

## 論文内容の要旨

博士論文題目

Evaluation and Optimization of Super High Efficiency InGaP/InGaAs/Ge  
Triple-Junction Solar Cells for Advanced Concentrator Photovoltaic Systems

(高性能集光型太陽光発電システムを目指した超高効率InGaP/InGaAs/Ge 3接合型  
太陽電池の評価および最適化設計)

氏 名 西岡 賢祐

(論文内容の要旨)

超高効率InGaP/InGaAs/Ge 3接合型太陽電池のメリットを活かし、低コストの発電システムを達成する集光発電技術の確立において、集光レンズによる色収差や照射面内における強度分布の影響が問題となっている。また、集光動作における直列抵抗の低減も重要な課題である。本研究では、InGaP/InGaAs/Ge 3接合型太陽電池の高集光下における素子特性の詳細な解析と最適化設計を目指した。

2章では、Ge基板上に格子整合させエピタキシャル成長したInGaP/InGaAs/Ge 3接合型太陽電池を詳細に表現可能な等価回路を構築し、色収差や面内強度分布を考慮した集光特性解析を行った。独自に開発した等価回路は、グリッド電極と同じ個数のユニットを横方向の抵抗により連結したもので、一つのユニットはInGaP、InGaAs、Geの三つのダイオードを直列につないで構成されている。電極の抵抗は、セルから電極を剥離し実際に測定した。横方向の抵抗は、エピタキシャル層のシート抵抗から算出した。回路計算には、Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis (SPICE)を用いた。計算値は実測値に一致し、3接合型太陽電池の集光下における動作解析を精度よく行うことができた。直列抵抗や並列抵抗、およびフレネルレンズにより生じる色収差や面内強度分布が集光特性に及ぼす影響を定量的に評価することができた。

3章では、セルサイズ、電極間隔、電極デザインの最適化に取り組み、500倍集光時に変換効率40%を実現可能な構造を提言した。

4章では 温度特性を詳細に評価した。変換効率の温度係数( $d\eta/dT$ )を30℃ ~ 120℃の温度域において評価した結果、温度上昇による変換効率の減少が集光動作により小さく抑えられるため、集光システムは非集光システムに比べ、高温動作時においてメリットを持つことがわかった。

5章では3接合型太陽電池の温度特性データと直達日射量等の実測気象データを用い、集光システムの発電量について検討を行った。年間発電量を試算した結果、比較的散乱光の多い日本の環境下でも、3接合型太陽電池を用いた集光システムは、シリコンを用いた平板型非集光システムよりも多くの電力をうみだすことがわかった。

以上の結果からInGaP/InGaAs/Ge 3接合型太陽電池は集光型素子として適しており、集光型太陽光発電システムの優位性が示された。

氏名	西岡 賢祐
----	-------

(論文審査結果の要旨)

博士論文題目

Evaluation and Optimization of Super High Efficiency InGaP/InGaAs/Ge Triple-Junction Solar Cells for Advanced Concentrator Photovoltaic Systems

(高性能集光型太陽光発電システムを目指した超高効率InGaP/InGaAs/Ge 3接合型太陽電池の評価および最適化設計)

超高効率InGaP/InGaAs/Ge 3接合型太陽電池のメリットを活かした集光発電システムへの応用が急務となっている。本論文では、InGaP/InGaAs/Ge 3接合型太陽電池の高集光下における素子特性の解析と最適化設計に関して詳細に議論している。

InGaP/InGaAs/Ge 3接合型太陽電池を詳細に表現可能な等価回路を構築し、色収差や面内強度分布を考慮した集光特性解析を行った。独自に開発した等価回路は、グリッド電極と同じ個数のユニットを横方向の抵抗により連結したものである。計算値は実測値に一致し、3接合型太陽電池の集光下における動作解析を精度よく行うことができた。直列抵抗や並列抵抗、およびフレネルレンズにより生じる色収差や面内強度分布が集光特性に及ぼす影響を初めて定量的に評価することができた。また、セルサイズ、電極間隔、電極デザインの最適化に取り組み、40%を超える超高変換効率が実現可能な構造を提言した。

詳細な温度特性評価を行い、温度上昇による変換効率の減少が集光動作により小さく抑えられるため、集光システムは非集光システムに比べ、高温動作時においてメリットを持つことを示した。さらに、3接合型太陽電池の温度特性データと直達日射量等の実測気象データを用い、集光システムの発電量について検討を行い、比較的散乱光の多い日本の環境下でも、3接合型太陽電池を用いた集光システムは、シリコンを用いた平板型非集光システムよりも多くの電力をうみだすことがわかった。3接合型太陽電池は集光型素子として適しており、集光型太陽光発電システムの優位性が示された。

以上の論文内容を慎重に審査した結果、本論文は独自の解析法を述べると同時に新規高効率素子の提案とそのシステム応用を始めて明示した独創的内容を有し、博士(工学)論文として認定できると全審査委員一致で判断した。