

液体を強くはじく表面に半導体を塗布する 新しい製膜技術 –有機ポリマートランジスタ の高性能化を実現–

平成 24 年 10 月 31 日
独立行政法人 産業技術総合研究所
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
独立行政法人 科学技術振興機構

独立行政法人 産業技術総合研究所【理事長 野間口 有】(以下「産総研」という)フレキシブルエレクトロニクス研究センター【研究センター長 鎌田 俊英】長谷川 達生 副研究センター長、フレキシブル有機半導体チーム 山田 寿一 主任研究員と、電子光技術研究部門【研究部門長 原市 聡】は、液体を強くはじく高はっ水性表面に有機ポリマー半導体溶液を塗布し、材料のロスなく均質に薄膜化する技術を開発した。この塗布技術によって、電子ペーパーなどの情報端末機器に不可欠の高性能な薄膜トランジスタ(TFT)を、従来法よりも著しく簡便に製造できる。

半導体薄膜をはっ水性の高いゲート絶縁膜表面に形成して TFT を作製すると、TFT 性能の安定性が向上するが、従来の塗布法では表面が液体を強くはじくため製膜が困難であった。今回、有機ポリマー半導体を溶解させた溶液を 3 層構造のシリコンゴムスタンプで圧着し、溶液をはっ水性の高い表面全体に均一に濡れ広がらせることによって製膜する新技術(プッシュコート法)を開発した。この技術により、はっ水性の極めて高い表面に、均質性と結晶性に優れた半導体薄膜を得ることができるとともに、従来の塗布法と異なり、材料の無駄をほぼゼロに抑えることができる。この半導体薄膜の結晶性の改善は、大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構の放射光施設を用いて確認した。今回開発した新技術は、フレキシブルデバイスの研究開発を大きく加速するとともに、液体がなじみにくい表面への新しい塗布製膜技術として、さまざまな材料の薄膜化技術への応用が期待される。

この成果の詳細は、英国の学術誌 Nature Communications に 2012 年 11 月 13 日(日本時間)にオンライン掲載された。参考 URL <http://www.nature.com/ncomms/journal/v3/n10/full/ncomms2190.html>

論文名:「Simple push coating of polymer thin-film transistors」
Article number:1176 (doi:10.1038/ncomms2190)

(詳しくは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20121031100000/> をご覧下さい)。

日立と KEK リチウム電池や永久磁石用材 料の開発に向けた放射光ビームラインを 新設

2012 年 11 月 1 日
株式会社日立製作所
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構

株式会社日立製作所(執行役社長:中西 宏明/以下、日立)と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構は、KEK の放射光科学研究施設に、元素周期表のリチウム(Li)からカルシウム(Ca)までの幅広い元素について固体中の化学結合状態を解析できる軟 X 線ビームラインを共同で設置する契約を締結しました。本ビームラインは、鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)などの磁性をもつ金属についても解析を行うことができるため、次世代の高性能リチウム電池や永久磁石の研究開発に幅広く適用することができます。

また、大学共同利用機関である KEK は、本ビームライン稼働後は一般の大学・公的研究機関などにも公開し、機能性酸化物や次世代デバイス材料などの基礎研究を推進します。新ビームラインは、2014 年度中に運用を開始する予定です。

最先端の材料開発では、物質の特性を決める要因となる原子の化学結合状態を解析し、これをコンピュータによる理論シミュレーションと比較しながら、材料の高機能化、高性能化に向けた研究が進められています。現在、原子の化学結合状態を解析する手法として、X 線吸収分光法や X 線を用いた光電子分光法が広く利用されていますが、いずれの手法も、対象とする元素に応じて特定のエネルギーを持つ X 線を利用する必要があるため、これまでフォトンファクトリーなど放射光実験施設では、研究目的に応じてビームラインを設置、運用してきました。

今回、日立と KEK が新設するビームラインは、1 本のビームラインで幅広いエネルギー範囲(30 ~ 4,000 eV)にわたる軟 X 線を利用し、元素周期表における Li から Ca までの元素の化学結合状態の解析を実現します。放射光の発生源に、偏光可変の放射光を発生させることのできる 6 列型アンジュレータを採用し、水平偏光、及び垂直偏光の高輝度軟 X 線の利用が可能となります。

