

2016 応用物理学会に参加して

浅倉 慎 弥
Shinya ASAKURA
電子情報学科 4年

1. はじめに

私は、2016年8月13～15日に新潟県朱鷺メッセで開催された「2016 応用物理学会秋季学術講演会」に参加し、14日に「シリコン表面のレーザーアブレーションによるナノ構造形成 (Laser Ablation for Creating Nano-Sized Texture on Silicon Surfaces)」というテーマでポスター発表を行った。

2. 研究背景

太陽電池の光吸収効率や LED の発光特性などの向上を目的として、半導体表面を改質する研究が行われている。GW を超える強力なレーザーパルスが金属の表面などに照射すると、瞬間的に蒸発や爆発がおこるレーザーアブレーションと呼ばれるものが起こる。レーザーアブレーションは金属や半導体などの表面に微細構造を形成する有力な手段であることが知られており、特にフェムト秒レーザーという非常にパルス幅の短く、高出力のレーザーを用いた研究が盛んに行われている。しかし、フェムト秒レーザーは大型でかつ高コストであることから、簡便な方法が求められている。

本研究では、小型 (68×41×29 mm) の Nd:YAG 第2高調波発生器 (Teem, MNG-03 E) が発振する緑色 (532 nm) で低エネルギー (5 μJ) のパルス (550 ps, 8800 pulse/s) を用いて、シリコン (Si) 表面の改質を試みた。

3. 様々なアブレーション痕

面方位 (1, 1, 1) の n 型 Si 基板 (厚さ 500 μm) を鏡面研磨して 20 mm 角に切断し、水酸化カリウム (KOH) 水溶液で洗浄した後、電動ステージに取り付けた。レーザービームは減衰板で出力調整した

後、焦点距離 5 mm のレンズで基板表面に集光し、秒速 10～50 mm で移動する基板の広い領域を掃引した。図 1 に示すように、焦点付近では小さいパルスエネルギーでも大きなアブレーション痕が形成されたが、200～300 μm 焦点から離れた位置では 1 μm 以下の孔が形成された。5 μJ のパルスを照射したときには、図 2 のように、焦点付近でミルククラウン状の溶融痕が生じ、400 μm 離れた位置では 100 nm 程度の孔が見られた。また、この微細孔の

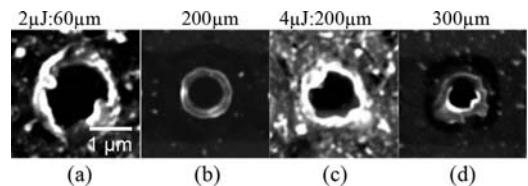


図 1 アブレーションにより形成された孔の SEM 像。パルスエネルギー (a), (b) は 2 μJ, (c), (d) は 4 μJ. 数値 (μm) は Si 基板の焦点からの距離を示す。

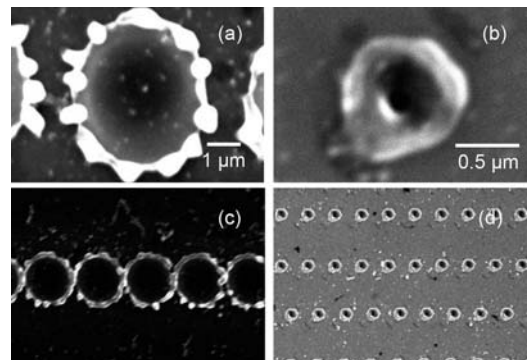


図 2 パルスエネルギー 5 μJ のときの SEM 像。(a) (c) は焦点付近, (b) (d) は焦点から 400 μm 離れた位置でのアブレーション痕。

