

EU-PVSEC ショート速報[結晶 Si 関連]

大平圭介 (北陸先端科学技術大学院大学)

会議名 : 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference

開催期間 : 2008 年 9 月 1 日 - 5 日

開催場所 : Valencia, スペイン

*****要 約*****

バルク結晶 Si 系のセッションでは、Si 原材料の有効利用に関連する技術について、多くの興味深い報告がなされた。特に、イオン注入と加熱劈開によりカーフロス無く薄板 Si の直接形成が可能な技術、熔融 Si に異種基板面を接触させて多結晶 Si 板を直接形成する技術は強い関心を引いた。また、電極焼成時の基板の反りの問題の無いヘテロ接合太陽電池、ハンドリングとモジュール化が容易で高効率化も可能な裏面電極型太陽電池においても、特性向上の報告とともに薄型化の検討が本格的になされつつある。

1. はじめに

バルク結晶 Si 系太陽電池の直面している大きな課題として、Si 原材料不足およびさらなる低コスト化がある。そのため、基板の薄型化技術、モジュール化が容易な裏面電極型太陽電池、電極焼成による基板の反りの問題を回避できるヘテロ接合型太陽電池に研究開発の主眼が置かれている。また、Si 原料の有効利用の観点から、リサイクル Si の検討も盛んであり、その際形成される B および P が co-doping された多結晶の性質についての議論もなされている。

2. 薄板 Si 基板作製技術

2. 1 カーフロスの回避

Silicon Genesis Corporation (米国) から、H⁺イオン注入→加熱による劈開というプロセスで、カーフロス無く 50 μm 厚のウェハー作製を行う技術に関する報告があった。イオン注入を Si 全面ではなく端部にのみ行って加熱劈開することで、イオン注入量を全面照射の場合の 1/10 に減少できるとともに、劈開面を平らに (研磨不要) することが可能である。IMEC からも、Si 上に強い歪みを持った薄膜を形成し、50 μm 厚の基板をカーフロスなく作製する技術 (Stress-induced Lift-off Method; SLIM cut) の報告があった (5 月の米国 IEEE 会議で既発表であるためか、今回はポスターに回っていた)。カーフロスが無くなる点では高い優位性があるが、いずれも一枚ずつの基板形成となるため、プロセスの低コスト化とともに高スループット化が今後課題になると感じる。

2. 2 薄板多結晶 Si の直接形成

シャープから、新規多結晶ウェハー形成技術が報告された。熔融 Si 表面にとある基板を面接触させると、基板表面からコラム状の結晶成長が起こる。その後基板から形成された Si 板を剥がし、基板は再利用する。面積 250 cm² の Si 板の形成と、変換効率 14.8% のセル作製に成功している。これまでのリボン結晶等と

比較してスルーポット面での優位性も主張している。

3. 裏面電極型太陽電池

基板に多数の穴を開けドーピング層を裏面に回り込ませることで、表面にドーピング層を残しつつ両電極を裏面に形成するEmitter Wrap Through (EWT)型太陽電池と、接合自体を裏面に形成するBack junction型に大別される。京セラからは、EWT型の構造を用いて、 233.3 cm^2 という市販品サイズではレコードとなる変換効率 18.3%が報告された。薄型化の検討も行っており、 $100 \text{ }\mu\text{m}$ 厚のSi板を用いて効率 17%のセル作製に成功しているものの、Alペーストを利用しているため基板の反りの問題は解決していない。そのため今後、ヘテロ接合型およびBack junction型へシフトしていくとのことであるが、直後のQ-cellsからの発表でも主張されていたように、楕形電極のピッチ間距離の分キャリアの横方向の拡散が必要なBack junction型は、単結晶Siと比べ拡散長の短い多結晶Siでは不利であり、構造の変更か、拡散長の飛躍的な向上が必要であると感じた。

Back junction型太陽電池については、口頭ではシャープ、フラウンホーファーから報告があった。フラウンホーファーは、小面積(4 cm^2)ではあるものの、効率 21.3%のセル作製に成功している。しかし、基板と同極性のドーピング層上で量子効率が低減してしまう現象（表面電極が無いにも関わらず電極の形が電流マッピング像に現れるため、Electrical shadingと呼ばれる）が確認されており、この構造における課題の一つとなっている。逆に、同じBack junction構造でセル効率 23.4%を達成 (IEEE会議にて報告) しているSunPower社の技術力の高さがうかがえる。

4. ヘテロ接合太陽電池

三洋電機から、いわゆる HIT 太陽電池の、最高モジュール効率の更新の報告(20.6%)があった。薄型基板利用の検討も行っており、基板厚の減少にともない開放電圧が向上する傾向にあり、電流低減による効率の減少は小さく抑えられるとのことである。 $85 \text{ }\mu\text{m}$ 厚の基板を用いたセルで、21.4%の効率を実現している。

Applied Materials 社からは、HIT 太陽電池に類似した新規構造の提案がなされた。結晶 Si 表面に 1 nm 程度の極薄絶縁膜を形成し、その上にドーピング層として高ドーブの poly-Si を RTA で形成する。電流はトンネル電流として流す。この構造の長所として、1) 絶縁層が良質のパッシベーション膜として働くため、表面再結合を抑えられる、2) 空乏層を良質の結晶側のみ形成できるため、空乏層での再結合を減少できる、3) HIT 構造で用いる a-Si と比べドーピング層の移動度が高いため、面抵抗の減少が可能である、4) poly-Si 層はドーピング a-Si 層堆積と RTA で形成でき、極薄絶縁膜も数 10 秒の酸化処理により形成できるため、プロセスも容易である、などが挙げられる。変換効率 12%を超える太陽電池の試作にも成功しており、太陽電池構造の選択肢の一つとしての発展が期待される。

5. co-doping 多結晶 Si

ISC とエルケムソーラーの共同研究において、結晶内に B, P 両方のドーパントが存在した方が、B-O 結合による欠陥生成を P と B の相互作用により抑制できるとの主張がなされている。一方、オーストラリア大学のグループは、Fe-B ペアの濃度は、(B 濃度) - (P 濃度) で決まる平均キャリア濃度ではなく B 濃度の絶対値で決まるため、同じキャリア濃度の場合、co-doping の方が少数キャリアライフタイムは短くなると主張している。co-doping 多結晶の有効利用のために、今後ますます詳細な現象が明らかになっていくと予

想される。

6. おわりに

ヨーロッパでは特にバルク結晶 Si 系の研究開発が盛んであることもあり、論文投稿数も全体の 25%と抜きんでて高く、また口頭発表はすべて、今回の会場における最大の収容人数の部屋を用いて開催されるなど、聴講者の関心も高い印象を受けた。Si 原料の有効利用に向けた研究開発は特に注力されている分野であり、今後も継続して注目が必要であると感じる。