

熱を太陽電池向け波長に変換で高効率達成

◆ 京都大学などが熱の輻射を太陽電池に適した波長に変換することに成功

2016年12月、京都大学と大阪ガスは、半導体シリコンにより、太陽などの熱エネルギーを、太陽電池が効率よく発電できる波長の光に変換することに世界で初めて成功したと発表した。このシリコンは図1に示すように、高さが500nm、ピッチが600nm程度のナノ構造体をしている。このデバイスを加熱しても長波長側の輻射光はほとんど出ないで、可視から近紫外に変換されたことを示している。

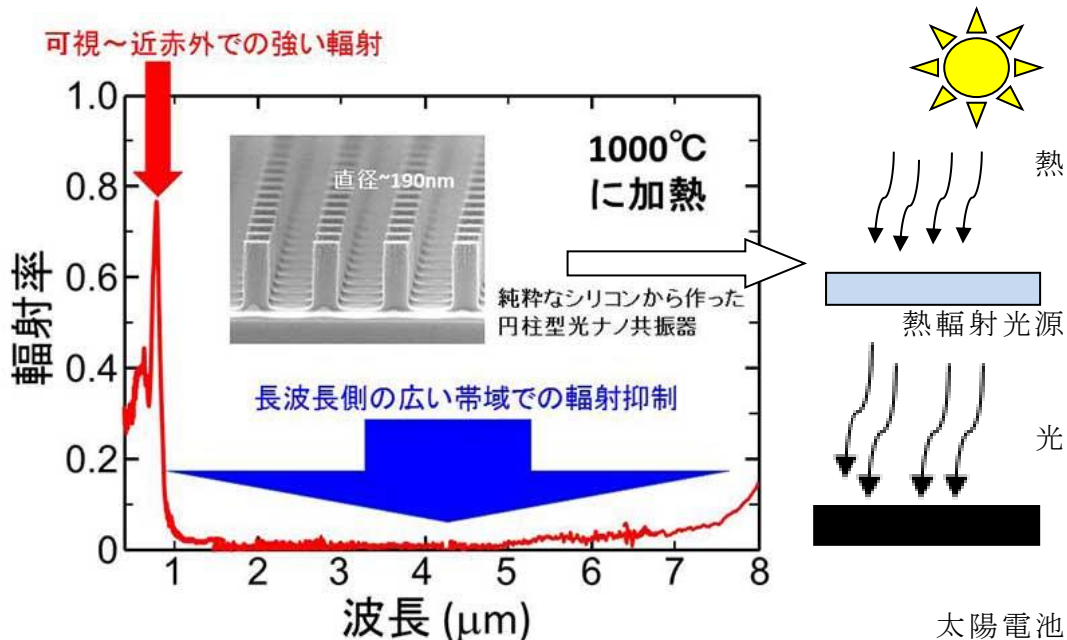


図1. フォトニックナノ構造と1000℃の熱の波長変換の例

(京都大学のホームページより引用、右イラスト図はARC作成)

熱を持つものは輻射により光など電磁波を発しているが、温度によりピーク波長は決まっている。ピーク波長は下記の式で求められる。

$$\text{ピーク波長 } \lambda_m = 2896 / (T + 273) \mu\text{m} \quad \text{ウィーン の 式}$$

この式に当てはめると、1,000℃では2.2 μmになるがその付近の光は出ていない。

太陽光発電で有効な波長は可視光から近赤外付近までに限られているので、太陽光に含まれる遠赤外線は利用できなかった。そのため変換効率が非常に高い単結晶シリコン系でも最高変換効率はセルでおよそ25%程度だが、今回の手法で太陽光を熱に変え、さらに発電に有効な波長に変換することで効率は40%が期待できる。

◆太陽熱を利用する発電はさまざま提案されている

太陽光を集めて熱に変えることで発電する方法はさまざま存在している。例えばタワー型でパラボラ状の鏡で集熱して熱媒を加熱し、その熱でタービンを回転させる方式などで、30%程度の変換効率を得たとの報告がある。ただし、設備的にはかなり大がかりなものになる。その他熱を直接電力に変換する熱電素子もあるが効率が悪く広く使用される状況ではない。熱源は太陽熱以外にも発電所や工場などいたるところにあり、波長変換法は新たな熱電発電としても期待できる。

◆太陽電池は高効率化競争とコストダウンを目指す

16年10月、国は14年後の30年に太陽光発電の電力コストを7円/kWhにすることを目標にすることを公表した。これには太陽光発電設備費を下げる必要があるが、電池のパネル単体よりむしろ現在では架台や工事費など周辺費用の比率が大きくなっている。一方で発電効率を高めることは単位面積あたりの発電量を増やすことになるのでコストダウンには大変有効だ。

各企業や研究機関では、さまざまな構造や方式などで変換効率向上を競ってきた。パナソニックは、アモルファスシリコン（a-Si）保護膜を工夫することで16年にはセル単独で25.6%を達成した（図2）。結晶シリコンの場合には電極との間に欠陥が存在し、そこで電子が再結合することで効率が下がったが、保護層で欠陥を少なくした。長州産業は発電に使えない紫外線を使える波長に変換する封止樹脂を提案する。シャープやカネカなどは電極を受光面から裏面にするなど各社さまざま工夫している（図3）が、やはり25%程度で止まっている。40%超えを目指す最も有力な方法は多接合型だ。これは吸収波長が違うInGaPやGaAsなどを多層化するもので、吸収波長の範囲が広がるため効率が上がる。シャープの開発品では38%に達した。ただしこの方式の最大の問題は製造コストが高くなり現在は用途が宇宙用などに限られることだ。波長変換法には太陽電池自体の効率改善も欠かせない。7円のコストをめざし両方の相乗効果を期待したい。 【松田英樹】

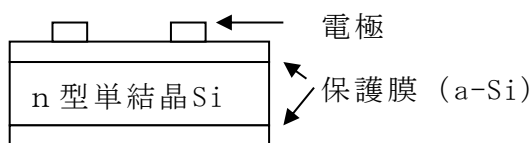


図2. 結晶シリコン型の保護膜構造

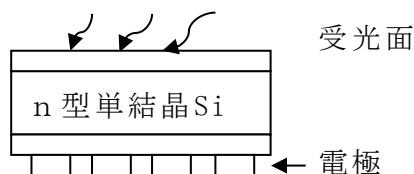


図3. 裏面電極の模式図