# 応力印加場での局所表面融液エピタキシャル結晶成長による 突起構造形成過程の熱画像解析

Thermal image analysis of the formation process of silicon protrusions in surface liquid phase epitaxy under locally applied tensile stress 鈴鹿高専<sup>1</sup>, 北陸先端大<sup>2</sup>, <sup>o</sup>西村 高志<sup>1</sup>, 磯部 文哉<sup>1</sup>, 富取 正彦<sup>2</sup> Suzuka college<sup>1</sup>, JAIST<sup>2</sup>, <sup>o</sup>Takashi Nishimura<sup>1</sup>, Fumiya Isobe<sup>1</sup>, Masahiko Tomitori<sup>2</sup>

E-mail: takashi@elec.suzuka-ct.ac.jp

# 1. はじめに

局所応力を印加したシリコン(Si) ウェーハを通電加熱すると、Si 表面を局所的に溶融できる.これまで我々は,この表面局所 Si 融液 の流れと停留による液相エピタキシャル(エピ)成長で表面に Si 突 起が形成されること,また微量な金属添加が突起成長に影響を与え ることを報告してきた<sup>1,2</sup>.具体的には、局所応力印加下で Si(100)ウ ェーハを約 1280 °C(1 sec)に通電加熱すると,表面局所 Si 融液がエ レクトロマイグレーションにより通電電流(*I*)方向へ移送され,低温 域で液相エピ成長し突起構造が形成された.その表面を SEM 観察す ると,直径約 410 µm の溶融痕(矢印  $\alpha$  (図 1))と高さ 58 µm の突起 (矢印  $\beta$  (図 1))が見い出された.今回,この成長過程を熱画像カメ ラで撮像し,表面突起構造の形成と温度分布の関係を調べた.

## 2. 実験方法

局所応力印加用のプランジャーをアルミナ小片棒とタングステン (W)製の自作バネ (ø2 mm, 2 N/mm) で作製した. Si(100)面ウェー ハ(12×1×0.5 mm) の両端をタンタル(Ta)製ホルダーの2電極に 固定し,ウェーハ中央部裏側にプランジャーのアルミナ先端を当て て(接触面積:約0.1 mm<sup>2</sup>)局所加圧した(ウェーハ表面に印加され る一軸方向引張応力値は約2.5 GPa).この状態でウェーハへ鉄(Fe) を1Å蒸着後,2電極を介してウェーハ表面を約1280℃に直流通電 加熱した.この様子を熱画像カメラ(FLIR 6261sc, Frame rate 60 Hz) で撮像した.

### 3. 結果と考察

Si(100)面ウェーハ表面を約 1280 ℃に通電加熱すると、プランジャ ー加圧位置より約1 mm 離れた位置で表面温度が約20 ℃低下した低 温領域(矢印  $\alpha$  (図 2(a)))が生じた(この時刻を0 sec とする). 150 msec 経過すると低温領域は通電電流方向へ 0.11 mm 移動した(図 2 (b)).図2(b)の破線 A-B に対する温度プロファイルを図3に示す.表 面平均温度 1279 ℃に対して低温領域の極小温度は 1264 ℃で、半値 全幅は 347 µm であった. さらに通電加熱を続け時刻 183 msec では、 低温領域は通電電流の方向へさらに 0.23 mm 移動した(図 2 (c)).そ の後、通電加熱電流を減少させ表面加熱を終了した.低温領域の移動 速度は線形近似すると通電加熱電流の方向へ1.4 mm/sec であった.以 上の通電加熱処理後の SEM 像は図1と同様で、溶融痕の直径は約410 µm (矢印  $\alpha$ (図 1))で、低温領域の半値全幅 347 µm とほぼ一致した. 加熱時に生じる低温領域は表面溶融現象に伴う融解熱(吸熱)により 形成されたと推測される.また、図1では溶融痕(矢印  $\alpha$ )が通電電 流の方位へ移動した痕跡が確認でき、その移動量は熱画像の低温領域の



Fig. 1 SEM image of the Si(100) surface after surface liquid phase epitaxy. Arrow  $\alpha$ denotes the depression region, which size is ~000 µm. Arrow  $\beta$  denotes the



Fig. 2 Thermal image of the formation process of silicon protrusions. (a) the low temperature area, denoted arrow  $\alpha$ , was appeared. (b) this low temperature area moved 0.11 mm along the current direction after 150 msec from (a). (c) this low temperature area more moved 0.34 mm after 183 msec from (a).



移動量と等しい約 0.35 mm であった.以上のデータに基づいて、表面融液エピ成長の成長過程の詳細を議論する. 4. 参考文献

### (1) T. Nishimura and M. Tomitori, Appl. Phys. Lett. 109 (2016) 121601.

- (2) T. Nishimura and M. Tomitor, Jpn. J. Appl. Phys. 58 (2019) 025501.
- **謝辞** 本研究は京都科学技術センター研究助成,住友電工グループ社会貢献基金,科研費(18K14129)を 受けて実施した.