

# Newsletter

プラズモニク化学研究会

2015 年度 No.4

## CONTENTS

### 【研究紹介】

プラズモン光熱変換を利用したエネルギーハーベスティング  
西島 喜明（横浜国立大学大学院工学研究院）

## プラズモン光熱変換を利用したエネルギーハーベスティング

西島 喜明 (横浜国立大学大学院工学研究院)

プラズモニック光化学の発展に伴い光電場増強効果を用いた様々な諸現象が解明されるとともに、光化学反応への応用が展開されている。その一方でプラズモン共鳴を用いると効率良く、光エネルギーを熱エネルギーへと変換することが可能となることが示されてきている[1,2]。

我々はこのようなプラズモン発熱と熱電変換素子を用いて、プラズモン共鳴によって発生する熱から、電気エネルギーを得るシステムを考案した。従来の太陽電池システムでは、光吸収したエネルギーの大部分は熱として損失しており、また、熱による温度上昇は半導体のバンドギャップをブロード化することにより、発電効率を低下させる要因となっている。そのため、実際の運用には廃熱のための冷却システムが必要となっている。我々はこの熱をさらに利用することで、損失となっているエネルギーを回収するエネルギーハーベスティングに着目して研究を行っている[3]。

図1に示すのは本研究で使用したシステムのセットアップである。光を効率良く吸収させるために、シリコン基板の表面を微細な針状構造を有するブラックシリコン (b-Si) を形成させた。光源としてメタルハライドランプを用いて、4 cm×4 cm の基板の上に均一な光照射を行った。

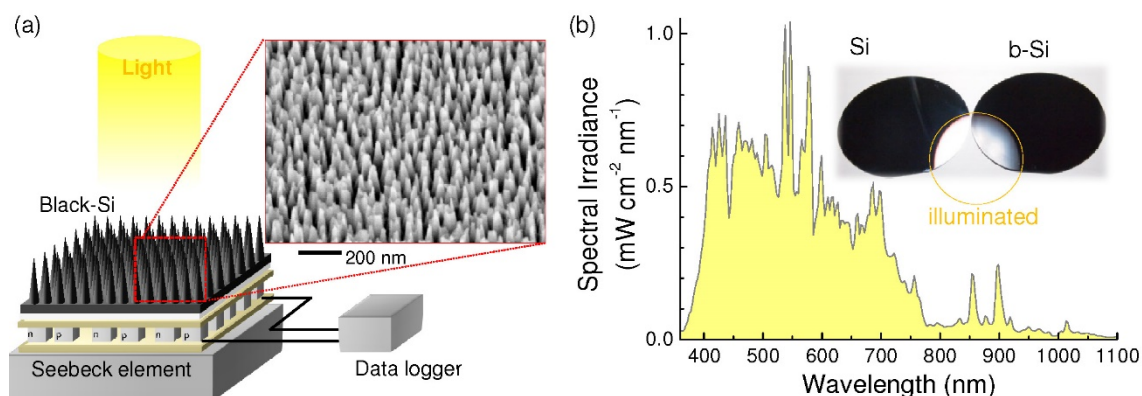


図1：(a)光熱電変換システムの概念図。(b)極低反射表面を実現するブラックシリコンと本実験で用いたメタルハライドランプのスペクトル。

図2には銀を蒸着したシリコン基板、鏡面研磨されたシリコン基板、ブラックシリコン基板を用いた光熱電変換の結果を示している。基板からの反射率が低くなるに伴い、光吸収の増大と熱の発生量が増加している様子がこの結果から読み取れる。そこで、ブラックシリコン基板の上に、市販の金ナノ微粒子 (直径 10~100 nm) を塗布して、光熱電変換実験を行った。ブラックシリコン基板を用いた結果と比較して、出力電圧の差分をプロットした結果を図3に示す。30~50 nm のサイズの微粒子を塗布した条件では、b-Si と比較して大きな出力を得ることができたが、100 nm や 15 nm では b-Si よりも出力が低下した。これは微粒子の

