

論文内容の要旨

博士論文題目

次世代高効率シリコン太陽電池に向けた印刷型ナノテクスチャ構造作製に関する研究

氏名 吉永 征矢

本論文は、次世代高効率シリコン太陽電池に向けたナノインプリント技術を用いた印刷型ナノテクスチャ構造作製に関する研究である。高効率化技術の一つである低反射率化はシリコン太陽電池の場合、シリコン基板をエッチングすることにより形成されるテクスチャ構造と反射防止膜の堆積が主流である。しかしながら、エッチングによるテクスチャ形成法は空乏層領域における再結合電流である J_{02} の増加から開放端電圧である V_{oc} の低下が懸念されている。本研究では基板加工することなく低反射率化を実現する方法として、印刷技術の一つであるナノインプリント技術によるテクスチャ形成法に注目し、印刷技術によるテクスチャ形成法が太陽電池特性へ与える影響を数値解析と実験の両面から検証した。本論文は 5 つの章から構成されている。

第 1 章では背景と目的、第 5 章では結論と今後の展望を記述した。

第 2 章では、複数のシミュレーターを利用し、印刷技術によるテクスチャによる光伝搬や反射率など光学解析を中心に数値解析を行った。さらに印刷型テクスチャの問題点として基板とテクスチャの屈折率差による界面反射に注目した。この問題点を解決するため高屈折率材料である **Si-rich-SiN** の挿入を提案し、反射率の低下につながることを見出した。

第 3 章では、第 2 章で提案した **Si-rich-SiN** のアニール温度による影響を検討した。**Si-rich-SiN** はアニール温度変化により屈折率は大きく変化することが確認された。その原因は従来報告されていた膜密度だけではなく、結合状態の変化も大きく影響することが明らかとなった。

第 4 章では上記の結果を踏まえ、熱ナノインプリント技術によるテクスチャ作製を行い、低反射率化と高効率化を目指した。ナノインプリント技術によるテクスチャを使用することで低反射率だけでなく、太陽電池化した場合、エッチングテクスチャに比べ J_{02} の増加を抑制し高い V_{oc} となることを実証した。

氏名	吉永 征矢
----	-------

(論文審査結果の要旨)

本論文は、次世代高効率シリコン太陽電池に向けたナノインプリント技術を用いた印刷型ナノテクスチャ構造作製に関する研究である。シリコン太陽電池のテクスチャ形成法の主流であるエッチング法から、印刷技術の一つであるナノインプリント技術によるテクスチャ形成法に切り替えることで、印刷技術によるテクスチャ形成法が太陽電池特性へ与える影響を数値解析と実験の両面から検証した。本論文より、以下の結果が得られた。

(1) 複数のシミュレーターを利用し、印刷技術によるテクスチャによる光伝搬や反射率など光学解析を中心に数値解析を行い、テクスチャの形状とサイズ、テクスチャ材料の最適化を行った。さらに印刷型テクスチャの問題点として基板とテクスチャの屈折率差による界面反射に注目した。この問題点を解決するため高屈折率材料である **Si-rich-SiN** の挿入を提案し、反射率の低下につながることを見出した。

(2) 提案した **Si-rich-SiN** の熱ナノインプリント技術に向けたアニール温度による影響を検討した。**Si-rich-SiN** はアニール温度変化により屈折率は大きく変化することが確認された。XPS 測定より、**Si-rich-SiN** の屈折率変化は **Si-Si** 結合と相関関係を持つことが示された。したがって、屈折率上昇の原因は従来報告されていた組成比や膜密度だけではなく、結合状態の変化も大きく影響することが明らかとなった。

(3) 上記の結果を踏まえ、熱ナノインプリント技術によるテクスチャ作製を行い、低反射率化と太陽電池応用における高効率化を目指した。その結果、テクスチャ形成前の平坦型太陽電池から短絡電流密度 J_{sc} が 61% 上昇した。またナノインプリント技術によるテクスチャを使用することで低反射率だけでなく、太陽電池化した場合、エッチングテクスチャに比べ空乏層領域における再結合電流 J_{02} の増加を抑制し高い開放端電圧 V_{oc} が得られることを実証した。

以上のように本論文は、印刷型テクスチャ構造の形状やサイズによる反射率や太陽電池特性へ与える影響を検証し、印刷型テクスチャとエッチングテクスチャにおける J_{02} の比較を実証したことは学術的に意義を持つ。したがって審査員一同は本論文を博士（工学）の学位論文として価値あるものと認めた。