

Si 複層反射鏡のインハウス製作に向けた Si ウエハーの常温接合試験

○中島 虎士郎¹ 坪井 陽子¹ 伊師 大貴¹ 内田 温也¹ 前田 良知² (1.中央大学 2.ISAS/JAXA)

本研究では、ParaDAXAS 用 Si 複層反射鏡のインハウス製作に向けて、Ar エッチングによる表面活性化を用いた Si ウエハーの常温接合試験を行った。

ParaDAXAS は、ブラッグ反射を利用して X 線の分光および偏光観測を行う装置である。結晶反射鏡を回転放物面状に成形することで一定幅のエネルギー帯域を反射できるが、単一の結晶面で観測可能なエネルギー帯域には限界がある。これまでの研究では、異なる結晶面を組み合わせた Si 複層反射鏡により、反射帯域を拡大できることが示されている（坪井、日本天文学会2026年春季年会）。その結晶面の組み合わせを最適化するには、研究室内で柔軟に試作を行える製作環境の整備が重要である。

本研究では、Ar エッチングによる表面活性化を利用した Si ウエハーの常温接合技術を、研究室内で確立することを目的とした。既設の CVD 成膜装置には、表面活性化後の Si ウエハーを真空中で重ね合わせる機構がないため、専用治具を設計・製作した。その結果、同装置内において、表面活性化からウエハーの重ね合わせまでの一連の工程を実施できることを確認した。

接合条件の検討にあたっては、先行研究（内海 2015、博士論文）を参考にした。内海氏は、Ar イオンビームを用いた接合実験において、表面粗さが約 1 nm を超えると接合強度が大きく低下することを報告している。本研究で用いる装置は電圧が 3 kV と高いため、過度なエッチングを避ける目的で、照射時間を 10 秒および 20 秒に設定した。実験条件は、Ar ガス流量 20 sccm、真空度 6×10^{-5} Pa、電流 3 A、電圧 3 kV とした。なお、接合条件の最適化は現在も継続中である。

接合実験の結果、10 秒および 20 秒のいずれの条件においても接合は確認されなかった。AFM 測定では、20 秒エッチング試料において表面粗さが 1 nm を超える領域が多く見られた。一方、10 秒エッチング試料では表面粗さは概ね 1 nm 以下であったが、接合には至らなかった。さらに、60 秒エッチング試料について表面粗さを測定したところ、0.2661–4.248 nm の範囲であり、最も平滑な領域では先行研究と同程度の値が得られたものの、接合は確認されなかった。

以上の結果は、本実験条件における接合性が、表面粗さのみでは決まらない可能性を示している。本講演では、Ar エッチングを用いた常温接合試験の結果を報告し、Si 複層反射鏡のインハウス製作に向けた課題について議論する。