表面での光散乱による損失とプラズモンによる発熱量との間でトレードオフの関係が生じているためであると考えられる。

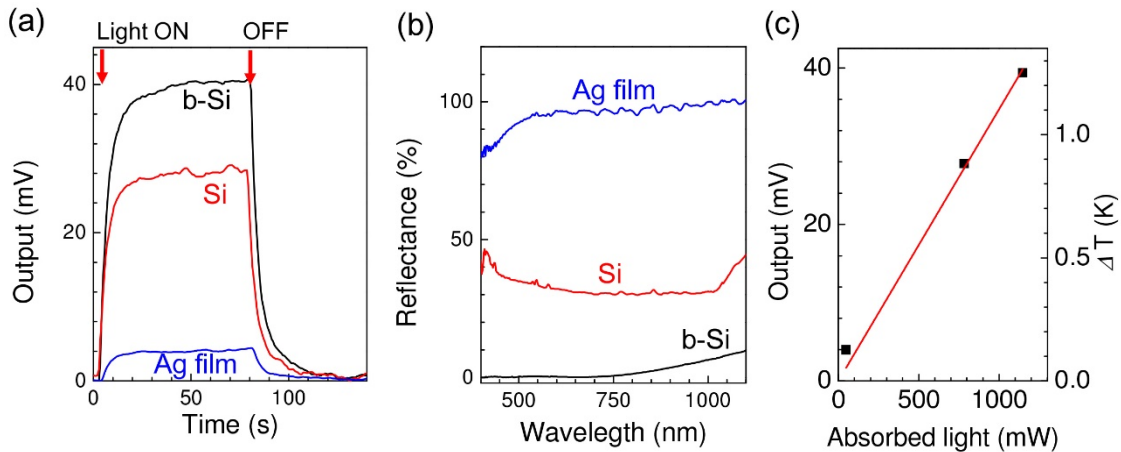


図 2: (a)銀を製膜したシリコン基板、鏡面シリコン基板、ブラックシリコン基板における光熱電変換結果。(b)それぞれの基板の反射率。(c)光吸収量と出力電圧および基板上昇温度の関係

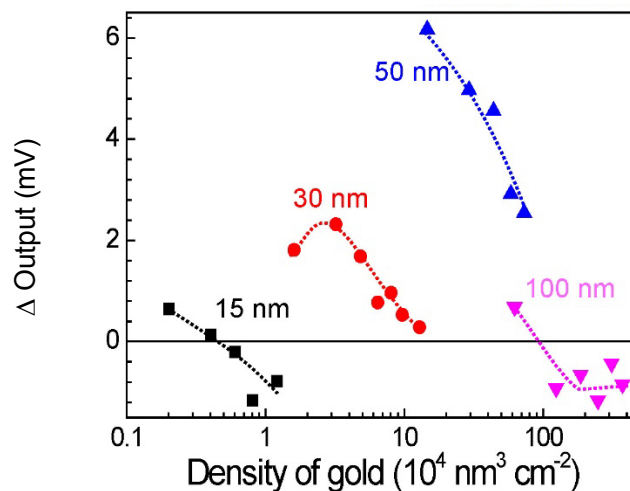


図 3: 金ナノ微粒子を塗布したブラックシリコンを用いた光熱電変換実験結果

以上本研究を通して、プラズモン共鳴を介し光を熱へ変換し、その熱から電気エネルギーを得るシステムを提案した。熱電変換素子は市販のもので約 4%程度の効率を有するが、近年では理論限界が 40%を超える素子の原理が提案されるなど、熱電変換素子の開発も盛んに行われている。これらの素子と太陽電池を組み合わせることにより、微小なエネルギーも無駄なく捕捉し、利用するシステムを構築できるものと考えている。

[参考文献]

- [1] C. Fasciani, et. al, *Org. Lett.*, **2011**, 13 (2), 204–207
- [2] J. R. Adleman, et. al, *Nano Lett.*, **2009**, 9 (12), 4417–4423
- [3] R. Komatsua, Y. Nishijima et. al, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, **2015**, 143, 72-77