

大気圧プラズマジェット誘起ミリ秒固相結晶化とデバイス応用

Solid Phase Crystallization Induced by Atmospheric Pressure Plasma Jet and Device Application

広大院 先進理工 °東 清一郎, (D) Hoa Thi Khanh Nguyen

Hiroshima Univ., Grad. School Advanced Sci. Eng., °Seiichiro Higashi, Hoa Thi Khanh Nguyen

E-mail: sehiga@hiroshima-u.ac.jp

アモルファスシリコン (a-Si) の固相結晶化 (SPC) は 1970 年代から盛んに実験がなされ、およそ 700°C20 分から 560°C100 時間程度の範囲での相変化過程は核形成と結晶成長に基づくモデルで概ね説明できることが報告されている[1-3]。一方、1980 年代に提案され現在低温プロセスポリシリコン (LTPS) のコア技術として実用化されているエキシマレーザーアニール (ELA) では、ナノ秒紫外光パルス加熱により a-Si から直接液体シリコンが形成されるため、この時間領域での固相結晶化は観察されない[4]。

ミリ秒からサブミリ秒での固相結晶化 (ミリ秒 SPC) 過程およびそれにより作製される多結晶シリコンの特性については未解明であり、我々は大気圧プラズマジェット (TPJ) 照射中の a-Si の実時間反射率から温度と結晶化過程の直接観測を試みた[5]。プラズマ CVD 法により石英基板上に堆積した 150nm 厚の a-Si を 450°C1 時間脱水素処理した後、投入電力 0.5~1.2 kW、Ar 流量 1 L/min、プラズマ-基板間距離 2.0 mm、操作速度 350~2020 mm/s の条件で TPJ 照射をおこなった。加熱速度が 4.45×10^5 から 2.28×10^6 K/s へと増加すると結晶化温度は 985 から 1071°C へと上昇し、核生成頻度が上昇するため結晶粒径は 30~60nm から 20nm 以下へと減少した。しかしラマン散乱分光法により見積もられる結晶化率は 65~82%と比較的高く、透過電子顕微鏡の回折像からもハローパターンは見られないため、1000°C前後のミリ秒 SPC で形成された多結晶シリコンは高い結晶性を有していることが明らかになった。

ミリ秒 SPC 膜をチャンネルに用いたボトムゲート型薄膜トランジスタ (TFT) を作製したところ、 $28 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ の電界効果移動度を有するトランジスタを高い均一性で作製できることが分かった。デバイスサイズに比較して結晶粒径が十分小さいためバラつき抑制に適していると同時に、応用上十分に高い移動度が得られることが明らかになり、ミリ秒 SPC はデバイス応用上重要な結晶化技術であると言える。

本研究結果の一部は、JST 研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム A-STEP 産学共同 JPMJTR20RS の支援の下におこなわれた。

[1] Norman A. Blum and Charles Feldman, J. Non-crystalline Solids 11 (1972) 242.

[2] K. Zellama, P. Germain, S. Squelard, J. C. Bourgoin, and P. A. Thomas, J. Appl. Phys. 50 (1979) 6995.

[3] R. B. Iverson, and R. Reif, J. Appl. Phys. 62 (1987) 1675.

[4] S. Higashi and T. Sameshima, Jpn. J. Appl. Phys., 40 (2001) 480.

[5] Hoa Thi Khanh NGUYEN, H. Hanafusa, Y. Mizukawa, S. Hayashi, and S. Higashi, Mat. Sci. Semiconductor Processing, 121 (2021) 105357-1.