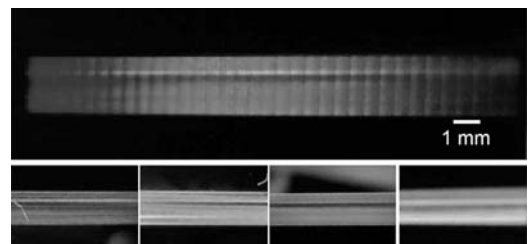


図 3 様々な角度から見たときの、アブレーション後の Si 基板。

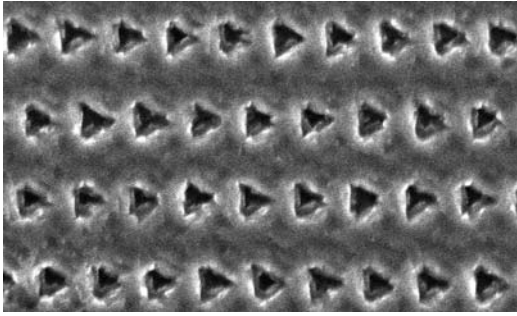


図4 パルスエネルギー $4 \mu\text{J}$ を照射したあと、24 分間 KOH に浸したときの Si 表面の SEM 像。

2次元配列では、図3のように、観察方向によって様々な構造色が現れた。

4. 水酸化カリウムによるエッチング

アブレーション後の Si 基板を水酸化カリウム水溶液 (KOH) に12分間、24分間、36分間、時間を変えて浸した後に取り出し観察を行った。アブレーションによって形成された孔には、様々な表面方位が露出していると考えられる。水酸化カリウム水溶液は Si の表面を溶かす速度が表面方位により異なるため、図4のようにパルスエネルギーが $4 \mu\text{J}$ のときに形成された直径 500 nm 程度の孔が24分後に三角形となった。レーザーの掃引方向は左から右、右から左へと交互に行っているが、現れた三角形はすべて同じ方向を向いている。これはエッチングにより、Si の表面方位の関係で三角形が自己形成されるためだと考えられる。

5. まとめ

アブレーション後の Si 基板を常温の KOH 水溶液に浸すと、形成されていた孔を中心に異方性エッチングが進行し、図5のような三角形や六角形の孔が形成された。基板の方位やエッチング条件を変えると四角形や八角形の孔も形成することができ¹⁾、小型レーザーを用いた簡便な微細加工法として有用である。本研究は光学素子の反射防止または波

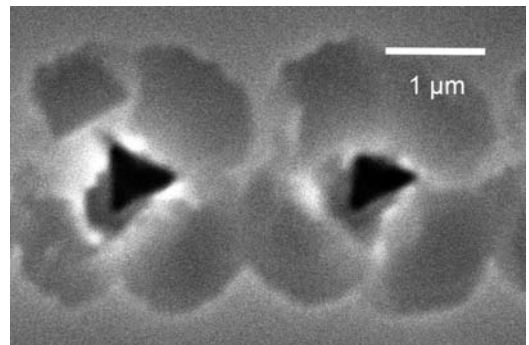
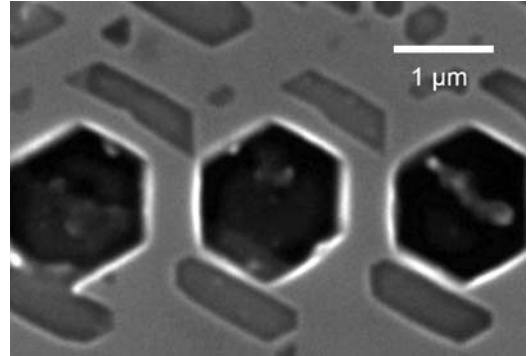


図5 本実験でみられた特徴的なパターン。

長選択などへの応用が期待され、今後さらに研究を進めていく方針である。

6. おわりに

初めての学会で発表がうまくできるか心配だった。しかし、多くの方々との意見交換や自分でも気づかなかった部分を指摘されるなど、非常に良い経験となった。

また、今回の発表を行うにあたって、懇切なご指導をいただいた斉藤光徳教授をはじめ、斉藤研究室の皆様ならびに工作室の教員の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) M. Saito and S. Kimura, Proc. SPIE, vol.7719, 77191 I (2010).