

太陽光・熱ハイブリッド型発電装置の開発

電子情報部 再生可能エネルギー技術開発PJ室 ○豊田丈紫 橘泰至 南川俊治

1. 目的

国内の年間発電量に占める再生可能エネルギー(水力を除く)の割合は 2.2%(平成 25 年度)と国の目標値(2020 年までに 10%)に比べると低く、最も普及が進む太陽光発電システムの更なる発電コスト低減が必要である。

複数の太陽電池を積層した多接合型太陽電池は、高い変換効率を得られるため、次世代太陽電池として注目されている(図 1)。また、太陽電池を敷きつめる従来の発電システムと異なり、レンズで集めた太陽光で発電すると効率が向上する特徴を有しており、定格出力当たりの太陽電池使用量を大幅に減らしてコスト低減が可能になる。この方式は太陽を追尾する機構と組み合わせることから追尾集光式太陽光発電システムという。

本研究では、追尾集光式太陽光発電システムの発電量向上による低コスト化を目的とし、太陽光発電に加えてこれまで利用されていない集光熱を活用したハイブリッド(HV)太陽電池を作製し、その発電特性を評価した。

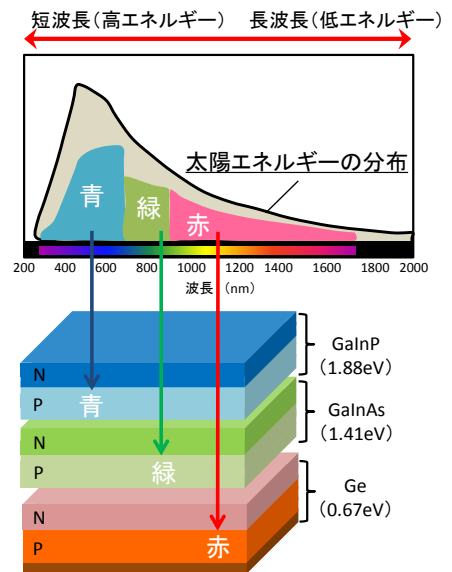


図 1 多接合型太陽電池の原理

2. 内容

2.1 HV太陽電池の試作とその発電特性

本研究で用いた多接合型太陽電池は、GaInP(青色波長用)、GaInAs(緑色波長用)、Ge(赤色波長用)層を接合した 3 接合素子であり、素子サイズは $10 \times 10\text{mm}$ (発電有効面積 98.9mm^2)である。この多接合素子の発電性能の温度依存性を測定したところ、Si系太陽電池の温度係数 $-0.5 \%/^{\circ}\text{C}$ (温度上昇 1°C 当たりの出力低下値)に比べて一桁低い $-0.08 \%/^{\circ}\text{C}$ であり、高温での出力低下を抑制できることがわかった。

試作したHV太陽電池は、多接合型太陽電池に熱を電気として回収可能な熱電変換素子を積層化した構造であり、構成する熱電素子材料は 100°C 域で変換効率が高いBiTe系を用いた。3 種類の熱電素子サイズ($15 \times 15\text{mm}$ (71 p-n対), $20 \times 20\text{mm}$ (95 p-n対), $25 \times 25\text{mm}$ (141 p-n対)の上面に電極を形成し、多接合素子を接合することでHV太陽電池を作製した(図 2)。

