

応用物理学特別演習

令和元年 11 月 12 日

ソフトマター工学研究室 寺元純

Observations of Wall Slip and Shear Banding in an Entangled DNA Solution [1]

Pouyan E. Boukany¹, Y. Thomas Hu², Shi-Qing Wang¹

¹Polymer Science, University of Akron, Akron, Ohio 44325

²Unilever Research and Development, 40 Merritt Blvd, Trumbull, Connecticut 06611

Macromolecules, **41**, 7, 2644-2650 (2008)

Shear banding or not in entangled DNA solutions depending on the level of entanglement [2]

Pouyan E. Boukany³, Shi-Qing Wang³

³Polymer Science, University of Akron, Akron, Ohio 44325

Journal of Rheology, **53**, 1, 73 (2009)

シアバンディングとは、液体にせん断をかけた時にせん断速度の異なる複数の層が出現する現象のことである。図 1 にせん断の模式図を、図 2 に一般的なシアバンドの模式図を示す。これらの論文では、DNA 水溶液におけるシアバンドがどのような条件で発現するかを調べている。

シアバンドが単なる過渡過程だけか、それとも定常状態においても安定に発現するかを明らかにするため、まず筆者らはせん断印加後の応力の時間依存性を測定し、定常状態に達する前後の水溶液の流速分布を観察した。その結果、シアバンドは定常状態においても安定して発現することが確認され、その発現には一定のせん断速度域の条件があることを発見した[1]。次に、発現の濃度依存性を調べるため複数の濃度域における定常状態での流速分布を取得したところ、濃度が高いほどシアバンドが発現するせん断速度域も広いことが明らかになった[2]。

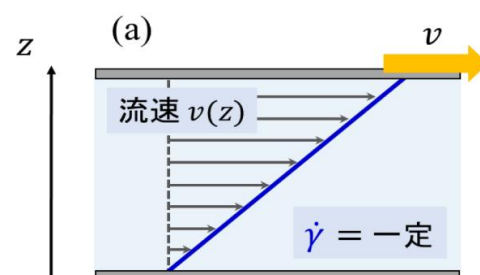


図 1. せん断の模式図

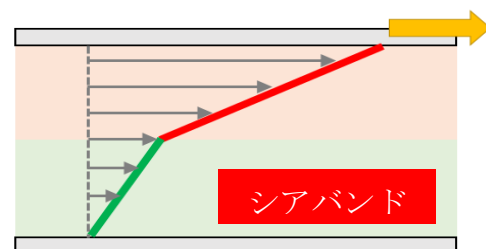


図 2. 一般的なシアバンドの模式図

Bulk Electronic State of Superconducting Topological Insulator

Tatsuki HASHIMOTO, Keiji YADA, Ai YAMAKAGE, Masatoshi SATO, and Yukio TANAKA

Department of Applied Physics, Nagoya University, Nagoya 464-8603, Japan

Journal of the Physical Society of Japan **82**, 044704 (2013)

トポロジカル超伝導体とは、バルクの電子状態で定義されるトポロジカル数が非自明な値をもつ特殊な超伝導体である。これらの物質群の電子状態が非自明なトポロジカル数をもつことの帰結として、表面に特殊な一粒子状態が現れる事がわかっている。この表面状態の存在により、トポロジカル超伝導体は量子コンピュータ等への応用が期待されている。