これらの高輝度軟 X 線の利用により、リチウム電池の高性能・長寿命化に影響する電極材料中でのリチウムの化学結合状態の解析や、炭素(C)を含む有機化合物の計測に基づく生体細胞の解析が実現できます。また、本ビームラインは、Fe、Co、Ni など、各種モータで利用される永久磁石の性能の決め手となる材料の解析も行えるため、原子レベルの解析に基づいた材料の高性能化や新材料の開発に寄

与することが期待されます。また、広いエネルギー範囲を持つビームラインの利用によって、1回の実験で幅広い元素にわたる物質解析が可能となり、研究の効率化を図ります。(詳しくは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20121101140000/> をご覧ください)。

半導体炭化ケイ素 (SiC) に微量添加された窒素ドーパントの格子位置を決定 - 超伝導体で明らかにする半導体 SiC のナノ微細構造 -

平成 24 年 11 月 15 日
独立行政法人 産業技術総合研究所
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
株式会社 イオンテクノセンター

独立行政法人 産業技術総合研究所【理事長 野間口 有】(以下「産総研」という)計測フロンティア研究部門 大久保 雅隆 研究部門長らは、大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構【機構長 鈴木 厚人】(以下「KEK」という)物質構造科学研究所、株式会社イオンテクノセンター【代表取締役社長 石垣 祐紀】(以下「イオンテクノセンター」という)と共同で、超伝導検出器を搭載した X 線吸収微細構造分光装置 (SC-XAFS) を開発し、ワイドギャップ半導体である炭化ケイ素 (SiC) の機能発現に必要な、イオン注入された窒素 (N) ドーパント (微量不純物原子) の微細構造解析に成功した。

ワイドギャップ半導体パワーデバイスは、電力損失の低減により、二酸化炭素排出の抑制に貢献すると期待されている。代表的なワイドギャップ半導体材料である SiC を使ってデバイスを作製するには、ドーパントをイオン注入により添加して、電気的特性を制御するドーピングを施す必要がある。注入されたドーパントは、結晶中で所定の格子位置を占める必要があるが、これまで格子位置を決定できる微細構造解析手法はなかった。今回、SC-XAFS により、SiC 結晶中の微量 N ドーパントの X 線吸収微細構造 (XAFS) スペクトルを測定し、第一原理計算との比較から N の格子位置を決定した。SC-XAFS は、従来不可能であった N などの微量軽元素が計測できるので、SiC、窒化ガリウム、ダイヤモンドなどのワイドギャップ半導体、モーター用磁性体、スピントロニクスデバイス、太陽電池などの計測分析への応用が期待される。

この成果は、2012 年 11 月 14 日 (英国時間) に Nature 出版グループの学術誌「Scientific Reports」にオンライン掲載された。

(詳しくは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20121115103000/> をご覧ください)。

ビタミン B12 などに含まれるイミダゾールが強誘電性や反強誘電性を持つことを発見

平成 24 年 12 月 19 日
科学技術振興機構 (JST)
東京大学
高エネルギー加速器研究機構
理化学研究所

JST 課題達成型基礎研究の一環として、産業技術総合研究所フレキシブルエレクトロニクス研究センターの堀内 佐智雄研究チーム長、東京大学 大学院工学系研究科 賀川 史敬講師らは、生体物質であるイミダゾール系化合物が、電子材料として期待される強誘電性注 1) や反強誘電性注 2) といった分極反転機能を持つことを発見しました。

強誘電体は絶縁体の一種で、物質内部でプラスとマイナスの電荷に偏り (分極) が生じます。また、電圧の向きに応じて分極が反転する性質を持つため、電子機能や光機能を持った重要な電子材料として注目されています。現在、ジルコン酸チタン酸鉛 (PZT) 類などの無機のセラミックスが主に使われていますが、毒性の高い鉛を高濃度で含むため、早期の代替が求められています。一方、有害元素やレアメタルを一切含まず、軽量で形状自由度を持ち、印刷プロセスなどに適応できる有機物は、低環境負荷、省エネルギーの革新的機能材料の候補として期待されています。

