

# Au 薄膜を用いた大気中室温接合技術による超高真空用サファイアビューポートの形成

## Sapphire Viewing Port for Vacuum Chambers Fabricated by Means of Room Temperature Bonding Technique using Au films in Air

石井美帆<sup>†</sup> 今一恵<sup>††</sup> 魚本幸<sup>††</sup> 中谷隆幸<sup>†</sup> 島津武仁<sup>††</sup>

<sup>†</sup>並木精密宝石株式会社

<sup>††</sup>東北大学学際科学フロンティア研究所

### 1. はじめに

サファイアは高いヤング率、熱伝導性、化学的安定性、広波長範囲領域の優れた光透過性をもつ応用性の高い素材であり、現在では電子デバイス、光学デバイス、MEMS、時計の素材として広く使用されている。Au 薄膜を用いた原子拡散接合法では、大気中かつ室温で任意材質の鏡面研磨部材の接合が可能であるため、サファイアと各種金属を低負荷で貼り合わせたデバイスを作製することができる[1, 2]。本研究では接合技術をサファイア板と ICF 規格の Al 製超高真空用フランジの接合に用いることで、超高真空用ビューポートの形成を試みた。

### 2. 実験方法

ビューポートは、アルミ製 ICF114 真空フランジにサファイア円板（直径 70 mm、厚み 3 mm）を接合することで形成した。接合部はサファイア円板の外周から幅 5 mm の範囲（直径 60 mm から外側の範囲）であり、接合面積は約 12 cm<sup>2</sup> である。アルミフランジの接合部には CMP による鏡面研磨を施した。サファイア板ならびに ICF フランジの両方の接合部に、Ti 下地膜（5 nm）上に形成した Au 薄膜（片側あたり 50 nm）を形成し、大気中で両者を重ね合わせることで接合した。接合時には、8 MPa の加圧により仮接合を行なった後で、50 MPa で加圧した。また、アルミ製 ICF70 真空フランジでも同様の形状のサンプル作製を試みた。

### 3. 実験方法

表面粗さと平坦度の観点から、Al の鏡面研磨の条件を最適化したところ、接合部全体にわたり隙間なく接合することに成功した。Fig.1 には、原子拡散接合により作製した Al 製 ICF114 真空フランジとサファイア板からなる超高真空装置用ビューポートを示した。接合部以外には防着板を用いて薄膜の形成を防いでおり、直径約 60 mm の広範囲でサファイアの窓を通して視野が確保できる構造となっている。

接合部の封止性能を確認するため、真空用の He リーク試験機を用いて、接合部に He を吹き付けることによりフランジ大気側から真空側へのリーク量を測定した。Fig.2 にはその結果を示す。横軸のゼロにおいて He を吹き付けている。He リーク量は検出感度（ $1.3 \times 10^{-11}$  Pa・m<sup>3</sup>/sec）以下であり、かつ吹きつけ開始後も増加する傾向が見られないことから、接合部からのガスリークは生じていないと判断できる。

Fig.3 には、今回と同様な接合（ただし、加圧力は 25 MPa）で接合した、鏡面研磨アルミと石英ウエハの断面 TEM 像[3]

を示した。Al の鏡面研磨面は所々が僅かに窪んでおり、これは研磨痕であると考えられる。この窪みが大きな場所では、Au-Au 界面にサブナノメートルの空隙が僅かに観察されている場所がある。しかし、それ以外のほとんどの接合界面では、ウエハ-ウエハを接合した場合[1,2]と同様に Au-Au 界面で原子再配列が生じ、接合されている。

この石英ウエハの表面粗さは、今回の実験で用いたサファイア円板の表面粗さと同程度であると考えられえることから、今回の実験で接合を行なったサファイア円板と鏡面研磨アルミとの間でも、ほぼ同様な構造が得られているものと推察される。研磨痕の場所では、Au-Au 界面にサブナノメートルの空隙が僅かに存在する場所もあるが、研磨痕の長さは接合幅（今回の実験では 5 mm）よりも十分に短いため、He リークを生じさせないものと考えられる。

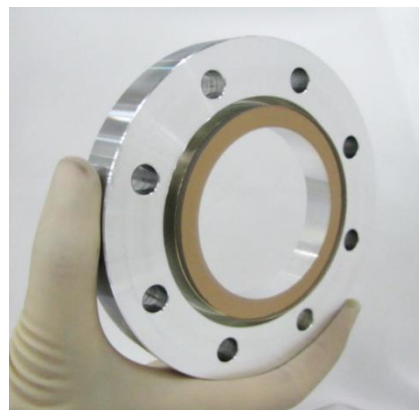


Fig.1 View port for ultra-high vacuum chamber made of Al vacuum flange (ICF114) bonded with sapphire plate using Au (50 nm)/Ti (5 nm) films on each side.

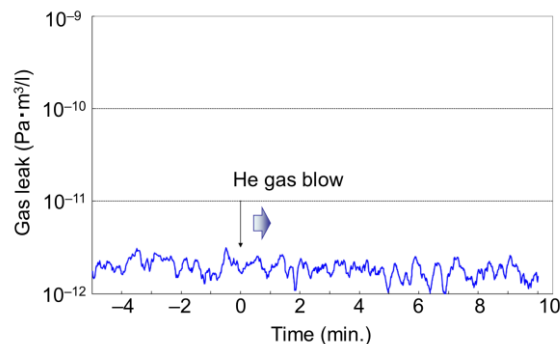
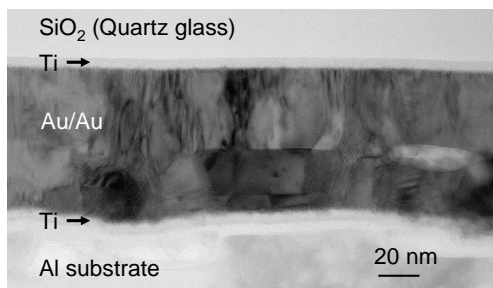


Fig.2 Gas leak as a function of time after He gas blow.



(A) A low magnification



(B) A high magnification

Fig.3 TEM cross section images for quartz wafer and mirror-polished Al bonded using Au(50 nm)/Ti(5 nm) film on each side [3].

4. まとめ

本研究では、ICF114およびICF70の各規格で、サファイア窓の超高真空用ビューポートの試作に成功した。今後、実装置への適用が期待される。

参考文献

- [1] T. Shimatsu and M. Uomoto, "Room temperature bonding of wafers with thin nanocrystalline metal films," *ECS Transactions*, vol. 33, No. 4, pp. 61-72, 2010.
- [2] 今 一恵, 魚本 幸, 島津武仁," Au薄膜を用いた大気中のウエハ室温接合における大気暴露時間と接合性能," *エレクトロニクス実装学会誌*, vol. 17, pp. 431-435, 2014.
- [3] 今 一恵, 魚本 幸, 島津武仁," 放熱用金属バルク材料と電子デバイス用ウエハの大気中低温接合技術の開発," *第23回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集*, pp. 143-146, 2013.

連絡先 :

〒012-0855  
 秋田県湯沢市愛宕町 4-6-56  
 並木精密宝石(株) AIJ 技術グループ  
 石井美帆  
 Tel: 0183-73-5121 Fax: 0183-73-5201  
 E-mail: m-ishii@namiki.net  
 URL: <http://www.namiki.net>