

課題番号 : F-13-TT-0022
利用形態 : 技術代行
支援課題名 (日本語) : 結晶シリコンの電気特性の面方位依存性の評価に関する技術支援
Program Title (in English) : Technical assistance for the evaluation about orientation's dependence of electrical properties in the crystalline silicon
利用者名 (日本語) : 小椋厚志, 池野成裕, 船越正輝, 原慎一
Username (in English) : Atsushi Ogura, Norihiro Ikeno, Masaki Funakoshi, Shinichi Hara
所属名 (日本語) : 明治大学理工学部電気電子生命学科
Affiliation (in English) : Department of Electronics and Bioinformatics , School of Science and Technology, Meiji University

1. 概要 (Summary) :

現在、多結晶シリコン太陽電池は低コストかつ比較的高い変換効率を示すことから注目を集めている。しかし、多結晶シリコンの変換効率は結晶粒界、転位や小角粒界などの粒内欠陥、金属や軽元素による不純物などの特性劣化要因が存在するため、これらの影響および特性を理解することが重要である。本研究では、粒内欠陥の1つである小角粒界に着目し、深い準位のフォトルミネッセンス(PL)の発光特性を解析することで欠陥および不純物に関する小角粒界に対する影響を評価した。また、鉄による強制汚染が小角粒界に与える影響と小角粒界の結晶構造の違いが少数キャリア再結合および発光特性に及ぼす影響を併せて調査した。

2. 実験 (Experimental) :

実験では、一方向性凝固法で作製したボロンドープの多結晶シリコン基板を用いた。試料はスライス後、フッ硝酸によりダメージ層を除去し、EBSD法を用いて小角粒界を形成する面方位差を測定した。小角粒界における少数キャリア再結合特性と発光特性をそれぞれEBIC法およびPL法で評価した。PL測定は励起波長785nm、ビーム径約1 μ mのレーザーを使用し、室温で行った。鉄による強制汚染はFeCl₃を拡散源としてAr雰囲気中で1000°C、1時間熱処理することにより行い、汚染前後の特性を比較した。また、ゲッターリングによる影響を調べるためにP₂O₅塗布後、Ar雰囲気中で1000°C、1時間熱処理を行った後、PL測定を行った。

3. 結果と考察 (Results and Discussion) :

Fig.1(a), (b)に鉄汚染前後のPLスペクトル、(c)にゲッターリング後のPLスペクトルを示す。スペクトルより、0.78eV付近にピークが観測された。これらは粒界周辺の歪に捕獲された点欠陥または不純物によるD_{a1}発光と考えられる。小角粒界を形成する面方位差によって0.78eVよりも高エネルギー側のスペクトルの形状が異なった。面方位差5°では、0.87eV付近に強い発光が観測されたが、面方位差が小さくなるにしたがって高エネルギー側の発光が弱くなっている。また、同じ面方位差の小角粒界を比較すると、汚染前後でD_{a1}発光には大きな変化が見られなかったのに対して、汚染後に高エネルギー側の発光が弱くなった。0.87eV付近の発光は酸素析出物起因によるD_b発光と考えられる。また、ゲッターリング前後でPLスペクトルの形状はあまり変化しなかった。したがって、鉄汚染プロセスは酸素析出に起因する発光に影響を与えていると考えられる。

Fig.2に面方位差が1°以下の小角粒界におけるPLスペクトルを示す。スペクトルより0.83eV付近に強い発光が観測された。Fig.3に面方位差が0.4°の小角粒界におけるPL強度とEBICコントラストの比較を示した。ねじれ成分が強い小角粒界は傾角成分が強い小角粒界よりも強いPL強度を示した。EBICコントラストについても同様な傾向を示した。以上のことからEBICコントラストによって評価した小角粒界の少数キャリア再結合特性は0.83~0.87eVの領域の高エネルギー側のPL発光特性に強く関連していると考えられる。

4. その他・特記事項 (Others) :

今後の課題

本研究では、PLスペクトルのピーク位置や強度と少数キャリア再結合特性の関連性を評価した。小角粒界を

形成する面方位差ならびに結晶構造による違いについて、透過型電子顕微鏡等を用いて評価する予定である。

謝辞

本研究は豊田工業大学、大下祥雄教授、立花福久氏、梶原建氏のご助力に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 太陽電池の基礎と応用 山口 真史,M.A.グリーン, 大下 祥雄,小島 信晃共著
- 2) M. Tajima et al., J. Appl. Phys., Vol. 111 (2012), p. 113523.

