

# 効率を2倍にする熱光起電力装置の設計

太陽光からエネルギーを抽出する光起電力 (PV) セルが大いに注目されているが、これと異なるタイプのPV装置も極めて有望である。半導体熱光起電力 (TPV) 装置は太陽電池に似ているが、バンドギャップが小さいため、発電所、自動車、ソーラパワー源の廃熱などの熱源からもエネルギーを抽出することができる。TPV 装置が、その効率を上げることができれば、めったに利用されない珍重品から世界中のエネルギー抽出効率を増大させる重要なツールへと変身できるはずだ。

米ボストン大学のジェン・イン氏とロベルト・ペイエラ氏は、量子カスケード (QC) 半導体構造におけるサブバンド間遷移を使って、広い赤外 (IR) 帯域の光子からエネルギーを捕捉する研究を行っている<sup>(1)</sup>。それぞれ異なるバンドギャップをもつ多重接合を含むこの種の構造は、カスケードステージが同一形式のより簡単ないくつかの IR 光検出器ですでに使われている。

ボストン大学のこの2人の研究者は、QC TPV 構造の最終効率を決定するための性能解析を終え、この構造を利用することで現在の TPV 装置の出力電力を2倍にできることを見出した。

## 4段階装置

彼らを選択した構造は、 $\text{In}_{0.83}\text{Ga}_{0.17}\text{As}$ / $\text{AlAs}_{0.65}\text{Sb}_{0.35}$  量子井戸に基づく一連の異なる QC 段階を統合したバンドギャップ  $0.6\text{eV}$  のヒ化インジウムガリウム ( $\text{In}_{0.67}\text{Ga}_{0.33}\text{As}$ )  $p$ - $n$  接合で構成されている。QC 段階の元素比率を  $p$ - $n$  接合のそれに近づけることによって、全歪み蓄積とそれに随伴する欠陥形成を抑制した。このデバイスはそのままでは TM 偏光だけを吸収するため、TE 偏光光子も吸収されるように埋め込み 2D 反射回折格子を使ってそれらを散乱させた。

モデルでは、四つの異なる QC 構造を含むデバイスが温度  $1300\text{K}$  の黒体放射を受けたと仮定した。この4構造を合わ

せたことによる高い吸収バンドは、 $0.2\text{eV}$  を少し超えた値から  $0.6\text{eV}$  を僅かに下回る値までに至り、 $1300\text{K}$  の黒体放射スペクトルの良好な領域と一致する。

4段階全てにおける電流密度は、設計と一致する  $4\text{A}/\text{cm}^2$  であった。このモデルは、この TPV 装置の短絡回路電流、開回路電圧、曲線因子がそれぞれ  $4.9\text{A}/\text{cm}^2$ 、 $0.92\text{V}$ 、 $63\%$  であることを示した。特に重要なことは、最大出力電力密度が  $2.8\text{W}/\text{cm}^2$  以上になることであった。研究チームは、彼らのモデルを使って、既存の最良 TPV 装置、すなわち実験で約  $0.8\text{W}/\text{cm}^2$  のエネルギー変換を生み出したフォトダイオードの  $1300\text{K}$  におけるエネルギー変換も計算した。このモデルは、検出器の  $p$ - $n$  接合そのものであり、その変換効率は QC 設計の半分に相当する  $1.4\text{W}/\text{cm}^2$  であった。

(John Wallace)

### 参考文献

(1) J. Yin and R. Paiella, Appl. Phys. Lett., 98, 041103 (2011).

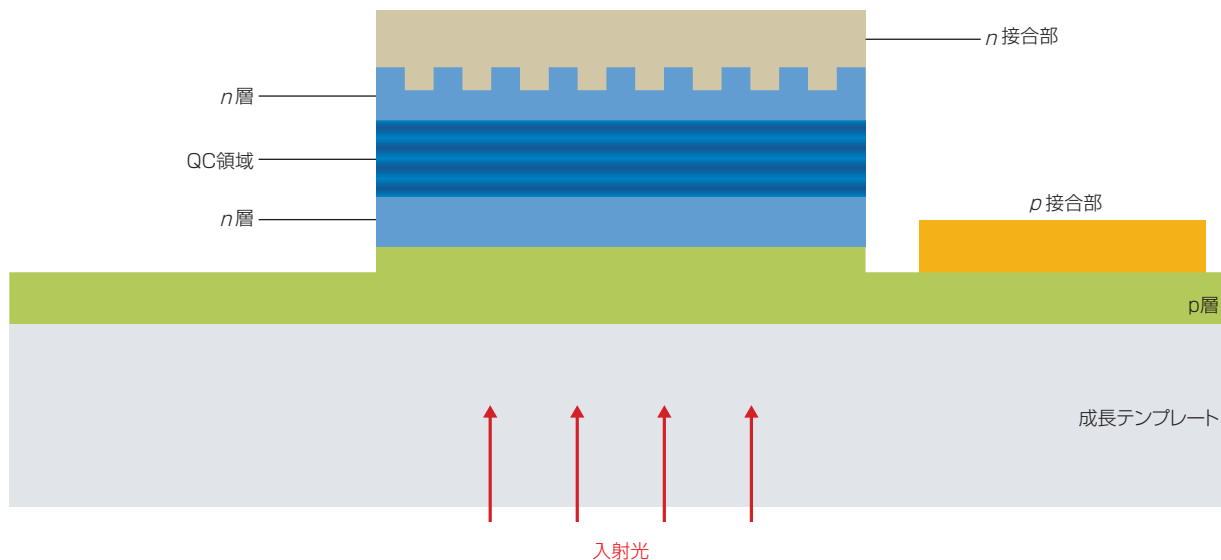


図1 QC TPV 構造は TM と TE 偏光の吸収を最大化するために光を散乱させる埋め込み格子を含む。