本研究グループは、これまでに有機強誘電体として炭素、水素、酸素のみで構成されたクロコン酸分子により、無機材料に迫る特性を見いだしました。しかし、化学的安定性や有機溶剤への適応性に課題があったことから、今回はその動作原理を生かしつつ、さまざまな有機物について電気分極や誘電特性、温度特性などを詳細に調べました。その結果、数多くのイミダゾール結晶が、強誘電性などの分極反転機能を室温で示すことを発見しました。さらに、分子にさまざまな化学修飾をすることで変化に富んだ分子の集合形態が実現でき、分極の向きをそろえることにも成功しました。

イミダゾールは、ヒスタミンやビタミン B12 などの生体物質としても知られた有機分子であり、化学的に安定で溶解性も優れ、多くが市販品もしくは確立された合成法で入手できます。今回、遍在する物質群で多彩かつ高性能な強誘電性機能を発揮できたことは、次世代強誘電体材料として今後の機能展開の重要な一歩と考えます。

本研究は、東京大学 / 理化学研究所の十倉 好紀教授、高エネルギー加速器研究機構の熊井 玲児教授らと共同で行われ、本研究成果は、2012 年 12 月 18 日 (英国時間) にオンライン科学誌「Nature Communications」のオンライン速報版で公開された。

(続きは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20121219122000/> をご覧ください)。

金属状態を示す純有機単成分導体の発見

平成 24 年 12 月 19 日
科学技術振興機構 (JST)
東京大学
高エネルギー加速器研究機構
理化学研究所

東京大学物性研究所の森 初果 (もり はつみ) 教授, 磯野 貴之 (いその たかゆき) 特任研究員, 上田 顕 (うえだ あきら) 助教, 加茂 博道 (かも ひろみち) 元大学院生のグループは, 世界最高の室温伝導度 (19 Scm^{-1}) を持ち, 約 1 万気圧というこれまでで最低の圧力下で金属状態となる純有機単成分導体の開発に成功しました。

この有機物質は, 強い水素結合で結ばれた高い対称性の分子ユニットが, 自己凝集して 2 次元伝導層を形成している新しいタイプの高伝導体であることを, 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の村上 洋一 (むらかみ よういち) 教授, 熊井 玲児 (くまい れいじ) 教授のグループ, 総合科学研究所の中尾 朗子 (なかお あきこ) 副主任研究員との共同研究で解明しました。

有機物質は一般に可溶性であるため, 今回開発された純有機単成分導体は, 印刷によって電子デバイスを作るプリンテッドエレクトロニクスへの応用が考えられます。これにより, 単成分低抵抗配線のような次世代の有機エレクトロニクス材料として用いられることが期待されます。

この研究成果は, Nature Communications(1 月 8 日付け: 日本時間 1 月 9 日) に掲載されました。

(続きは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20130221140000/> をご覧ください)。

載され, その号の注目論文 (Papers of Editors' Choice) に選ばれました。

(続きは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20130221140000/> をご覧ください)。

「光で作られた隠れた準安定相の発見」が注目論文に選出

平成 25 年 2 月 21 日
筑波大学
高エネルギー加速器研究機構

国立大学法人筑波大学【学長 山田信博】(以下「筑波大学」という) 数理物質系【系長 三明康郎】守友浩教授グループは, 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構【機構長 鈴木厚人】物質構造科学研究所 足立伸一教授との共同研究により, 熱では相転移を示さないコバルトプルシャンブルー類似体に対してフェムト秒レーザーで光励起を行い, コバルト原子の価数状態の時間発展を調べたところ, 大きなスピンをもつ Co^{2+} の寿命が 32 ナノ秒と極端に長いことを見出しました。このような長寿命は, 新しい磁気状態 (準安定状態) の形成を強く示唆しています。この成果は, 日本物理学会が発行する英文誌 *Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)* の 2013 年 3 月号に掲載