$\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ は Bi_2Se_3 に Cu をインターカレートして得られる物質であり、超伝導転移することが知られている [1]。母物質の Bi_2Se_3 がトポロジカルに非自明な物質であることから、 $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ はトポロジカル超伝導体であることが期待されているが、トポロジカル超伝導体であることを裏付ける決定的な実験的証拠は存在しなかった。超伝導状態における電子状態を特徴づける物理量はペアポテンシャルと呼ばれている。理論的に $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ において実現可能性のあるペアポテンシャルは 4 種類提案されており、超伝導状態においてそのうちどれか 1 つが実現していると考えられている [2]。この 4 種類のペアポテンシャルには、トポロジカルに自明なもの、非自明なものがあり、 $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ において実現しているペアポテンシャルを特定することができれば、 $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ がトポロジカル超伝導体か否かを判別することができる。そこで、本論文において著者らは超伝導状態の $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ において実現可能性のあるペアポテンシャルそれぞれについてスピン磁化率を計算した。計算の結果、著者らはペアポテンシャルによってそれぞれ特徴的なスピン磁化率の温度依存性、方向依存性があることを明らかにし、またそれらを判別するための実験を提案した。発表では本論文の結論に基づいて行われた実験 [3] も合わせて紹介し、理論と実験の比較から、 $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ はトポロジカル超伝導体である可能性が高いことを示す。

[1] Y. S. Hor *et al.*, Phys. Rev. Lett. **104**, 057001 (2010)

[2] L. Fu and E. Berg, Phys. Rev. Lett. **105**, 097001 (2010)

[3] K. Matano *et al.*, Nature Phys. **12**, 852 (2016)

Chemical Structure of Nitrogen-Doped Graphene with Single Platinum Atoms and Atomic Clusters as a Platform for the PEMFC Electrode

Samantha Stambula, Nicolas Gauquelin, Matthieu Bugnet, Sandeep Gorantla, Stuart Turner,

Shuhui Sun, Jian Liu, Gaixia Zhang, Xueliang Sun, and Gianluigi A. Botton

Journal of Physical Chemistry C, **8**, 3890-3900 (2014)

環境問題への危機感から次世代のエネルギーに関する研究が盛んに行われるなか、CO₂ を排出しない発電方法として燃料電池が注目されてきた。しかし電極触媒に大量の白金を必要とするため非常に高コストであり、普及への障壁となっている。プロトン交換膜型燃料電池（PEMFC）では、白金ナノ粒子を担持させたカーボンプラック粒子を触媒として使用するが、高いコストの他に劣化、不均一性などの問題を抱えている。これらの問題を解決する方法として、白金をグラフェン上に単原子状態で担持させた単原子触媒が注目されている。単原子触媒は比表面積が最大であるためコストを抑えることができ、量子サイズ効果による高活性も期待される。だが、グラフェン上で白金が凝集してしまう、直接観察が難しいなどのため構造が未解明であるという課題が残っている。

本研究では、金属単原子の安定吸着に有効であるとされる、窒素を添加したグラフェン（N ドープグラフェン）上に白金単原子を原子層堆積法（ALD）により担持させた（図 1）。その結果、安定化された白金原子とクラスターを生成することが透過型電子顕微鏡（TEM）と走査型透過電子顕微鏡（STEM）での計測により明らかになった。さらに、電子エネルギー損失分光法（EELS）を使用して、窒素原子が共有結合を介してグラフェン格子に取り込まれていることが分かった。最も注目すべきことは、白金は凝集してナノ粒子を形成することなく、単原子もしくは数個の原子のクラスターに留まっていたことである。この研究は、安定した原子およびサブナノメートルのクラスター触媒を実験的に生成するための新しい方法を提供し、PEMFC の開発に大きく貢献する。

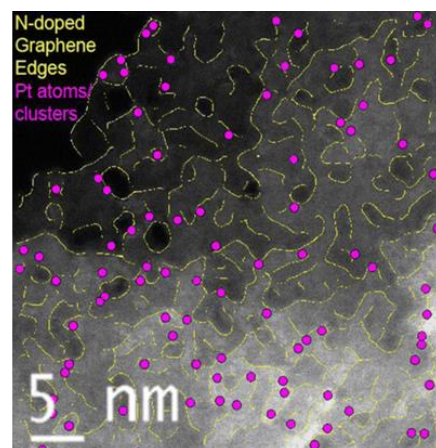


図 1 : N ドープグラフェンに吸着した白金単原子およびクラスターの STEM 像