

MEMS デバイスの高効率・低コスト生産に貢献するウェーハ常温接合装置

Wafer Bonder using Surface Activated Bonding at Room Temperature



後藤崇之*1 Takayuki Goto 井手健介*2 Kensuke Ide 内海 淳*3 Jun Utsumi 田原 諭*4 Satoshi Tawara
 津野武志*4 Takeshi Tsuno 木ノ内雅人*4 Masato Kinouchi 鈴木毅典*5 Takenori Suzuki

1. はじめに

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) は、小型、低消費電力、高性能などの特徴から、様々な分野での応用が進んでおり、今後、市場の拡大が予想されている。一方、MEMS デバイスの品質向上、コスト低減のため実装工程の改善が望まれており、その解決策のひとつとしてウェーハレベルパッケージング⁽¹⁾が採用されている。

当社では、常温接合を応用してウェーハレベルパッケージングを行うことでデバイスの高品質化と工程の短縮に貢献する MEMS 封止用のウェーハ接合装置を開発したので紹介する。

2. MEMS とウェーハレベルパッケージング

MEMS は既に自動車を始めとして身近な製品での活用が進んでいる。自動車では、エアバックシステム用の加速度センサ、燃料制御システム用の圧力センサなどに MEMS が使われている。また、小型プロジェクトに使われている米国 Texas Instruments 社が開発した DMD (Digital Micromirror Device) は、代表的な MEMS のひとつであり、画素に対応した 1 辺十数 μm の多数の可動ミラーが数千 Hz で応答する。さらに、インクジェットプリンタのヘッド、ゲーム機などにも MEMS は使われている。このように MEMS は既に多くの製品に搭載されており、今後、携帯電話や家電製品などの様々な製品への応用が進むことで市場が急激に拡大すると予想されている。

MEMS 市場が拡大していく一方で、デバイス製造メーカ、ファンドリーは、(1) デバイスの種類の拡大、(2) 開発期間の短縮、(3) デバイスの小型化・集積化、(4) 高歩留まり・低コスト化などの課題に直面している。これらの課題を解決する上で、実装工程の改善は品質・コスト面で重要であり、その解決策のひとつ

としてウェーハレベルパッケージングが採用されている。これは、図 1 に示すように MEMS 構造体が形成されたウェーハに封止用のウェーハを接合し、その後ダイシング (切断) を行う方式であり、効率的な生産とダイシング時のダメージ軽減を実現できる。

3. 常温接合の原理と特徴

常温接合⁽²⁾⁽³⁾は、図 2 に示すように、高真空中で接合面上の酸化膜や吸着物を原子やイオンによりスパッタし、活性化された界面同士を接合する技術であり、常温で強固な接合が可能である。300℃以上の加熱が必要な陽極接合などの従来の接合方法に対し、常温接合を MEMS の実装工程に応用した場合の利点は以下

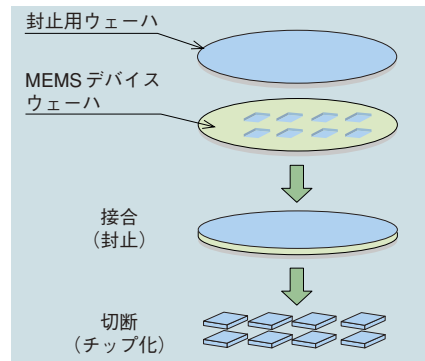


図 1 MEMS のウェーハレベルパッケージング

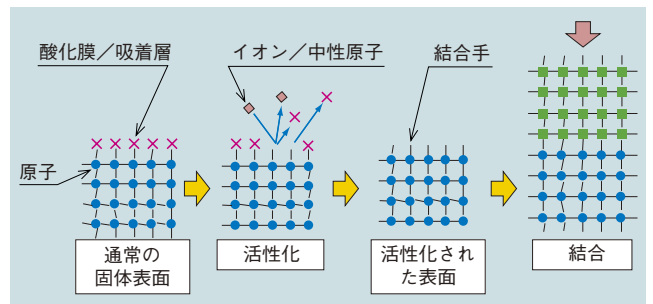


図 2 常温接合の原理

*1 技術本部先進技術研究センター先進機械システムグループ長
 *2 工作機械事業部技術部主席
 *3 技術本部先進技術研究センター応用物理グループ主席

*4 技術本部先進技術研究センター先進機械システムグループ
 *5 工作機械事業部技術部マシニングセンター・専用機設計課

表1 ウェーハ接合装置の主な仕様

装置概要	デバイスウェーハ1枚 封止用ウェーハ1枚 を半自動で接合
ウェーハサイズ	4インチもしくは6インチ(選択)
接合対象	シリコン シリコン酸化膜 金属
接合温度	常温(室温)
チャンバ真空度	10 ⁻⁶ Pa台(プロセスチャンバ)

