



## 真空パワースイッチ 超高耐圧電力変換装置の小型化に期待

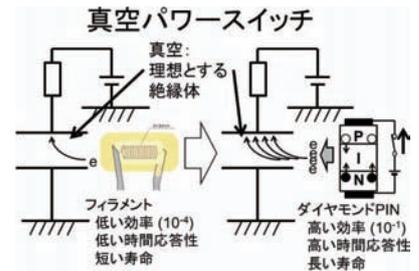
JST 課題達成型基礎研究（戦略的創造研究推進事業先端的低炭素化技術開発（ALCA））の一環として、産業技術総合研究所の竹内大輔上級主任研究員と物質・材料研究機構の小泉 聡主幹研究員らのグループは、ダイヤモンド半導体の特長を利用し、真空マイクロエレクトロニクスを用いた高耐圧パワースイッチを作製し、動作実証に世界で初めて成功した。

シリコンなどを用いたパワースイッチは、高電圧に耐えようとすると電力変換装置が巨大になり、将来の洋上を含めた電力系統に導入する上で問題があった。そのため、固体である半導体よりもさらに絶縁耐圧に優れた真空を利用した、革新的な超高耐圧高効率小型パワースイッチの開発が期待されていた。

真空をスイッチ素子に用いるには、スイッチがオンのときに真空に電流を流す電子放出源が必要である。しかし、図（右）のように従来のフィラメントを熱する真空管では、電子放出効率が $10^{-4}$ 以下と低く、時間応答性や寿命も問題が多く、パワースイッチは実現できなかった。

本研究グループは、ダイヤモンドの表面を水素原子で終端すると、電子親和力が負となり、真空中に自由に電子が飛び出すことを明らかにした。ダイヤモンドPNダイオードをオンすると、真空中に電子が飛び出す。その効率は10%近くまで得られている。半導体素子なので時間応答性も高く、寿命も長い。

図（右）のようにPINダイオードを電子放出源に採用した真空パワースイッチに、負荷を接続して動作検証を行ったところ、10kVで効率70%以上のパワースイッチとして機能することを確認できた。今回の実験結果から100kVでは理論的に効率99.9%を超え、従来の10分の1の大きさの大電力変換装置が可能と考えられ、新しいエネルギー戦略に貢献することが期待される。



本研究のPIN接合ダイオード製作にあたっては、戦略的創造研究推進事業 チーム型研究（CREST）（研究代表者：山崎 聡産業技術総合研究所主幹研究員）の協力を受けた。  
（（独）産業技術総合研究所 上級主任研究員 竹内大輔 連絡先：〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 産総研つくば中央2 E-mail：d.takeuchi@aist.go.jp）

URL：http://www.aist.go.jp/aist\_j/press\_release/pr2012/pr20121210/pr20121210.html

[2013年1月28日原稿受付]

## ナトリウム電池の容量二倍、高容量リン負極

東京理科大学の駒場慎一准教授および数内直明講師らと住友化学の共同研究グループはリンがナトリウムイオン電池用高容量負極として有用であることを発見した。

資源の豊富な元素であるナトリウムイオンを用いるナトリウムイオン電池は常温で動作する新しい蓄電デバイスとして実用化が期待されている。これまで同研究グループではハードカーボンやスズといった材料がナトリウムイオン電池用の負極材料として有用であることを報告していた。しかし、得られる可逆容量はリチウムイオン電池で広く研究が行われている次世代の高容量負極材料であるシリコン系材料と比較し

で相対的に低いという問題が知られていた。

今回検討を行ったのは赤リンを炭素材料と複合化した材料であり、さらに粉末材料をシート状に成形するための結着剤（バインダー）に電気化学的に安定でリンと炭素を強固に結着するポリアクリル酸ナトリウム塩を用いて電極を作製した。今回作製した電極を用いることにより、ナトリウム電池中でリンの3電子酸化還元反応が起こることを初めて確認した。このことにより、理論的にはリンの単位重量当たり炭素材料と比較して8倍程度、ズズ合金負極と比較した場合でも3倍程度の容量を得ることが可能になる。これはリチウムイオン電池におけるシリコン負極材料と比較した場合でも、70%程度の容量に対応する。現状では理論容量が得られるような条件で繰り返し充放電試験を行った場合に