レンズで光を集める集光状態では、受光面の多接合素子やそれに接する熱電素子の温度が時間の経過とともに上昇し、発電量の積算値も変化する。このため、HV太陽電池の性能

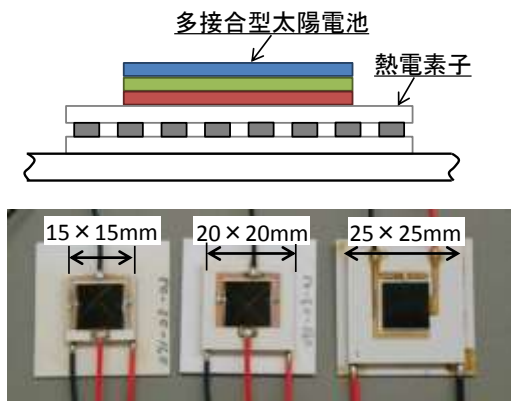


図 2 ハイブリッド太陽電池の構造と試作品

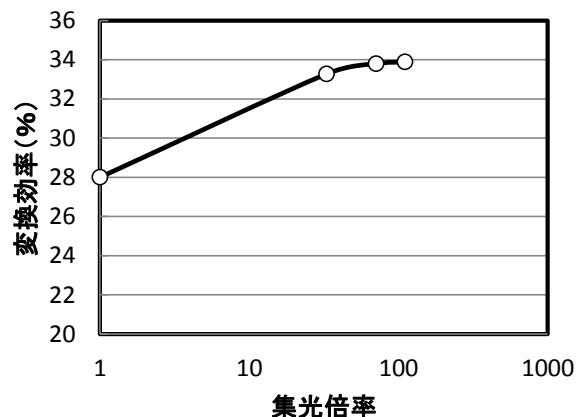


図 3 変換効率の集光倍率依存性

評価は光照射時間をパラメータとする発電量評価で行った。図3に光照射開始直後におけるHV太陽電池(熱電素子:15×15mm)の発電量から算出した変換効率を示す。本結果は温度上昇前のため発電量の積算値は多接合型子の発電量である。変換効率は集光倍率の増加に伴って増加し、111倍集光時に最大34%に達した。

次に連続的な光照射時の発電量評価を実施した。図3の変換効率を1とした場合の照射開始5分後の出力比を図4に示す。集光倍率が高くなるに従い多接合型子の出力が低下する一方で、熱電素子の出力が増加するため、71倍以上では出力比が1を超えた。これは、連続に光が照射する実稼働状態においてHV太陽電池が常に高い変換効率を維持できることを意味しており、高い集光倍率に適した構造であることがわかる。

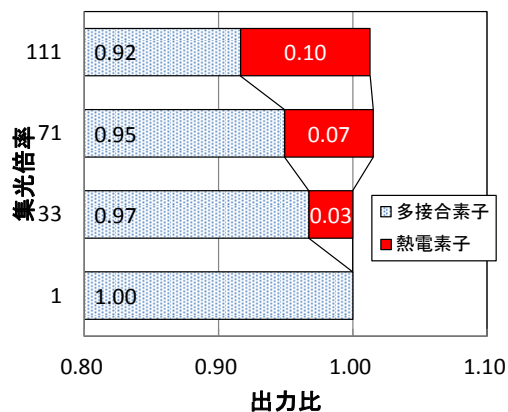


図4 照射開始5分後の出力比

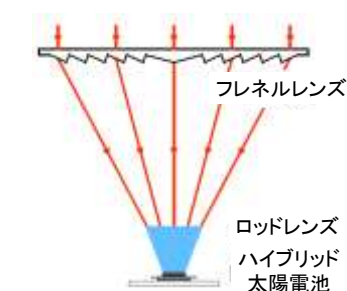


図5 太陽光・熱ハイブリッド型発電装置の構造とその外観

2.2 太陽光・熱ハイブリッド (HV) 型発電装置の発電特性

自然光による発電特性評価を行うため、太陽追尾架台とフレネルレンズを用いた太陽光・熱HV型発電装置を試作した(図5)。フレネルレンズは焦点近傍にて色収差が発生するため、HV太陽電池の前面にガラス製のロッドレンズを配置して照射光の均一化を図った。図6に200倍集光時における発電特性の熱電素子形状依存性を示す。多接合素子の冷却能が熱電素子サイズに大きく影響され、15×15mmで出力比が1.0を下回った。一方で20×20mmで出力比が最も高く1.01であった。開放電圧値から見積られる熱電素子上下端の温度差は、15×15mmで116.1℃、20×20mmで97.8℃であった。すなわち、20×20mmの熱電素子サイズは多接合素子の出力低下を抑制しつつ出力比では1.0を超えるため、伝熱と発電のバランスに優れる構造であることを示す。以上のことから、高集光倍率でHV太陽電池を利用する際には、熱発生源のエネルギー量に応じて構成する熱電素子の受熱面積の最適化を検討することが重要となる。

3. 結果

多接合型太陽電池と熱電素子を積層化した太陽電池を作製して発電特性を評価した。その結果、100倍超の集光倍率において太陽電池単体以上の出力で安定した発電を実現した。

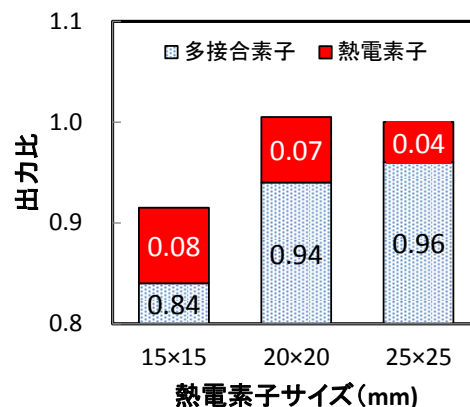


図6 200倍集光時の熱電素子形状ごとの出力比変化