

第 66 回応用物理学会春季学術
講演会に参加して

鈴木 智貴
Satoki SUZUKI

電子情報学専攻修士課程 1年

1. はじめに

私は、2019年3月9～12日に東京工業大学 大岡山キャンパスで開催された「第66回応用物理学会春季学術講演会」に参加し、9日に「球面収差を利用したレーザー加工による半導体ナノ構造形成」というテーマで発表をオーラル形式で行った。

2. 研究背景

シリコン (Si) 表面でレーザーアブレーションとアルカリエッチングを行うと、三角形、四角形、六角形などの微細孔配列を形成できる。本研究では、ナノメートルサイズの微細孔を配列させることを目的にし、細くて深いアブレーション痕を形成する方法について検討した。

3. 実験結果

波長 532 nm, パルス幅 550 ps, 毎秒 8800 ショットのレーザービームを焦点距離 5 mm のレンズで集光し、面方位 (111) の Si 基板に照射すると、図 1 に示すようなアブレーション痕ができる。基板は 17 mm/s で移動させているので、2 μm 間隔で孔が配列している。焦点 ($\Delta z=0$) に基板を置くと、パルスエネルギー 2 μJ でも (a) のように熔融した Si がミルククラウンを形成する大きな孔となる。一方 (b)～(d) に示すように、レンズに近い位置 ($\Delta z < -200 \mu\text{m}$) に基板を置くと、直径 1 μm 以下の孔が形成される。

焦点でアブレーションを起こすことができる最小エネルギー 0.3 μJ のパルス照射した後、濃度 8 mol/l の水酸化カリウム (KOH) 水溶液に 20 分間浸した試料の SEM 像を図 2 (a), 2 (b) に示す。

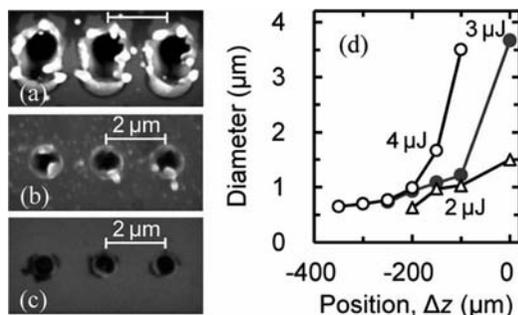


図 1 (a) 2 μJ で焦点位置 ($\Delta z=0$), (b) 3 μJ で $\Delta z=-200 \mu\text{m}$, (c) 4 μJ で $\Delta z=-350 \mu\text{m}$ における Si 表面のアブレーション孔の SEM 像. (d) 照射位置 (Δz) における孔の直径の依存性.

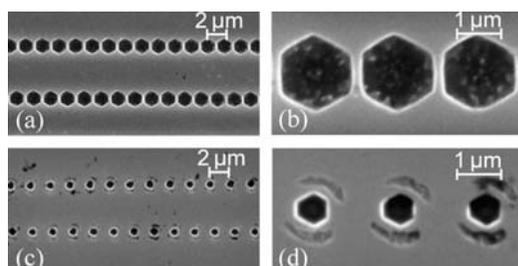


図 2 レーザーアブレーション後に KOH 溶液中でエッチングした Si 基板の SEM 像. レーザーパワー, 照射位置, エッチング時間は (a), (b) 0.3 μJ , $\Delta z=0 \mu\text{m}$ および $t=20$ 分または, (d) 4 μJ , $\Delta z=-350 \mu\text{m}$, $t=15$ 分で行った.

孔は六角形になっているが、元のアブレーション痕が大きいサイズは 1 μm 以上になっている。これに対し、 $-350 \mu\text{m}$ レンズに近づけて 4 μJ のパルス照射した場合は、図 2 (c), 2 (d) に示すように約 800 nm の六角形の孔を形成することができた。焦点から離れた位置で微小な孔ができるのは、レンズの球面収差のためと考えられる。光線追跡を行うと、図 3 (a) のようにレンズの外周を通る光線は中心を通る光線より前方 ($\Delta z < 0$) に焦点を結ぶ。その結果、図 3 (b)～3 (e) の光線密度分布が示すように、焦点から先 ($\Delta z > 0$) では急速にビームが広がるが、前方では中心の高密度が長い距離にわたって続くため、細く深いアブレーション痕が形成されて六角形の形成に有利になると推定される。

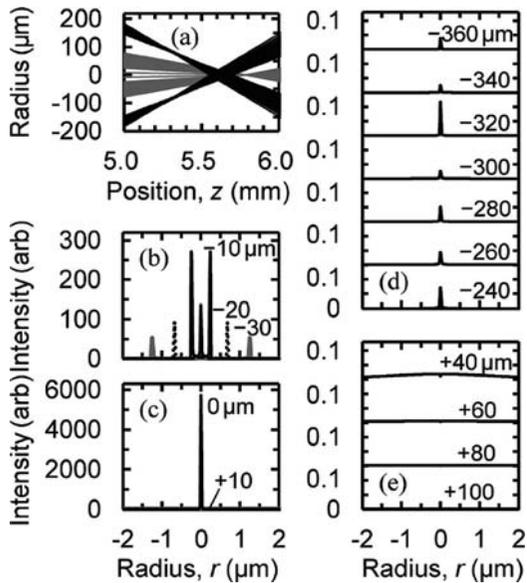


図3 (a) レンズ ($f=5\text{ mm}$, $\Phi 4\text{ mm}$) の中央 (灰色の線) または端 (黒い線) を通る光線の跡. (b)–(e) 様々な位置での光線密度の Δz の分布.

4. おわりに

研究成果を発表し、それに対する貴重な意見を頂いたことで、本研究の改善点などを知ることができ、大きな収穫であった。また、他の参加者の発表は、とても参考になり、私の今後の研究活動にとっても良い刺激となった。

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齊藤光徳教授をはじめ、齊藤研究室の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。