

養成技術者の研究・研修成果等

1. 養成技術者氏名： 朴 永 太

2. 養成カリキュラム名：球状シリコン太陽電池の高速実装技術の研究開発

3. 養成カリキュラムの達成状況

(1) 球状シリコン太陽電池の電極形成技術

実施項目：球状シリコンの品質評価（進捗=100%）

球状シリコンの太陽電池セル試作を通じて、球状シリコンへの微細な電極形成法、セル電気特性（オーミックコンタクト、電極ペーストの物性評価、電極の結合強度、変換効率等）の測定法を習得した。光学顕微鏡を用いてシリコン球の表面・断面を観察し、シリコン球の結晶性とセル化特性の相関を解析することにより、シリコン球の品質解析手法を体得した。

次年度実施予定の球状セルの高速度電極形成法について、市販の液滴塗布装置に着目し、高速処理の技術課題と装置導入の検討を前倒して実施した。空圧式の市販装置を導入し、シリコン球保持用治具および搭載用治具の設計・製作、装置による電極形成試作実験を行うことができた。別方式の市販装置については、装置の本体仕様と付帯仕様の技術検討を実施し、次年度導入に目途を立てた。

(2) 球状太陽電池用基板の設計技術

実施項目：実装基板の設計・連続製造技術開発（進捗=100%）

集光効率を高める反射鏡兼基板の形状について、3Dグラフィックソフトを用いて最適形状案を作図し、光学シミュレーションによって性能を検証した。最適形状案について、集光効率と加工コストおよび技術的難易度を考慮した太陽電池基板の製作方法を検討し、基板の試作とサンプル評価を実施した。球状セルを試作基板に実装して電気特性を測定した結果、非実装球状セルより太陽電池性能が向上し、反射鏡兼基板が太陽光を効率的に集光することができることを確認した。

基板連続製造用の加工発注仕様について、メーカーと技術検討を実施した。

(3) シリコン球の太陽電池用基板への実装技術

実施項目：シリコン球の高速技術開発（進捗=100%）

シリコン球の太陽電池基板への高速実装の実現に向けて面実装方式に着目し、球状シリコンの高速等間隔整列・方向合わせの可能性について検討した。面実装方式を具現化するため、数回の予備実験・検討を実施した後、市販の整列用装置を導入した。

市販装置による高速実装の第1ステップとして7個セル基板の実装、第2ステップの600個セル基板の実装、第3ステップの4500個一括実装実験を実施し、各ステップに対応した高速整列・基板実装用治具を設計・作製した。その結果、シリコン球実装の自動化・高速化の基礎技術を得ることができた。

(4) 球状シリコンのマイクロ集光構造のモジュール化技術および信頼性評価技術

実施項目：モジュール化技術の開発、試作・試験評価検討（進捗=100%）

マイクロ集光型セルをモジュール化するために必要なラミネート部材と部材メーカーを調査し、各部材を調達した。モジュール化実験用の簡易小型ラミネーターを設計・試作し、ラミネート実験により球状太陽電池セルのモジュール化のための最適機械的条件を探索した。現在、試作モジュールサンプルの屋外試験にて、耐候性・耐久性等のモジュールの信頼性に対する外的環境要因を調査している。

4. 成果

(1) 球状シリコン太陽電池の電極形成技術

球状シリコン太陽電池は、1mmのシリコン球に微細な電極を形成してセル化し、多数の球状セルを太陽電池用の反射鏡兼基板に実装して太陽電池モジュールを構成する。したがって、大量の球状シリコンの高速電極形成法の開発と個々の球状セルに対する電気特性および品質評価法が必要となる。

・シリコン球の品質および球状セルの電気特性評価手法

シリコン球に微量の電極ペーストを塗布・焼結させて球状太陽電池セルを試作して、I-Vカーブトレーサーとソーラーシミュレーターを用いて電気特性を計測した。その結果、試作セルはオーミックコンタクトがとれ、太陽電池としての性能を有することを確認し、シリコン球セル化工程および太陽電池に関わる要素技術を習得することができた。

試作セルの断面を光学顕微鏡を用いて観察し、その結果を図1に示す。これにより、シリコン球の結晶性とセルの電気特性との相関関係を明確にすることができる。

・高速度電極形成技術

高速電極形成法として市販の空圧を用いた装置を導入した。電極の直径を目標値に塗布するため、装置と電極ペーストに関する可変因子の相関と最適値を求め、管理条件を測定した。所定の位置に正確に電極を塗布するために、図2に示す球状シリコン保持用および位置決め用の治具を設計・製作した。

