

トピックス

ダイヤモンドの結晶から蛍光

ダイヤモンドを小さくしていくと、その特徴を保てる最小の構造としてC₁₀のカゴ型クラスターにたどり着く。炭素の余った結合に水素がついたC₁₀H₁₆は、アダマンタンとして知られる高対称分子である。同様に、2番目に小さなダイヤモンドはカゴ構造を2つ持つC₁₄、3番目はC₁₈であり、これらカゴ型炭素骨格から構成される一連の化合物を「ダイヤモンドイド」や「ダイヤモンド分子」と呼ぶ。合成の困難なブロック数の多いダイヤモンド分子も、極微量含まれている石油中から単離精製できるようになり、炭素系ナノテク新素材としての注目が集まりつつある。

すべてのダイヤモンド分子は室温で固体である。これに着目し、孤立分子系としてではなく、凝集結晶系としてのダイヤモンドの電子機能開拓に取り組んでいるのが東工大・スタンフォード大・シェブロン社の日米共同研究チームである。

研究チームは最近、ダイヤモンドの高純度な精製と大型な単結晶育成を同時にできる手法を確立した (*Crystal Growth and Design*, **10**, 870 (2010))。また、実験に先立って理論計算から、ダイヤモンドの結晶が、光の吸放出に適した直接遷移型のバンドギャップをもつ電子構造になることも明らかにしている (*J. Appl. Phys.*, **104**, 073704 (2008))。今回、作製した純良大型単結晶を用いて光学特性を評価したところ、230nmよりも短い波長領域の光をわずかに吸収して、300nm付近で紫外発光 (蛍光) することがわかった (*J. Appl. Phys.*, **110**, 093512 (2011))。

フォトルミネッセンスが確認されたことで、

その延長線上にあるLEDなどのエレクトロルミネッセンスの実現に向けた研究にも弾みのつくことが期待される。ダイヤモンド分子は、無機EL材料と異なって高温での成膜プロセスを必要としないので、プラスチックなどのフレキシブルな基板へのデバイス実現の可能性がある。また、既存の有機EL材料と異なって反応性の高い炭素2重結合などを含まないため、湿気や酸素で劣化する心配がない。つまり、ダイヤモンド分子を発光層に用いることで、無機材料と有機材料の両方の欠点を克服したフレキシブルで高寿命の発光素子を作れる可能性があるといえる。(東京工業大学応用セラミックス研究所 笹川崇男 連絡先: 〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259, E-mail: sasagawa@msl.titech.ac.jp) URL: <http://www.msl.titech.ac.jp/~sasagawa/> [2012年2月19日原稿受付]

シリコンカーバイドを無傷に研磨

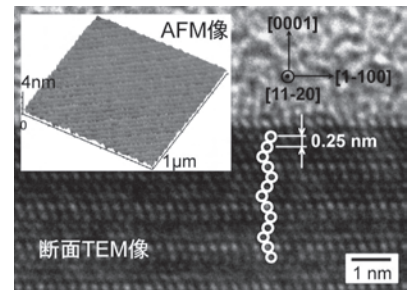
大阪大学の山村和也准教授らのグループは、シリコンカーバイド等の高硬度材料を原子レベルで平滑で、スクラッチフリーかつダメージフリーに仕上げる新しい研磨法を開発した。

単結晶のシリコンカーバイド (SiC) は次世代の省電力パワーデバイスに用いられるワイドギャップ半導体材料として期待されている。また、CVD-SiCや焼結SiCは高硬度で高耐熱性かつ化学的に不活性という特性から、ガラスモールド成形金型用の材料としても有用である。しかしながら、ダイヤモンドに次ぐ硬度と化学的に不活性な性質を併せ持つため、通常の研磨仕上げが困難である。近年、アルカリ性の研磨液 (スラリー) を用いたケミカルメカニカルポリッシング (CMP) によりスクラッチのない高品位な表面が得られているが、研磨速度が非常に遅いのが難点であった。

