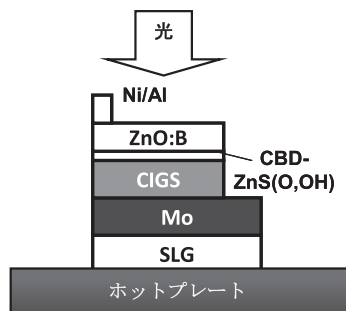




## CIGS 太陽電池の変換効率 光・加熱で 2 倍

青山学院大学の中田時夫教授、小林大造助手らの研究グループはカドミウム・フリー CIGS 薄膜太陽電池の変換効率を大幅に向上する後処理プロセスを開発した。最近、CIGS 薄膜太陽電池の変換効率は多結晶シリコンと同程度の 20% まで改善されたが、これらは薄い硫化カドミウム・バッファ層を用いたものである。しかしながら、環境負荷低減および商業化の観点から、カドミウム・フリー化と高効率化は重要な研究課題となっている。カドミウム・フリー・バッファ層の代表として溶液成長法 (Chemical Bath Deposition; CBD) による硫化亜鉛系などが既に実用化されているが、従来の溶液成長法 (青学大) では、硫化亜鉛バッファ層の伝導帯下端が CIGS の伝導帯下端に比べて高く、硫化亜鉛系バッファ/CIGS 界面のいわゆる伝導帯オフセット (電子の障壁) が大きいため、CIGS 内で発生した光生成電子を効率よく取り出すことができなかった。

今回、開発したのは、硫化亜鉛バッファ層を用いた CIGS 太陽電池を、加熱と光照射を同時に行う後処理工程 (光照射・加熱処理, Heat-Light Soaking, HLS) により硫化亜鉛バッファ層に含まれる硫黄と酸素の組成比を調整し、変換効率を大幅に改善する手法である。具体的には 130°C に加熱したホットプレートの上に太陽電池を固定し、疑似太陽光を照射する (図)。このとき、光化学反応が加熱により促進され、硫化亜鉛が酸化亜鉛に変化する。その結果、硫化亜鉛系バッファ層中の硫黄/酸素比が減少し、バッファ層の伝導帯下端が低下することで、伝導帯オフセット (電子の障壁) が低下し、変換効率が改善される。実際に変換効率 8.5% の CIGS 太陽電池は加熱・光照射処理を行うことで変換効率 17.5% へ大幅に改善できることを確認した。従来、溶液成長法による硫化亜鉛系バッファ層は歩留りが悪く、高効率化のプロセスウィンドウが狭い問題があったが、本研究の成果はその原因を解明し、安定的にカドミウム・フリー CIGS 太陽電池を供給できる技術を



提供した点にある。また、従来の硫化カドミウムに比べ、硫化亜鉛系はその禁帯幅が広く、短波長の透過率が高い特長があることから、今後 CIGS 薄膜太陽電池の更なる高効率化が期待できる。

(中田時夫 連絡先: 〒 229-8558 神奈川県相模原市淵野辺 5-10-1 青山学院大学 理工学部 電気電子工学科 L-317, E-mail: nakada@ee.aoyama.ac.jp)  
URL: http://nakada-www.ee.aoyama.ac.jp

[2012 年 10 月 6 日原稿受付]

## 表面移動電界を用いた 非接触電気特性評価

従来の電気伝導率などの評価には、試料に電流を流し回路形成の必要があった。しかし、今回九州工業大学で開発した測定法では試料に回路形成の必要がなく、圧電結晶表面に沿って移動する電界を試料に照射させることで電気特性を評価する。マイクロ波等の非接触的測定法とも異なり、表面弾性波で電界を運ぶ方法である。