装置導入により、処理能力は手作業の3.4倍に増加し、電極塗布精度のばらつきを1/3に減少させることができた。また図3と表1に示すように、ディスペンサーにより形成された電極すなわち球状セルは、太陽電池としての性能を有することを確認できた。



図1. 球状シリコンの内部結晶



図2. シリコン球保持治具

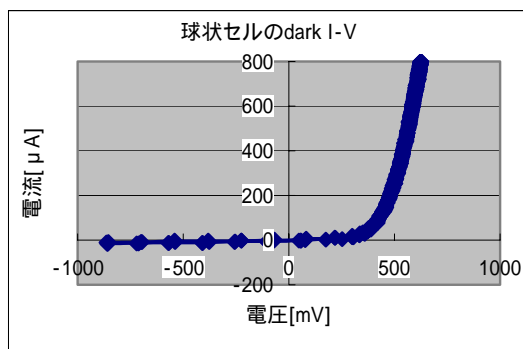


図3. 装置で電極形成した球状セルの電気特性

表1. ペースト条件による電気特性の比較

ペースト条件	Isc	Voc	FF
粘度A(通常)	0.000215	0.5104	0.692
粘度B(装置用)	0.000214	0.5062	0.680
A対B比率	0.995	0.992	0.983

Isc: 短絡電流

Voc: 開放電圧

FF: 曲線因子

(2) 球状太陽電池用基板の設計技術

球状シリコン太陽電池の基板は、凹状の反射鏡を形成することにより、種々の入射角度の太陽光を吸収して集光効率を高めることができる。基板設計においては、集光効率を高める反射鏡の最適形状と形状案を実現させる加工法の検討が必要である。

3Dグラフィックソフトを用いて作図した反射鏡の形状案に対して、集光効率に影響を与える

と考えられる要因について、種々の条件を設定して光学シミュレーションを実施し、その効果を検証した。シミュレーション結果をもとに、加工コストおよび技術的難易度を考慮して、太陽電池基板を製作する工法について技術的課題を検討し、試作基板の製作とサンプル評価を実施した。試作基板へ球状セルを実装して電気特性を測定した結果、表2に示すように球状セルの電気特性が非実装時より向上し、反射鏡兼基板が太陽光を効率的に集光できることを確認した。

表2．基板実装後の球状セルの電気特性

電気特性	変化率(実装前/実装後)
Jsc	0.913
Voc	1.130
F.F.	1.000
Eff	1.030

Jsc：短絡電流密度

Eff：変換効率

(3) シリコン球の太陽電池用基板への実装技術

球状シリコン太陽電池は、太陽電池用基板上に多数ある反射鏡の各々に対して、球状セルを大量にかつ高速で実装させる必要がある。

・シリコン球の高速実装技術開発

球状セルの高速実装法として、市販のパーツ整列装置を導入した。太陽電池基板は反射鏡の大きさが球状セルの2~3倍であるため、基板に直接球状セルを供給して実装すると、1つの反射鏡に複数の球状セルが実装されることが予備実験により判明した。そこで、基板と同ピッチで貫通穴を開けた整列用フィルターを用いて実装する工法を考案し、基板実装治具を設計・作製した。球状セルをフィルター上で整列させてフィルターから基板に実装することにより、各々の反射鏡に球状セルを重複実装することなく、4500個の球状セルを処理時間約65[秒]で基板に実装することができた。

(4) 球状シリコンのマイクロ集光構造のモジュール化技術および信頼性評価技術

通常、太陽電池は屋外に設置されるため、種々の外的環境に耐えられるように太陽電池セルを充填材およびカバー部材などでラミネート加工する必要がある。

・モジュール化技術の開発、試作・試験評価検討

球状太陽電池セルをモジュール化するために、充填材料(EVAシート)、透明部材(白色ガラス)、裏面部材(バックシート)をそれぞれ調達し、図4に示す簡易型のラミネーターを設計・試作した。



図4．試作ラミネーター

試作ラミネーターを用いて球状太陽電池セルのラミネート実験を実施し、温度設定・加熱時間・圧力・加圧時間等モジュール化のための最適な機械的条件を見出した。図5に試作ラミネーターを用いてラミネートした球状太陽電池の試作モジュールを示す。試作モジュールの電気特性を測定した結果、表3に示すようにラミネート加工前よりも変換効率等が上昇することを確認した。



図5．試作太陽電池モジュール

表3．試作太陽電池モジュールの電気特性

電気特性	変化率(ラミネート後/基板実装)
Jsc	1.06
Voc	1.02
F.F.	0.97
Eff	1.03

5. 成果の対外的発表等

(1) 論文発表

なし

(2) 口頭発表

なし

(3) 特許等の出願件数

なし