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

- [1] M. Funakoshi et al., 23rd International Photovoltaic Science and Engineering Conference, Taipei, 2013.10.29

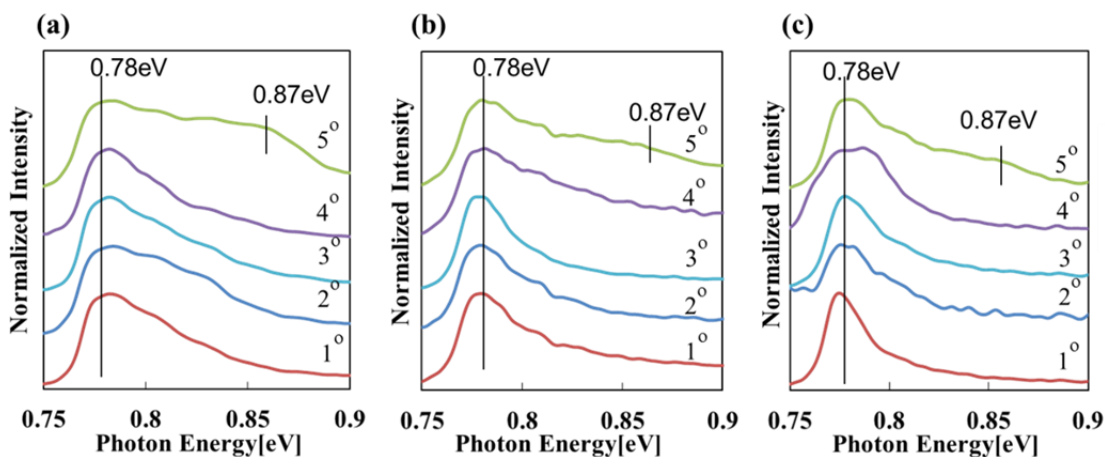


Fig. 1 PL deep level spectra at SA-GBs with various misorientation angles, (a) as-grown, after (b) Fe contamination, and (c) P gettering.

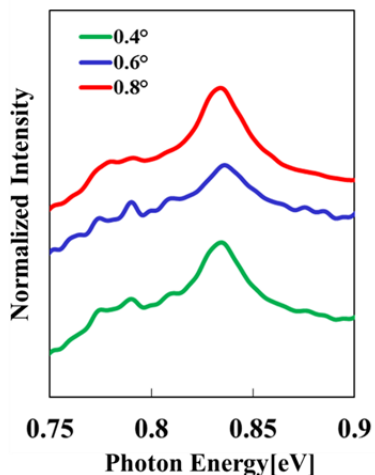


Fig. 2 PL spectra at SA-GBs with misorientation angle of $<1^\circ$.

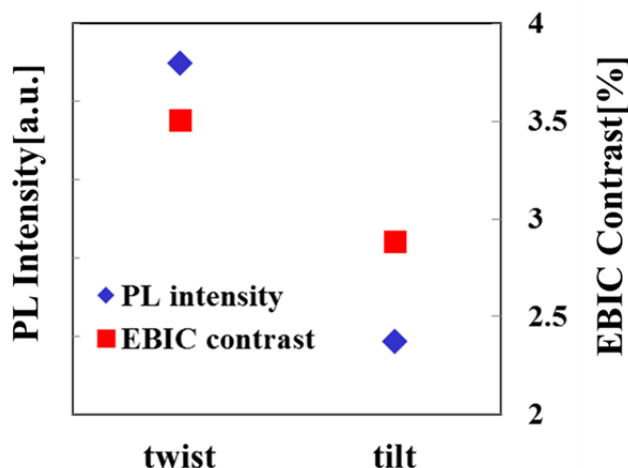


Fig. 3 PL intensities and EBIC contrasts at SA-GBs with 0.4° misorientation.