この測定法は、高周波電源・オシロスコープ等で構成した電気回路に弾性表面波素子を挿入し、回路の一部を圧電体表面にオープンさせ、漏れ出す電界を利用する仕組みである。測定試料を弾性表面波素子の表面付近に設置すれば非接触的に測定できる。電界と試料中キャリアとの相互作用は、電界のエネルギーロスの目安となる。自由キャリア濃度の高い導体では遮蔽効果も含め、電界への「抵抗」が大きく見える。逆に、キャリアが固定される絶縁体や半導体では電界エネルギーは試料に伝わりにくく透明のように見える。つまり、「電界抵抗」は電流抵抗と異なる特性を示している。この測定法のメリットとして、試料抵抗値と関係なくゼロから無限大までの抵抗測定が装置一台で実現できる。また、試料にキャリアの流入・流出がないことから、電極を付ける必要もなく済み、電極のバリア効果などを考慮しなくて済む。

その応用例として極表面超伝導の測定がある。表面の超伝導転移は内部バルクより高側にあるとの理論予測がある。しかし、ナノメートルオーダー深さ表面の電気伝導率測定法は確立されていないため、表面超伝導の研究は進展できずその応用にも多くの問題が未解決のままである。本研究グループは、表面超伝導に関する実験結果を既に得られており、理論上の解釈や発生メカニズムの解明を急いでいる。

また、電極を付けにくいナノ材料の評価にも期待される。例えば、カーボンナノチューブの測定もその一例である。電界の方向をそれぞれチューブの軸と径の方向に向かわせることで、その伝導率温度依存性の相違を確認している。

さらに、量子コンピューティングにおける情報読み出しの技術開発にも応用できる。Si, Ge, SiC 等のドナー電子およびアクセプターホール準位の読み出しについておこなった。測定値は理論値とよく一致している。

この研究は、文部科学省および科学技術振興機構からの研究費により行われた。

(九州工業大学 工学研究院 先端機能システム工学研究系 准教授 孫 勇, 連絡先: 〒 804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1, E-mail: sun@ele.kyutech.ac.jp)  
URL: https://research02.jimu.kyutech.ac.jp/html/174\_ja.html

[2012 年 10 月 26 日原稿受付]

## 反強磁性体/強磁性体の接界面での 非補償反強磁性スピン挙動を可視化

大阪大学の白土 優講師らの研究グループは、高輝度光科学研究センターの中村哲也主幹研究員らと協同で、ハードディスクドライブの情報読み出し等に用いられている強磁性体/反強磁性体界面での磁気結合の微視的起源を明らかにすることに成功した。

強磁性体/反強磁性体界面の磁気結合は交換磁気異方性と呼ばれ、この効果は 1950 年代に発見されたが、その微視的起源については明らかにされてこなかった。交換磁気異方性の発現には、界面反強磁性スピンの深く関わっていると考えられているが、反強磁性体は内部でスピンの補償するため、反強磁性体からの挙動を検出することが困難であった。また、これまでに用いられてきた反強磁性体 (Mn 系反強磁性合金) が、複雑なスピン構造を持つことも解析を困難にしてきた。研究グループでは、反強磁性スピン方向を 2 方向に限定できる反強磁性 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001)/強磁性 Co (111) 積層膜に対して、放射光を利用した X 線磁気円二色性測定を適用し、交換磁気異方性を担う反強磁性スピンに関する最大の謎である「反強磁性体/強磁性体界面に固着反強磁性スピンの存在するか」に対してアプローチした。結果として、非補償反強磁性 Cr スピンは、強磁性 Co スピンの反転に際して、完全に固着することはなく、わずかなスピンキャンティングを起こすことを明らかにした。このスピンキャンティングは、交換磁気異方性を発現させる、反強磁性層内のフラストレートしたスピン構造の起源となる。

反強磁性層内のフラストレートしたスピン構造は、交換磁気異方性の強度、反強磁性層の臨界膜厚等を定める重要なパラメータである。交換磁気異方性は、今後も磁気メモリなどのスピンエレクトロニクス分野で主要な役割を担うと思われる。この成果は、次世代スピンエレクトロニクスデバイスに向けた高い交換磁気異方性を発生させるための指針として、材料開発の活用指針となることが期待できる。

(大阪大学大学院工学研究科 白土 優 連絡先: 〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1, E-mail: shiratsuchi@mat.eng.osaka-u.ac.jp)  
URL: http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/mse2/MSE2-HomeJ.htm

[2012 年 10 月 30 日原稿受付]