

令和 6 年 6 月 9 日現在

機関番号： 11301  
研究種目： 奨励研究  
研究期間： 2022 ~ 2022  
課題番号： 22H04220  
研究課題名 熱リソグラフィーの体験型学生実験とデバイス電極作製への応用

## 研究代表者

佐藤 健 (Sato, Ken)

東北大学・理学研究科・技術専門員

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 480,000 円

研究成果の概要：本研究では、半導体微細加工の学生実験で行われているフォトリソグラフィーの工程を熱リソグラフィー技術を用いて行うため、熱に反応する特殊なレジストを塗布した半導体試料に半田ごての先端を任意の位置に操作して加熱描画する装置を作製し、描画条件の最適化を行った。Si基板上にラインパターンの描画に成功し、Niなどの金属蒸着を行った。また、学生実験でデモ実験として半田ごて熱リソグラフィーを体感してもらい、学生でも簡単に描画できることを確認した。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

リソグラフィーは、様々な基板上に機能的なパターンを生成するために使用される先駆的な技術であり、半導体製造やマイクロデバイスの製造など、さまざまな産業で重要な役割を果たしている。リソグラフィー技術も進化し続けており、AFM装置で行う熱リソグラフィーも最先端のリソグラフィー技術の1つであるが、学生実験でのAFM装置の使用は制限される。本研究の半田ごてを用いた熱リソグラフィー装置は取扱いが簡単で熱リソグラフィー工程を目で直接見ながら学生一人一人に体感してもらうことができ、学生の好奇心を掻き立てながら半導体プロセス技術を習得することができ高い教育効果をもたらす点において意義のあるものである。

研究分野： 電気電子工学

キーワード： リソグラフィー 学生

## 1. 研究の目的

半導体デバイスの進歩は、リソグラフィー技術の進展が大きく寄与している。研究代表者はこれまで従来の電子線リソグラフィーに代わる、コンパクトで真空設備も必要としない原子間力顕微鏡 (AFM) に特殊な加熱探針を装着して行う最先端リソグラフィー技術に着目し、この技術を用いた半導体デバイスの微細加工の実践及び学生実験への導入を目指し取り組んできた。しかし、学生実験においては、研究活動との併用により、装置の使用時間に制限があるため、微細加工実験の中で学生一人一人に熱リソグラフィーを体験してもらうことが困難である。そこで本研究では、取扱いが簡単で学生実験に導入しやすい熱リソグラフィー装置の開発及びデバイスの作製に取り組んだ。

## 2. 研究成果

半田ごて熱リソグラフィー装置は、加熱した半田ごてを半導体基板表面の任意の位置に移動して描画できるようにするため、移動ユニットのメカニカルスタンド(手動XYZステージ)とクランプを固定するホルダーと半田ごてを取り付ける両開きクランプを組み合わせで作製し、描画を行った。描画試料の作製は、感熱レジストをPPA(ポリフタルアルデヒド)とアニソールを1:20で混合してレジスト溶液を作製した。Si基板は1~2cm角程度にカットし、アセトン、IPA、純水で洗浄。感熱レジストの下地のレジストは、はじめはPMGI-SF9を使用していたが、PMGI-SF6の方が描画後の解像度が高かったためSF6を使用して行った。試料はSi基板上にPMGI-SF6をスピコートで塗布してホットプレートでプレベキング160 3min、UV照射2min30sec、その上に感熱レジストをスピコートで塗布してホットプレートでベキング90 3minの工程を経て2層構造の試料を作製した。描画で使用する半田ごては、先端のコテ先部分が交換可能で480 まで温度調整付きのタイプを使用した。加熱温度は150 ~400 まで変化させて行い温度による描画の違いは確認できなかったが、コテ先の形状、面圧、描画時間が描画品質に影響することが分かった。描画テストを繰り返した結果、先が細い先端形状R0.2のコテ先を使用し加熱温度250 で描画、PMGIの現像はMF-CD26を恒温槽23 30secで行った結果、むらのないラインパターンを描画することができた。

学生実験では、微細加工実験の中でデモ実験として半田ごて熱リソグラフィーを洗浄から現像の工程まで体験してもらい、学生でも描画ができることが確認できた。また、デジタル顕微鏡を用いることでPCやタブレット端末で描画作業の確認や撮影もでき学生が分かりやすく観察できるよう構築した。

AFM熱リソグラフィーデバイスの作製については、加熱探針と装置故障の都合で研究実施期間内にデバイスの構築までは至らなかったが、作製したラインパターンの確認も兼ねてNi/AuGe/Niなど数ナノ程度の金属蒸着テストを数回行った。1165RemoverでLift-off後に顕微鏡で観察と段差測定装置で蒸着材の厚みや線幅の測定を行ったところ線幅30 $\mu$ m程度のラインパターンの蒸着が確認できた。今後の課題として、半田ごて熱リソグラフィーの精度向上(こて先形状の極小化や面圧調整など)とSiO<sub>2</sub>/Si基板にグラフェンやMoS<sub>2</sub>といった原子層膜を張り付けた試料上にAFM熱リソグラフィーと金属蒸着を行うことで数ミクロンサイズの電極を作り、原子層膜・電界効果トランジスターデバイスの作製を行う予定である。



図1 熱描画の様子

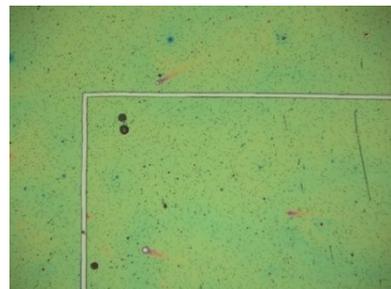


図2 現像後パターンの一部

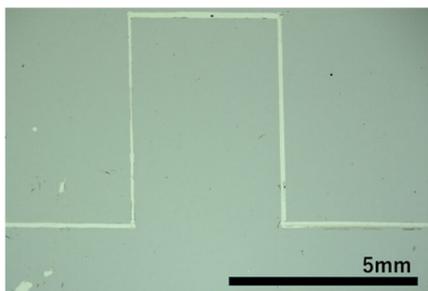


図3 Ni蒸着後のパターン

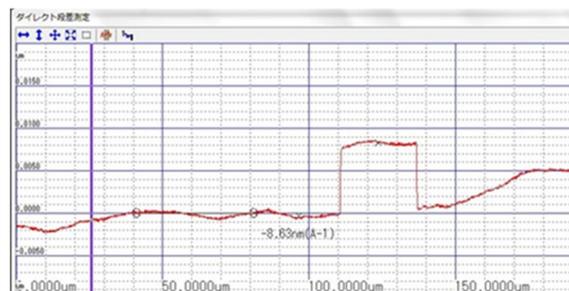


図4 段差測定画面の一例 (Ni蒸着)

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
----	--------