

氏 名	しば 柴 田 のぼる 登
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 乙 第 5 号
学位授与の日付	平成 4 年 11 月 19 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	シリコン太陽電池の反射防止膜に関する研究
審 査 委 員	(主査) 教 授 橘 邦 英 教 授 塩 尻 詢 教 授 堤 誠

論文内容の要旨

シリコン系太陽電池の実用化に向けての最重要課題である高効率化に関して、本論文はその技術的方策の1つである反射防止膜の作製法とその特性についての研究成果を述べたもので、7章により構成されている。

第1章は序論で、効率改善における反射防止膜の重要性を述べ、それに要求される性能や従来の反射防止膜とその作製法の問題点を整理し、本研究の位置づけを行っている。

第2章は湿式処理法による反射防止膜の形成に関するものである。BN 拡散法によって作製した pn 接合型単結晶 Si 太陽電池を、光照射下でフッ化水素酸溶液中において短時間処理するだけの工程で、受光面のみに適当な反射防止膜が形成されることを見出した。その機構として、光起電力によって+に帯電した表面が、その電界の作用によって溶液中の F^- イオンを取り込んで、拡散層の格子間に存在するホウ素と結合してできた B-F 反応層が反射防止膜として作用していることを示した。このような簡便な作製法でも短絡電流密度および真性変換効率において、約30%の改善が得られることを確認している。

第3章では、 SiH_4 と N_2 ガスを原料とするプラズマ CVD (化学気相堆積) 法によって作製した窒化珪素 (SiN) 膜を反射防止膜として使用する試みについて述べている。膜中に混入する酸素原子を低減し、O/N 比を 1/4 以下に制御した場合、SiN 膜の原子組成比 Si/N と屈折率 n に比例関係が得られることを示し、 $n=1.3\sim 3.5$ の範囲で変化させることに成功している。また、そのように形成した薄膜を反射防止膜として用いて、短絡電流密度および実用変換効率の両者において、約40%の改善を実現している。

第4章では SiH_4 、 N_2 に O_2 ガスを原料として加え、プラズマ CVD 法によって連続的に SiO_x/SiN_xO_y の2層膜を作製したとき、その界面において上層の SiO_x 膜中の酸素が下層の SiN_xO_y 膜中に拡散し、逆に窒素は上層へ拡散して遷移領域が形成され、実効的に屈折率が連続的に変化する傾斜接合多層膜として作用していることを解明した。また、このような薄膜を反射防止膜としたとき、短絡電流密度で50%台、実用変換効率で60%台の改善が得られることを示した。

第5章では、 SiH_4 と NH_3 を原料とした光励起 CVD によって作製した SiN 膜の特性をプラズマ CVD の場合と比較検討している。光励起プロセスではイオン衝撃などによる損傷が低減されるため、界面特性の改善が見られたが、低温で作製された膜では特性の経時的な変化が大きいという結果となった。その原因として、Si-O と Si-N の結合力の大きな差異によって、空気中の酸素による Si-N 結合の切断、酸化が起こり、Si-O 結合へ転換されることを示した。

第6章では、プラズマ CVD の場合にイオン衝撃によって太陽電池の受光面の Si が受ける影響を詳細に検討し、スパッタリングやエッチングで発生する格子欠陥が再結合中心となったり面抵抗を増加させるため、太陽電池の特性を劣化させていることを示した。その結論に基づいて、光 CVD とプラズマ CVD

の併用で2層膜を形成することによってこの問題点を回避し、特性が大幅に改善できることを実証している。

第7章は結論で、全体の内容を要約している。

論文審査の結果の要旨

高効率太陽電池の実用化において、表面での反射損失の低減が最大の課題の一つである。その解決のためには、太陽光のスペクトル領域での反射損失が少なく、耐環境性に優れた反射防止膜の開発が鍵となる。本研究では、種々の特長の異なった反射防止膜の作成法を検討し、太陽電池の短絡電流密度や真性変換効率などの特性の大幅な改善を図っている。まず、光照射下での弗酸によるウェット処理で、ドーパントのホウ素との反応で形成された薄層が反射防止膜として機能することを見出し、簡便な製造法を確立した。次に、シランと窒素ガスを用いたプラズマ CVD 法で SiN 薄膜を作成し、Si/N 組成比の制御によって屈折率を大きく変化させて、単層の反射防止膜としての最適化を行った。さらに、酸素を原料に加えて $\text{SiO}_x/\text{SiN}_x\text{O}_y$ から成る2層膜を形成し、特性を大きく向上させた。また、光励起 CVD プロセスを併用してプラズマ CVD におけるイオン衝撃の影響を低減し、大幅な特性改善を実現した。

このように、本論文の内容は、数多くの詳細な実験データを基にして、反射防止膜の簡便な新しい作製方法を確立したものであり、実用的にも学術的にも価値の高い研究結果が得られていると認められる。従って、申請者の論文は博士の学位に十分に値するものと判定する。なお、本研究の目的は、工業上重要な太陽電池の反射防止膜の作製法の開発であり、主に工学の観点から問題の追求と解決を図ったものであるから、付記する分野としては工学が適切である。