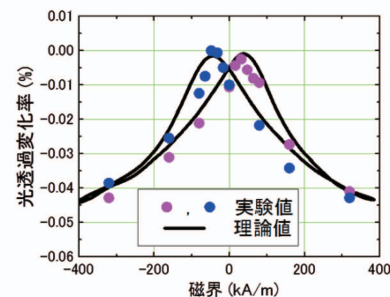


図2 光透過率の磁場変化

た新しい磁気光学材料である。本材料の今後の実用化研究の進展によって、磁気・電子および光学デバイスのみならず、さまざまな産業分野に多くの革新的な技術発展をもたらすことが期待される。

((公財)電磁材料研究所 研究開発事業部 電磁材料グループ 主席研究員 小林伸聖 連絡先: 〒982-0807 宮城県仙台市太白区八木山南2-1-1, E-mail: n.kobayashi@denjiken.ne.jp)

URL <http://www.denjiken.or.jp/>

[2016年12月6日]

600℃超で記録動作可能なメモリー ～ナノの隙間を使う不揮発性記憶素子～

千葉工業大学の菅 洋志助教は、産業技術総合研究所の内藤泰久主任研究員および物質・材料研究機構の塚越一仁主任研究者らと共同で、600℃の高温環境下で動作する不揮発性メモリー素子(電源を切っても記録情報が失われないメモリー)を開発した。通常の半導体メモリーは高温で固体内の電子伝導を制御できなくなるため、200℃程度で情報書き込みも保持もできなくなる。これに対し、開発したメモリーはナノメートルの隙間(ナノギャップ)に起こるトンネル効果で電子伝導を制御する。このトンネル電子電動(の抵抗)は、1nm程度のナノギャップ間隔を変えることで大きく変化(オンとオフの2状態を作る)し、温度に依存しない。そのため、ナノギャップメモリーは高温でも動作する。しかし、これまでのナノギャップは高温でナノ構造を維持できなかった。

今回、研究グループはナノギャップ電極の電極金属の結晶性改善技術を用いて、高温環

境におけるナノギャップ間隔変化とメモリー特性の関係性について、そのメカニズムを解明した。この結果に基づき、電極素材に白金

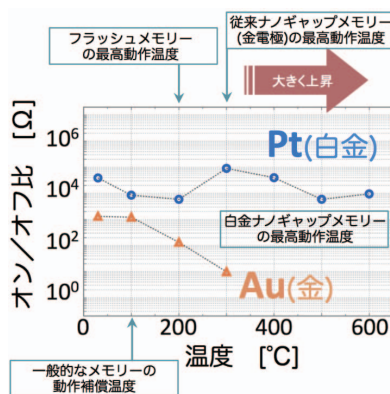


図2 白金と金を用いたナノギャップメモリーのオン/オフ比とその温度依存性

を用いることで、高温時でも構造の変化を抑えることが可能となり、高温環境下でのメモリー動作(情報の書込、読込、保持)を実現した。試作した白金ナノギャップメモリーを用い、オン/オフを交互に切り替えて動作確認を行い、600℃の高温環境下でもオンとオフが分離し、高温環境下でも高いオン/オフ比を維持することを確かめた(図)。また、白金ナノギャップメモリーは、600℃環境下で書き込んだ状態を8時間以上保持することも確かめた。

世界で初めて実現した600℃環境で動作する不揮発性メモリー技術であり、例えば航空機のフライトレコーダーや惑星探査機用の耐環境性電子素子、データセンターへの応用が期待できる。これらの成果は英サイエンスフィック・リポート誌の電子版に掲載された。

URL <http://www.nature.com/articles/srep34961>

(千葉工業大学 助教 菅 洋志 連絡先: 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1, E-mail: hiroshi.suga@it-chiba.ac.jp)

[2016年12月7日]