

課題番号 : F-15-TU-0032
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名 (日本語) : 低温 Al-Al 熱圧着ウエハレベル真空封止接合
 Program Title (English) : Low temperature Al-Al thermos-compression hermetic bonding
 利用者名 (日本語) : 佐藤 史朗
 Username (English) : S. Satoh
 所属名 (日本語) : 東北大学マイクロシステム融合研究開発センター
 Affiliation (English) : Microsystem Integration Center, Tohoku University

1. 概要 (Summary)

目的は赤外センサー用真空パッケージングを CMOS プロセスに完全に整合した方式で実現するため、擬似的な構造を用いて接合実験を行い、本実験で採用した方式の可能性を確認することである。最高接合温度はバックエンドプロセス温度 (400 °C) 以下でなければならない。後工程の Pb フリー半田のリフロー温度 (約 260 °C) にさらされるため、その温度に耐える必要がある。

当初、材料として Al を、プロセスとして熱圧着のみを用い 395 °C で真空封止が実現された。しかし、390 °C 以下では真空封止は実現しなかった。そのため、スパッタ方式で形成された Al 表面の酸化防止のため、スパッタ装置から試料を取り出すことなく Al 上にスパッタ Sn を連続形成した。そうすることで、酸化を避けられた Al 同士が接触し固相拡散することで Al 同士の接合がより低温で実現することが期待される。

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】

住友精密 MUC-21 Deep RIE, 芝浦メカトロニクス Rf スパッタ装置, SUSS 接合装置

【実験方法】

表面は井桁状構造で断面は下駄状構造を有する 20 mm□の Si 基板と封止性評価のためホール状にキャビティ、ダイアフラムが形成された 20 mm□の SOI からなる基板を作成し、両基板の接合表面に Al-Sn 膜がスパッタされた。その両基板の熱圧着接合を 390~350 °C で試みた。また、リフロー対応として 260 °C の耐熱試験も実施した。Fig. 1 に接合に用いた表面、断面パターンと接合後の断面構造を示す。

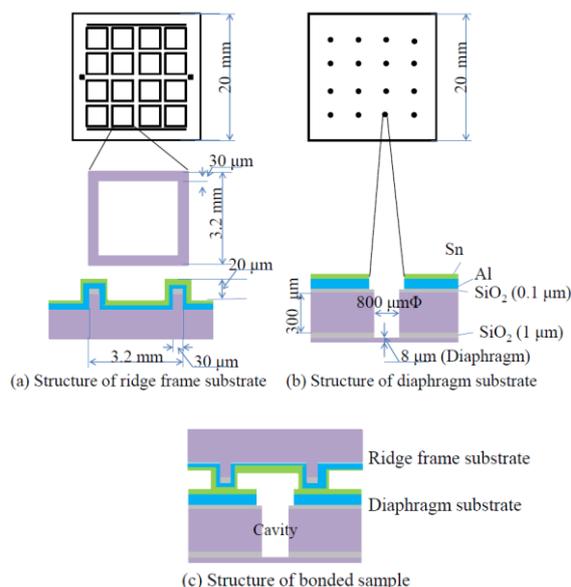


Fig. 1 Bonding ring pattern and cross sectional schematic after bonding integration.

接合温度 390~350 °C, 接合圧 20~114 MPa にて真空中で接合実験を実施した。真空封止実現の確認は SOI ウエハに形成されたキャビティのダイアフラムの凹状のへこみをコヒーレンス走査型白色干渉計の Zygo で観察することで実施した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

接合部の Al 厚さ 2.1 μm, Sn 厚さ 0.1 μm, 接合温度 380 °C, 接合圧 39.6 MPa, 真空中 2 時間の熱圧着接合後, Zygo による凹形状のくぼみの計測結果の時間依存性を Fig. 2 に示す。同時に深さ 4.4 μm が得られた窪みの計測例も示す。2 μm 以上の深い窪みを有するキャビティが真空封止されたものに相当する。13/16 の歩留りで真空封止が実現できた。また、3380 時間経過時に実施した Pb フリー半田リフロープロセスに相当する 260 °C, 10 分間の熱処理結果も示す。長時間経過により 3 個のキャビティについて真空の悪化が見られたが、熱処理による悪

