

液相結晶化シリコン薄膜に対する水素プラズマパッシベーションの効果 ：レーザースキャン速度依存性

Influence of laser scan speed on improvement of electrical properties of
liquid-phase-crystallized silicon passivated by hydrogen plasma

産総研 ○(P)海汐 寛史, 松井 卓矢, 齋 均, 松原 浩司

AIST, °Hiroshi Umishio, Takuya Matsui, Hitoshi Sai and Koji Matsubara

E-mail: h-umishio@aist.go.jp

【はじめに】結晶シリコン (c-Si) 太陽電池の材料コスト削減に向け、薄型ウェーハの利用が進められている。しかし、薄型ウェーハは製造プロセス中の破損により歩留まりが低下する恐れがある。そこで、強固な支持基板上に高品質な c-Si 薄膜を形成出来れば、破損を抑えた上でウェーハ製造プロセスの省略によるコスト低減が期待できる。近年、ガラス基板上に成膜したアモルファスシリコン (a-Si) 薄膜をライン状のレーザーあるいは電子ビームでスキャンすることにより瞬間的に溶融・固化する液相結晶化法 (Liquid Phase Crystallization : LPC) が提案されている。本手法では大粒径 (mm ~ cm レベル) の高品質な多結晶シリコン薄膜(LPC-Si)が形成可能である。LPC-Si に関して、レーザーのスキャン速度の変化が結晶粒径及び LPC-Si の電気特性に大きな影響を与える。また、LPC-Si の電気特性向上には水素プラズマを用いたパッシベーション(Hydrogen Plasma Passivation : HPP)が重要である。LPC-Si 高品質化には、HPP 後の電気特性の向上を考慮した上で、スキャン速度の最適化が重要であるが、作製時のスキャン速度が異なる各 LPC-Si に対する HPP の効果の変化に関してはほとんど報告されていない。そこで本研究では、異なるスキャン速度で作製した複数の LPC-Si に対し同条件で HPP を行い、各 LPC-Si の電気特性の向上を調査した。

【実験】3.3 mm 厚ボロシリケートガラス上にノンドーパ a-Si (膜厚 8.5 μm) および P ドーパ a-Si (膜厚 2 nm) を PECVD にて成膜し、CW ラインレーザー (波長 804nm、スポットサイズ $12 \times 0.07 \text{ mm}^2$) によりスキャンして a-Si の結晶化と P 拡散を行った。その際のスキャン速度を 0.5、1、3、11 $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ と変化させた。得られた LPC-Si に対し、水素流量 100 sccm、圧力 1 Torr、パワー 10 W の条件で PECVD にて HPP を行った。少数キャリア寿命(以下、ライフタイム)は、時間分解フォトルミネッセンス(PL)測定 (励起光波長 532 nm、注入強度 99 mW/cm^2) におけるバンド端発光 (波長 1130 nm) の強度減衰から求めた。また、ウェットエッチングにより異方性エッチングを行い、結晶粒の濃淡から粒径を目視で計測した。

【結果及び考察】Fig 1 にスキャン速度 1、3 $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ で作製した LPC-Si のエッチング後の写真を示す。写真から、スキャン方向に長い結晶粒が出来ていることが分かる。Fig 2 に、スキャン速度を変えて作製した LPC-Si に対し HPP を行う前後のライフタイム、また、スキャン方向の粒径 (grain length) を示す。HPP 前に関しては、0.5、1 $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ の低速度スキャンにおいて高いライフタイムを示したが、HPP 後は 3 $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ で最も高いライフタイムを示した。本研究において、1 $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下の低速度スキャンで粒内の欠陥密度が減少することが分かっている。しかし、Fig 2 より、粒径は 3 $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ で最大となることが分かる。HPP により 3 $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上のスキャン速度のサンプルに関しても粒内の欠陥密度が減少したことで、粒界でのキャリア再結合の影響が大きくなり、小粒径の低速度スキャンに比べ大粒径の高速スキャンのライフタイムが上回ったと考えられる。

【謝辞】本研究は NEDO 委託のもと実施致しました。関係者の皆様に感謝致します。

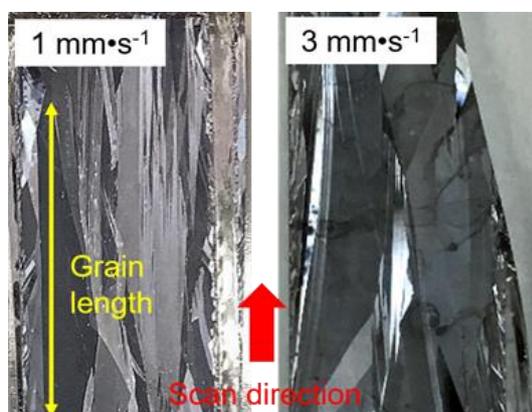


Fig 1. Photograph of wet-etched LPC-Si films prepared with the laser at the scan speed of 1 and 3 $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$.

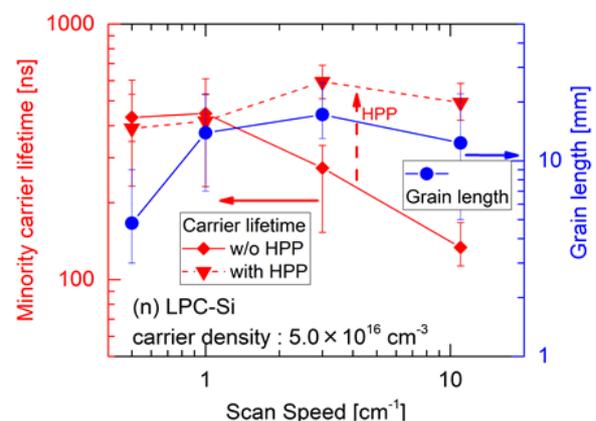


Fig 2. Laser scan speed dependence of the minority carrier lifetime and the grain length of LPC-Si.