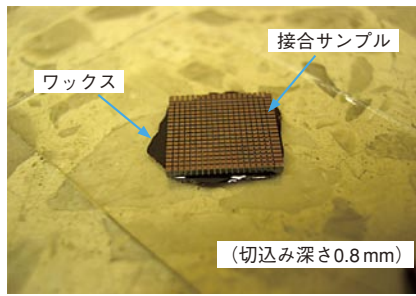


図3 0.5 mm角ダイシング後の接合サンプル

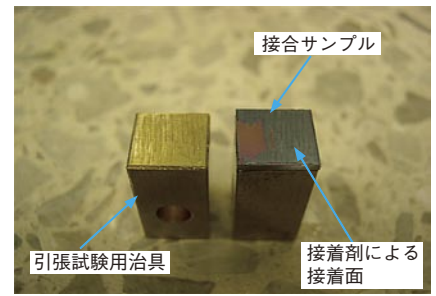


図4 引張試験後の接合サンプル

の通りである。

- (1) 接合による熱歪み，熱応力が生じないため，デバイスと封止材の熱膨張率差に起因する歩留まりの低下を解決できる。
- (2) 母材並みの高い接合強度が得られる。
- (3) 加熱・冷却時間が不要であるため，生産性が高い。
- (4) 接合対象材料の選択肢が広く，シリコン系材料，金属（Au，Al，Cu他）などが接合可能であり，デバイス設計の自由度を広げることができる。

以上の特徴から，製造工程のみならず，デバイス設計段階から最終の出荷検査段階までの様々な課題を改善できる可能性を持っている。

4. ウェーハ接合装置

当社では，研究試作用ウェーハ接合装置を商品化している。装置の主な仕様を表1に示す。

本装置は，搬送ロボット，アライメント装置，表面活性化機構，接合機構がオールインワンで集約されており，使いやすいソフトウェアとあいまって完成度の高い装置となっている。装置は，接合を行うプロセスチャンバと，デバイスウェーハ，封止用ウェーハそれぞれ1枚をセットするロードロックチャンバから構成されており半自動の装置である。接合対象のウェーハ2枚は，ロードロックチャンバ内にあるステーションにカートリッジに載せた状態でセットされる。一連の動作は，すべてPCの画面内にフローや装置状態とともに表示され，オペレータは，フローを確認し，画面のボタンをクリックするだけで作業が進行する。チャンバ内の状況は，専用のカメラで監視できる。手間にかかるアライメントも画像処理システムがサポートし，短時間で完了することができる。また，イオンガンの照射条件やその他の接合条件は，レシピとして保存され，市販ソフトによる解析もできる。

5. 接合性能評価

常温接合により口径4インチ（厚さ500 μm）の熱酸化膜付ウェーハを接合した結果を紹介する。図3は，

接合後のウェーハから10 mm角のサンプルを切り出し，0.5 mm角にダイシングした結果を示している。切込み深さ0.8 mmでダイシングしているため接合面は完全に貫通しているが，剥離は全く生じておらず，均一で強固な接合が行われていることがわかる。図4は，10 mm角のサンプルを治具に接着剤で固定し，引張試験を行った結果である。引張力200 kgfで剥離したが，剥離は常温接合面ではなくサンプルと治具の接着面で生じており，この結果から常温接合面は少なくとも20 MPa以上の接合力を有していることがわかる。

6. おわりに

常温接合技術は，未来の技術ではなく，十分生産に寄与できるレベルに達しており，本装置を次世代のMEMS製造に活用いただき，MEMS市場の発展に寄与していきたい。

参考文献

- (1) <http://www.mems.mech.tohoku.ac.jp/index.html> (2005-11)
- (2) T.Suga et al., Direct bonding of ceramics and metal by means of a surface activation method in ultrahigh vacuum, MRS Internal Meeting on Advanced Material Research Soc., Vol.8 (1989) p.257
- (3) T.Suga et al., Structure of Al-Al and Al-Si3N4 interfaces bonded at room temperature by means of the surface activation method, Acta metallurgica et materialia, Vol.40 (1992) s133



後藤崇之



井手健介



内海淳



田原諭



津野武志



木ノ内雅人



鈴木毅典