

ダイヤモンドマルチワイヤーソーで加工した 薄型ウエハの表面評価及び機械的強度の測定

1福田哲生、2小野裕道、1鈴木信隆、1森谷正昭、1棚橋克人、1白澤勝彦、1高遠秀尚、2本田和夫

1: 産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 太陽光チーム

2: 福島県ハイテクプラザ 技術開発部 生産・加工科

研究の目的

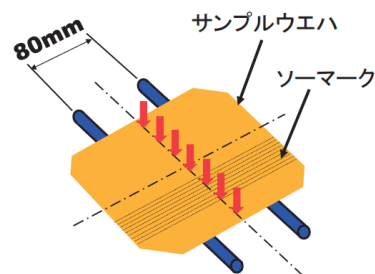
結晶シリコン太陽電池セルのコストダウンと発電効率の向上のために、我々は単結晶シリコンブロックからの薄型ウエハ($\leq 120\mu\text{m}$)の加工およびこれらを用いたセルの開発を行っている。薄型ウエハは従来厚さ($180\mu\text{m}$ 程度)のウエハと比べて割れ易いため、この原因究明と対策に取組み始めたので、これまでに得られた知見を報告する。

実験方法

断面が $156\text{mm}\times 156\text{mm}$ の疑似正方形で長さが $210\text{mm} - 250\text{mm}$ の単結晶シリコンブロックから、電着固定ダイヤモンドワイヤーを用いたマルチワイヤーソーで $120\mu\text{m}$ 厚さのウエハを加工した。ここでブロックの実加工時間は4.3時間、切断完了後にワイヤーをブロックから引き抜いた時点での歩留まりは99.88%である。次にブロックの新線側、旧線側からウエハを数10枚ずつ取出し、水洗のみを行って評価用サンプルとした。

図1に示す3線曲げ試験法でウエハの破壊強度を測定した¹⁾。このとき、ワイヤー運動と垂直方向のエッジが他の二つのエッジと比べて著しく加工ダメージを受けていると考えられるので、この影響を受けないように、ソーマークに対して直角方向に荷重を負荷した。

またレーザー顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡(SPM)、触針式粗さ計でそれぞれ表面凹凸を、走査型電子顕微鏡(SEM)で断面観察を行った。



↓: 荷重負荷位置および方向

図1. ウエハの3線曲げ試験方法

結果および考察

図2にレーザー顕微鏡、SPMによるウエハ表面の観察画像を示す。よく知られているように、ソーマーク方向に細長いピットがほぼ一列に集中した領域とピットが殆んど存在しない領域との繰り返し構造が現れている²⁾。SPM画像から、ピット周辺に亀裂が発生している様子が観察された。図3にSEMによる断面観察結果を示す。(1)、(3)はピット直下に典型的なパターンのクラックが存在することを示している。一方(2)はピットの無い領域にもクラックが存在することを示しているが、(1)、(3)と比べてクラック密度が明らかに低い。以上から、ピット表面の亀裂や直下のクラックがウエハ破壊強度の支配的要因と考えられる。

図4にウエハの破壊強度の測定結果を示す。旧線側のウエハは強度バラツキが小さいのに対し、新線側のウエハは低強度側にばらつきが大きい。電着固定ダイヤモンドワイヤーで厚さ $200\mu\text{m}$ のウエハを加工して破壊強度を測定したところ、図4のような違いは見られなかった。従って新線側に低強度ウエハの現れる現象は薄型ウエハに特有であると考えられる。

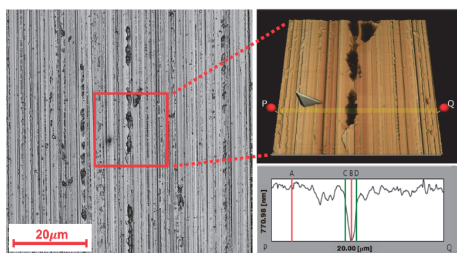


図2. レーザー顕微鏡、SPMによる表面観察画像

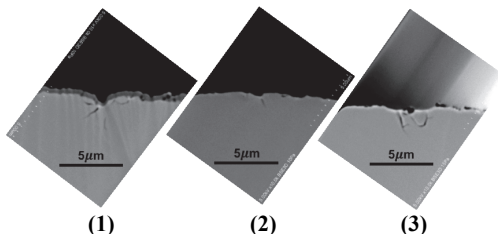


図3. SEMによる断面の観察画像

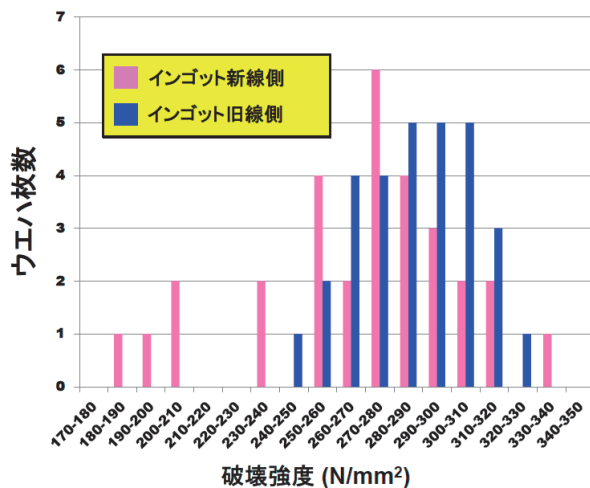


図4. ウエハの破壊強度の測定結果

結論

薄型ウエハ($120\mu\text{m}$)の表面、断面観察および破壊強度の測定を行い、次の結論を得た。

1. ソーマーク方向に細長いピットの周辺及び直下には亀裂やクラックが存在することから、これらがウエハ強度の支配的要因である。
2. 新線側ウエハの破壊強度は旧線側より一般的に低い。この現象が厚いウエハには見られないことから、薄型ウエハに特有であると考えられる。

参考文献

1. SEMI Standard: G86-0303.
2. K. Skenes, H. Wu, F. Mess, C. Yang, S. Melkote, and S. Danyluk, Extended Abstract, 22nd Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells & Modules, p. 86.