化は1個のみであった。よって、真空封止は3000時間以上も維持でき、リフロープロセスにも耐えられることが分かった。

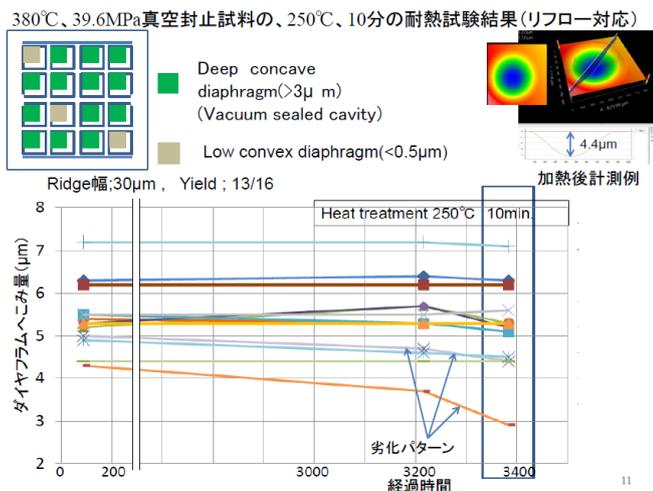


Fig. 2 Zygo analysis, diaphragm deformation by time dependency and heating test.

Fig. 3 に真空封止歩留りの接合温度・圧力、Al 膜厚依存性を示す。接合圧、温度が増すにつれて真空封止歩留りが向上する。また、Al 膜厚 2 µm 以上で 80 %を超える高歩留りが得られており、大学の実験室環境で実施された実験であることを考慮すれば、更なる歩留まり向上が期待できる。なお Al 膜厚 0.7 µm で真空封止は実現できなかった。

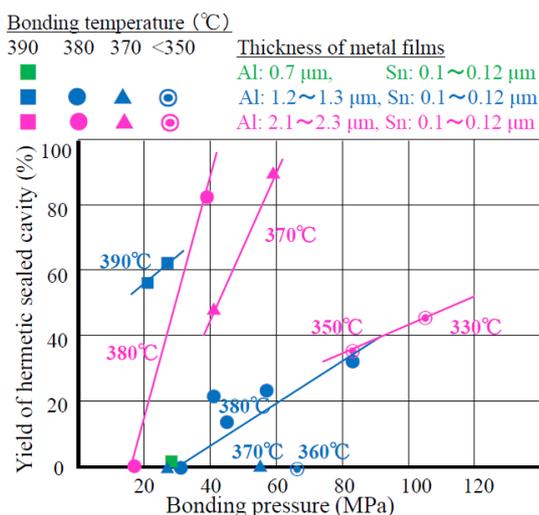


Fig. 3. Vacuum bonding yield by process factors

Al 膜上に薄膜 Sn を形成した二層構造を接合金属に用いることで、最高接合温度バックエンドプロセス温度 (400 °C) 以下の CMOS プロセスコンパチビリティ一条件で、かつ後工程の Pb フリー半田リフロー温度

(約 260 °C) にも耐える、高歩留りの真空封止を実現できることが明らかとなった。

4. その他・特記事項 (Others)

・謝辞

本研究は「先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム」の助成を得て実施した。

・受賞

優秀技術論文賞：第 32 回センサ・マイクロマシンと応用シンポジウム，新潟。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

1. 第 32 回センサ・マイクロマシンと応用シンポジウム，新潟，28pm3-B-1 (2015)
2. IEEE MEMS 2016, Shanghai, China pp 581-584 (2016)

6. 関連特許 (Patent)

なし。