

加熱その場高分解能 TEM を用いた

薄膜 Si 固相結晶化過程の原子レベルリアルタイム観察

Real-Time and Atomic-Scale Observation of Solid-Phase Crystallization in Thin Silicon Film using *in situ* Heating High-Resolution TEM

手面学、浅野孝典、高石理一郎、富田充裕、齋藤真澄、田中洋毅

キオクシア株式会社 メモリ技術研究所

M. Tezura, T. Asano, R. Takaishi, M. Tomita, M. Saitoh, and H. Tanaka

Institute of Memory Technology R&D, Kioxia Corporation

E-mail: manabul.tezura@kioxia.com

多結晶 Si-TFT の高性能化には、欠陥が少なく、かつ結晶粒の大きい多結晶 Si チャンネルが求められる[1]。熱処理によるアモルファス Si(a-Si)の固相結晶化では、薄膜内に無数に存在するアモルファス Si(a-Si)と結晶 Si(c-Si)粒との局所界面での個々の結晶成長によって、形成される多結晶 Si の微細構造が決定される。これまでは、主に X 線回折、ラマン分光法、および加熱前後の TEM 像の解析を用いて、a-Si 薄膜全体の結晶化速度を抽出し、多結晶 Si 形成について議論されてきた[2]。つまり、多結晶 Si 形成の基礎となる a-Si/c-Si 局所界面での結晶成長の描像やそのメカニズムは未解明であった。本研究では、加熱その場高分解能 TEM(HRTEM)を用いて、a-Si/c-Si 局所界面での結晶成長の原子構造ダイナミクスを調べた。Fig.1 に本研究のコンセプトを示す。

SiO₂層に挟まれた CVD-a-Si 層のサンプルを作製した。このサンプルの一部を FIB-SEM を用いて薄片化し、加熱ホルダー用の MEMS チップにマウントした。TEM 内で 900 K に加熱し、a-Si/c-Si 局所界面を 100 frame/s でその場観察した。

a-Si と Si 微結晶の界面 (Fig.1、赤破線枠) での Si(111)形成において、理想的な固相エピタキシャル(SPE)成長と、欠陥形成が生じる不連続な SPE 成長の存在を初めて区別し、それぞれの素過程を明らかにした。例えば、理想的な SPE 成長では、最初にステップが界面に形成され、続いてそのステップが結晶表面を覆うように沿面成長し、原子面が形成された。その後、同じ過程を繰り返し、新たな原子面が形成され結晶成長が進展した。この過程では、無欠陥の Si 結晶粒が形成されることがわかった。

次に、前述の両過程における特定方向 (Si(111))の成長速度をそれぞれ抽出した。理想的な SPE 成長を示した Si 結晶粒では、定点観察を開始した直後 (粒径~2.0 nm) は緩やかな成長であるが、その後、速度が増加して一定 (約 0.1nm/s) となり、他の粒と接触する直前から速度が減少した。

本手法を用いることで、従来の X 線回折等を用いた手法とは異なり、隣り合う個別の結晶粒の成長を選択的に捉えることは勿論、Si/c-Si 局所界面での詳細な結晶成長の描像を初めて明らかにした。

参考文献

[1] M. Oda *et al.*, IEDM, p. 125 (2015). [2] C. Spinella *et al.*, J. Appl. Phys. 84, 5383 (1998). [3] M. Tezura *et al.*, SSDM, p. 309 (2022).

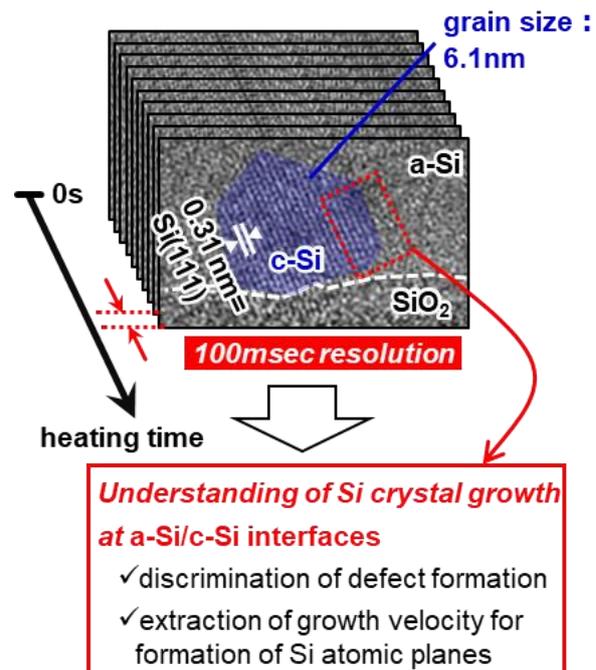


Fig. 1: Concept of real-time observation system in this study (Revised from [3], © 2022 The Japan Society of Applied Physics). The region surrounded by the red broken-line rectangle frame is the local interface between a-Si and c-Si.