は容量の劣化が確認されているが、リンの単位重量当たりで1000mAh程度と従来報告されていた値の2倍程度の容量で30サイクル以上にわたり可逆的に動作させることに成功した。

大型電池の電極材料として用いるには還元生成物であるNa<sub>2</sub>Pの安全性などの課題は残っているが、リンとナトリウムを用い高エネルギー密度の蓄電池を実現することは元素戦略という観点からは重要な発見であり、将来的なナトリウムイオン電池の高エネルギー密度化に繋がることが期待できる。

（東京理科大学 駒場慎一 連絡先：〒162-8601 東京都新宿区神楽坂1-3, E-mail：komaba@rs.kagu.tus.ac.jp）

URL：http://www.rs.kagu.tus.ac.jp/komaba/ [2013年1月31日原稿受付]

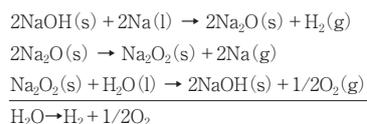
## 400℃以下で水から水素生成

広島大学サステナブル・ディベロップメント実践研究センターの宮岡裕樹テニュアトラック講師を中心とする研究グループ（同大学先進機能物質研究センター小島由継教授、市川貴之准教授ら）は、アルカリ金属を用いた多段階熱化学反応を物質科学的に制御することにより、水分解による水素生成を400℃以下で実現できる可能性を見いだした。

水素は、電池に比べ高いエネルギー密度を有し、かつ燃焼によりエネルギーを取り出す際に水しか排出しない極めてクリーンな物質であるため、次世代エネルギーシステムにおいて、変動する自然エネルギーを貯蔵/輸送するための媒体（二次エネルギー）として注目されている。水分解による水素生成を熱エネルギーのみで行う場合、4000℃以上という非常に高い温度が必要となるため、熱と多段階の化学反応を用いてより低温で水分解を行う熱化学法が検討されて

いる。しかしながら、既存技術では反応制御に800～1500℃という温度が必要であり、大規模な太陽炉や原子炉のような高温熱源の利用が不可欠である。したがって、これらの技術の利用には、プラント建設地の選定や安全性の確保といった面で厳しい制約が課せられているのが現状である。

当研究グループでは、以下に示すナトリウム（Na）を用いた多段階熱化学反応による水分解水素生成に注目した。



一般に、化学反応を進行させるための温度は、反応に含まれる気体の圧力によって制御できる。Naは約98℃という低い温度で融解するため、蒸発や凝集といった物質変化を利用することにより、気体として取り扱うこと、つまり圧力を制御することが可能となる。本研究では、この

ようなNaの特性を生かした物質制御を上記2番目の反応に適応することで、すべての反応を400℃以下で進行させ、既存技術より低温で水分解による水素生成が実現できる可能性を示した。現状、金属Naあるいはその化合物による腐食の抑制や反応率の向上をはじめとした課題が残されているが、この技術が確立されれば、熱化学水分解による水素生成を、小規模太陽炉や未利用熱（向上排熱等）のような低温熱源（500℃以下）で制御できるようになることが期待される。

（広島大学 サステナブル・ディベロップメント実践研究センター（ISSD） テニュアトラック講師 宮岡裕樹 連絡先：〒739-8530 東広島市鏡山1-3-1, E-mail：miyaoka@h2.hiroshima-u.ac.jp）

URL：http://h2.hiroshima-u.ac.jp/（ISSD：http://www.hiroshima-u.ac.jp/rcsd/）

[2013年2月5日原稿受付]