

IPC 2020 に参加して

鈴木 智貴

Satoki SUZUKI

電子情報学専攻修士課程 2020 年度修了

1. はじめに

私は、2020 年 9 月 28 日～10 月 1 日に web で開催された「IPC 2020」に参加し、28 日に「Laser Processing for Creating Nano-Polygon Arrays」というテーマで発表を web にて発表を行った。

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ことで、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

図 1 (a) に示すように、(111) 表面の Si プレートに空気中のレーザービーム（波長：532 nm，パルス幅：550 ps，8800 ショット/秒）を照射した。パルスエネルギーは 0.3～4 μJ の間に調整され、ビームは焦点距離 5 mm の球面レンズによって収集された。電動移動台に固定された Si プレートは、 $v=9$ または 18 mm/s の速度で移動して、1 または 2 μm の周期のアブレーションピットアレイを作成した。プレートが焦点面上を移動すると ($\Delta z=0$)，低いパルスエネルギー (0.3 μJ) でも大きなアブレーションピットが作成された。したがって、図 1 (b) に示すように、水酸化カリウム (KOH) の水溶液 (8 mol/l) で 20 分間エッチングした後、大きな六角形 (幅 2 μm) が現れた。興味深いことに、Si プレートをレンズに近づけるとアブレーションピットが小さくなったが、レンズに近づくにつれてビーム径が大きくなった。図 1 (c) が示すように、Si プ

レートに $\Delta z=-350 \mu\text{m}$ で照射すると、六角形のピットの幅は 800 nm に減少した。

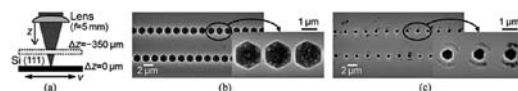


図 1 (a) 焦点またはより高い位置でのレーザー照射. (b) 焦点でのレーザーアブレーション後に KOH 溶液でエッチングされた (111) Si プレート上の六角形ピット配列 (SEM 画像). (c) $\Delta z=-350 \mu\text{m}$ でのレーザーアブレーションによって作成された幅 800 nm の六角形のピット (両側間の距離).

上記の現象は、レンズの球面収差によって引き起こされると考えられる。図 2 (a) のように、焦点から遠ざかるほどビームが大きくなったが、中心部には外周の光線が形成する高輝度スポットが長い距離にわたって続いた。その結果、図 2 (b), (c) が示すように、1.1 mm 上方では 300 nm 以下の照射痕を形成できた。そしてこの微細孔をエッチングすることで、図 3 のように幅 500 nm 以下の六角形孔を形成できた。しかし、孔が浅いためエッジが崩れて鮮明な六角形が形成されない場合もあった。また、Si 板を一方向に移動させながら 1 パルスごとに照射痕を形成したので、隣の列では孔の位置がずれてしまい、規則的な 2 次元配列を形成できなかった。

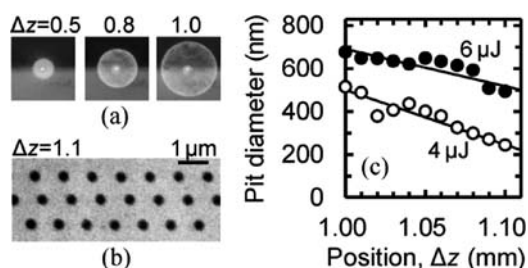


図 2 (a) $\Delta z=0.5\sim 1.0 \text{ mm}$ の位置に配置された Si 表面の拡大ビーム画像. (b) $\Delta z=1.1 \text{ mm}$ で作製されたアブレーションの孔. (c) パルスエネルギーが 4 または 6 μJ のときの Δz の関数としての孔径.

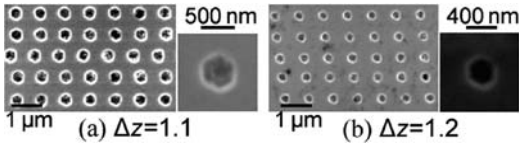


図3 (a) $\Delta z=1.1$ または (b) 1.2 mm の位置でアブレーションした後、エッチングプロセスによって作製された六角形の孔径.

そこで、Si 板を 0.3 秒ずつ停止させては $2 \mu\text{m}$ 移動させる動作を繰り返して、1 箇所約 300 パルス照射することで、深い孔が規則正しく配列するようにした。その結果、図 4 (a) の断面 SEM 像が示すように、アスペクト比が 1 に近い照射痕が形成された。孔の配列も規則正しくなり、エッチングを行うと、図 4 (b) のような $2 \mu\text{m}$ 間隔の格子配列が見られた。また、エッチング痕の輪郭が明確になって、図 4 (c) のような幅 400 nm の六角形を鮮明に観察できた。ナノサイズの孔配列では表面プラズモンによる干渉スペクトルが見られるので、多角形の形状を反映した光学特性の発現が期待される。

通常の光学システムでは厄介なレンズ収差は、ナノサイズのアブレーションピットを作成するのに役立つ。

従来の微細加工技術では、反射率制御またはスベ

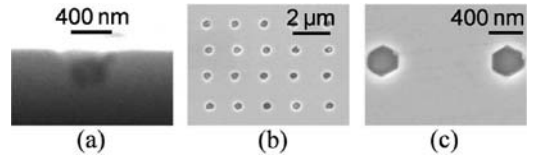


図4 (a) 300 パルスの照射によって作製されたアブレーションの孔の断面図. (b) 六角形の孔の規則的な配置. (c) 六角形孔の拡大図.

クトル調整にテクスチャの周期性を使用するが、ポリゴンテクスチャは、形状に応じて光学特性を制御する。

したがって、パフォーマンスの向上と新規デバイスの作成の両方に役立つ。

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