

2024年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」

調査研究報告書(公開版)

【研究題目】

極薄圧電 MEMS 素子の実装・配線・封止及び応用に関する研究

【整理番号】

24-20

【代表機関】

産業技術総合研究所

【調査研究代表者（氏名）】

竹下俊弘

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】

東京大学：山本道貴

【TIA 外連携機関】

なし

【報告書作成者】

竹下俊弘，山本道貴

【報告書作成年月日】

2025 年 3 月 28 日

【連携推進（具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等）】

① 極薄圧電素子設計・試作(産総研)

MEMS プロセスを用いた極薄圧電素子の試作を行った。②における配線・パッケージ工程においては電極パッド材質・形状・位置が重要であるため，東京大学研究者と議論し，設計・試作を行った。

② 実装・配線・封止構造検討(東大)

①で試作した極薄圧電素子を用いた実装・配線・封止技術の開発を行った。特に素子とフィルムの配線には水蒸気プラズマを用いた直接接合技術を用いることにより低温実装と素子の高耐久性化を達成した。

MEMS プロセスにおける前工程と後工程の研究者が連携し設計・作製に取り組めたことでデバイス開発の効率化が可能となった点が本活動の効果である。

【調査研究内容（実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果）】

産総研が開発した極薄圧電 MEMS 素子を，東京大学にて研究開発中のフレキシブルデバイス向け Au-Au 直接接合を用いて実装・配線・封止することで，デバイスの高性能化・高耐久化することを目指し，研究調査を行った。

Au-Au 直接接合において極薄圧電 MEMES 素子を実装する場合，極薄圧電 MEMS 素子の Au 電極パッドの表面粗さが重要となる。そこでまず，原子間力顕微鏡(AFM)にて極薄圧電 MEMS 素子の Au 電極パッドの表面粗さの計測を行った。結果を図 1 に示す。Au 表面粗さは RMS 2.3 nm 程度となっていた。これは，Au-Au 常温直接合を実現するためにはやや粗い値である(参考:配線側 Au 表面粗さ RMS 0.4 nm 程度)。

実際に水蒸気プラズマに要表面活性化を用いた低温接合後の写真を、図2に示す。圧電素子を極薄にしていること、ならびに配線側を非常に柔らかい材料にしていることから、部分的に低温固相接合できていることが確認できた。また実際に電圧を加えることで圧電素子を駆動することができを確認した。

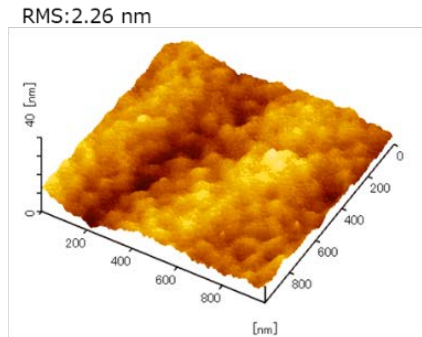


図1: 極薄圧電MEMS素子のAu電極パッドのAFM画像。

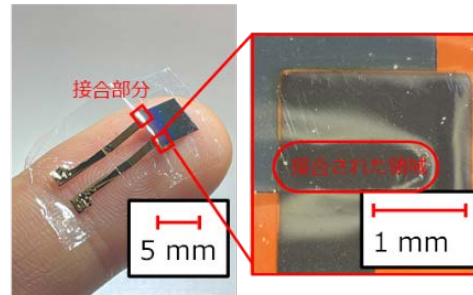


図2: 極薄圧電MEMS素子をAu-Au直接接合にて実装したデバイスの光学写真。

【今後の活動予定】

将来的により歩留まりを向上させる/デバイスの耐久性を向上させるためには、接合している領域を広げる/大きくすることが望ましい。そのための方法としては、極薄圧電 MEMS 素子の表面粗さを低減させるか、接合用の電極部分の面積を大きくするか、の2種類が考えられるが、前者のためには複雑なプロセス開発が必要になると考え、今回は後者を採用することとし、従来の電極パッドに加え、接合強度を補強するためのダミーPADを形成した極薄圧電 MEMES 素子を作製した(図3)。

今後、同構造の極薄圧電 MEMES 素子を用いて、極薄 Au 配線と極薄圧電 MEMES 素子間の接合強度の改善を進め、実際にデバイス応用・耐久性評価を行う予定である。

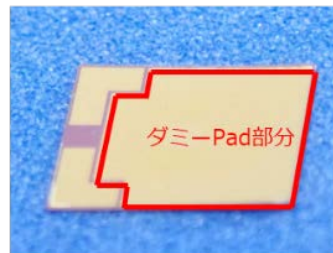


図3:接合強度を補強するためのダミーPADを形成した極薄圧電MEMES素子