

滴下法により作製した球状Si太陽電池の結晶評価と高効率化

大前 智史

結晶Si系太陽電池は太陽光発電の実用化に大きく貢献しているが、原料使用量が多く、結晶Si系太陽電池のコスト削減には、インゴットからウエハへの加工時の削り代を極力低減する必要がある。球状Si結晶は溶融Siから直接球状結晶を作製するため、Siの無駄がなく大幅なコストダウンが期待できる。本研究は、この球状Si結晶を用いた低コスト球状Si太陽電池の作製を目的としており、本論文は、滴下法により作製した直径約1mmの球状Si結晶から球状Si太陽電池を作製し、その結晶評価と高効率化について行った一連の研究結果をまとめたものである。

滴下法によって作製される球状Si結晶は多結晶体であり、その表面状態により二種類に分類できた。それぞれの結晶粒の大きさは、表面に凹凸のある球状Si結晶が50-100 μ m程度であるのに対し、表面の滑らかな球状Si結晶は500 μ m以上の結晶粒を含むものであった。この原因は過冷却深さの違いによるものと推察された。さらに、球状Si結晶に対するX線回折法による結晶評価法を確立した。これを用いて、結晶粒の大きい球状Si結晶の結晶構造を検討した結果、滴下球状Si結晶は双晶を含む結晶構造になっていることがわかった。また、Si結晶の観察から、結晶成長初期段階において、円盤状の(111)Si結晶の成長が結晶粒の大きな球状Si結晶を得るために重要であることを明らかにし、結晶成長モデルを提案した。

次に、球状Si結晶を用いて太陽電池を作製しその特性を評価した。太陽電池特性は結晶品質が影響し、高効率化には球状Si結晶の不純物と結晶性の解明と改善が必要である。そこでまず、太陽電池特性と不純物の相関を量子効率と二次イオン質量分析を用いて調べた。その結果、酸素や炭素が太陽電池性能に影響を及ぼしていることがわかり、滴下炉内をAr雰囲気にするにより太陽電池性能を向上させることができた。

次に、X線回折法を用いて、粒内の結晶性が球状Si太陽電池性能に大きな影響を与えていることを明らかにした。これら欠陥の不活性化技術として、水素プラズマ処理を実施し、これによって性能向上に成功した。また、その効果が結晶性に依存することを示し、長波長感度の上昇からバルクパッシベーションの効果を確認した。

本研究はSi結晶の新作製法として滴下法の有用性を実証し、また高効率太陽電池の基板としての可能性と課題を示した。