

小林 光

大阪大学 産業科学研究所
教授

相界面制御法による極低反射率の達成と結晶シリコン太陽電池の超高効率化

§1. 研究実施体制

(1)「小林」グループ

- ① 研究代表者:小林 光 (大阪大学産業科学研究所、教授)
- ② 研究項目:シリコンナノクリスタル層の物性解明と結晶シリコン太陽電池、発光材料、及びリチウムイオン電池への応用
 - ・相界面制御法による極低反射率シリコン表面の形成
 - ・シリコンナノクリスタル層のパッシベーション技術の開発
 - ・シリコンナノクリスタル層を用いる太陽電池の創製と高効率化
 - ・シリコンナノクリスタルの形成と発光観測

(2)「古川」グループ

- ① 主たる共同研究者:古川 薫 (新興製作所、顧問)
- ② 研究項目:シリコンナノクリスタル、シリコンナノパーティクルの形成及び洗浄法の開発と、発光材料、リチウムイオン電池への応用
 - ・相界面制御法によって形成されたシリコンナノクリスタル層の洗浄技術の開発
 - ・シリコンナノパーティクルからのリチウムイオン電池負極の形成

(3)「肥後」グループ

- ① 主たる共同研究者:肥後 徹 (日新化成、室長)
- ② 研究項目:シリコンナノクリスタル、シリコンナノパーティクルの粒径制御と、発光材料及びリチウムイオン電池負極への応用
 - ・シリコンナノパーティクルの形成と発光材料への応用
 - ・シリコンナノパーティクルからのリチウムイオン電池負極の形成

§2. 研究実施の概要

相界面制御法では、図 1a に示すように $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HF}$ 水溶液に浸したシリコンウェーハに白金触媒メッシュを接触させるだけで、瞬時にシリコン表面にシリコンナノクリスタル層(図 1b)が形成される結果、シリコン表面の反射率が極低化する。25 年度は、市販太陽電池に用いられている 6 インチサイズのシリコンウェーハ全面において極低反射率化する方法を開発した。

開発した装置を用いて 6 インチサイズのシリコンウェーハを処理した場合、全面において 2~3%の極低反射率が得られた。単結晶シリコンウェーハのみならず、多結晶シリコンウェーハについても 2~3%の極低反射率が達成できた。

シリコンナノクリスタル層の高分解能断面透過電子顕微鏡(TEM)観察から、ナノクリスタルのサイズが表面近傍では小さく、深さと共に増加することがわかった。シリコンナノクリスタル層中の平均空孔率は約 60%であり、空孔率は表面領域のほぼ 100%からシリコンナノクリスタル層/結晶シリコン界面でのほぼ 0%まで連続的に変化し、したがって屈折率が連続的に変化することがわかった。空孔率から計算された屈折率から有効媒質近似を用いて計算した反射率は 2.0%と、実測した反射率 1.9%とほぼ一致した。

シリコンナノクリスタル層/結晶シリコン構造に良好な電気特性を持つ pn 接合形成法の形成条件を見出すため、拡散温度、拡散時間を最適化した。また、バックサーフェスフィールド(BSF)を形成するため、p 型単結晶シリコン裏面にボロン拡散を行った。その後、表面銀電極、裏面アルミニウム電極を形成して、反射防止膜を必要としない太陽電池とした。極低反射率のため反射防止膜を形成しなくても高い光電流密度が得られていたが、光起電力が 570mV 程度と高くなかった。pn 接合形成法と BSF 形成を同時に行う同時拡散法の条件を検討した結果、開放光起電力を 598mV まで増加することができた。

さらに光起電力を増加するため、表面パッシベーション法の検討を行った。熱酸化法を用いるパッシベーション法によって、p 型単結晶シリコンの少数キャリアーライフタイムを 571 μs まで向上させることができた。

シリコン切粉から粉砕法を用いて 10nm 以下のサイズのシリコンナノパーティクルを形成する方法を開発した。形成したシリコンナノパーティクルを用いてリチウムイオン電池の負極を形成した。従来の黒鉛負極に比較して飛躍的に高い容量を達成できた。

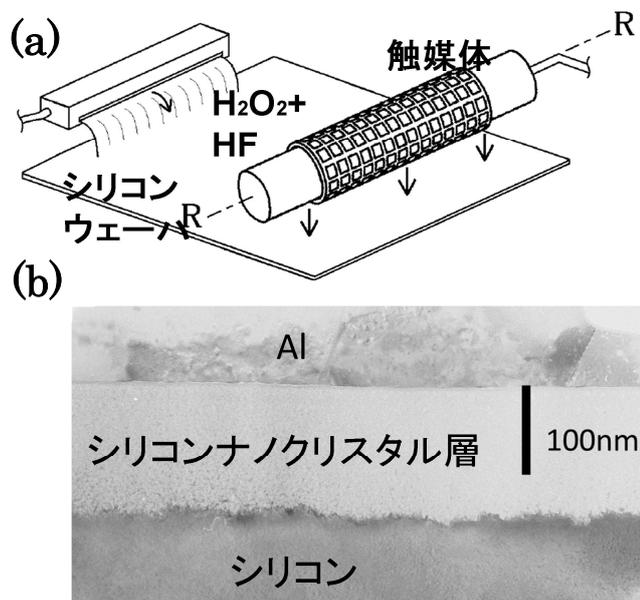


図 1 相界面制御法による極低反射率シリコンウェーハの形成方法(a)、相界面制御法でシリコン上に形成されるシリコンナノクリスタル層の断面 TEM 写真

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

論文詳細情報(国際)

1. S. Jurecka, H. Angermann, H. Kobayashi, M. Takahashi, E. Pinčík, Multifractal analysis of textured silicon surfaces, Appl. Surf. Sci. *in press*.

(3-2) 知財出願

- ① 平成 25 年度特許出願件数 (国内 2 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 2 件)