山村らは、大気圧下で発生させたプラズマを

照射して表面を酸化等により軟質化させ、軟質層を母材よりも軟らかい砥粒を用いることでダメージフリーに研磨する『プラズマ援用研磨法』を開発した。大気圧プラズマは、高価な真空容器や真空ポンプが不要であり、既存のプロセス形態にとらわれない応用展開が可能であることから、プラズマプロセスと砥粒加工プロセスという異種プロセスの融合が実現できた。SiCの表面を仕上げる場合には、ヘリウムベースの水蒸気プラズマの照射により表面を酸化させ、酸化セリウム砥粒を用いて研磨をおこなう。ナノインデンテーション測定の結果では、水蒸気プラズマを照射することで表面の硬度は約1/8に低下し、酸化セリウムよりも軟質化することがわかった。また、4H-SiC (0001) の研磨面には、ステップ/テラス構造が観察されるとともにその断面の原子配列に乱れはなく、原子レベルで平滑かつ結晶学的なダメージのない完全な表面が得られている (図)。

現在、企業との共同研究により加工装置の実



用化を図るとともに、焼結SiCやサファイア基板等の硬脆材料への適用を検討している。(大阪大学大学院工学研究科附属超精密科学研究センター 准教授 山村和也 連絡先: 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1, E-mail: yamamura@upst.eng.osaka-u.ac.jp) URL: http://www.upst.eng.osaka-u.ac.jp/endo_lab/index.html [2012年2月21日原稿受付]

磁性単結晶に弱い磁場 新しいタイプの磁気抵抗素子

電子技術の主役は言うまでもなく電子である。電子は電気の本質であるが、同時に磁気の本質でもある。磁気の本質になるのが電子のスピン (極微の方位磁石) である。この10年ほどの間に、物質中で電子のスピンを操ることで高感度磁気センサーや高速磁気メモリの実現を目指す「スピントロニクス」の分野が大きく進展している。従来のエレクトロニクスは電流の交通整理技術といえるが、電荷の移動には大きなエネルギーコストが伴う。一方、磁気の本質であるスピンは電子を止めた状態で操作することができ、これに伴うエネルギーコストは格段に小さい。これがスピントロニクスの利点である。この分野は、スピンという極微の磁石をいかに操るかという基礎物理学的な問題に根差しつつも、磁気電子素子の高密度化、低消費電力化、高機能化といった産業応用に直結する分野であり、ハードディスク (HDD) を中心とする情報ストレ

ジ技術の限界を突破する役割が期待されている。放送大学の岸根順一郎教授らのグループは「カイラリティを持つ磁性結晶」を舞台とする新分野の開拓を進めている。カイラリティとは、左手と右手のように互いに鏡で映しあうが両者を重ね合わせることができない幾何学的対称性を意味する。このクラスの磁性結晶では、カイラル磁気秩序と呼ばれるらせん状の周期的磁気構造が存在し得る。実際に、大阪府立大学の戸川欣彦准教授らのグループは、Cr_{1/3}NbS₂においてこの磁気構造が実現していることを実証した。カイラル磁気秩序は極めて細かい安定・堅固な磁気構造であり100~2000 Gauss程度の比較的弱い磁場を用いてその細かい周期を48ナノメートルから連続的に大きくすることができ

る。岸根らはこの磁気構造を磁場で変調することによって、その上を滑走する伝導電子 (図) の電気抵抗を多段階的に制御できることを理論的に示した。この機構は、トンネル磁気抵抗型ヘッドに代表される磁気センサーの新境地を開き得るものとして注目されている。ここで紹介した実験、理論研究の成果はいずれもPhysical Review Letters誌に掲載されている (Y. Togawa et al., *Phys. Rev. Lett.*, **108** (2012); J. Kishine et al., *Phys. Rev. Lett.*, **107**, 017205 (2011))。(放送大学 (自然環境科学プログラム物質・エネルギー領域) 教授 岸根順一郎 連絡先: 千葉県千葉市美浜区若葉2-11) [2012年2月22日原稿受付]

