

常温接合の新技术

1. 発表者：東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻 教授 須賀唯知

2. 発表概要：

東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻・須賀唯知教授、近藤龍一（博士課程；現・太陽誘電株式会社）らの研究グループは、このたび新たに提案した常温接合の新技术を発表します。この方法により、従来困難であった熱酸化膜やガラス、サファイア、圧電単結晶などの無機材料ウエハの接合を常温で実現しました。

3. 発表内容：

提案する手法は、具体的には、接合面に、鉄ナノ密着層とシリコン薄膜中間層を組み合わせた表面活性化を行い、常温の接触のみで接合を行う方法です。本手法の実現により、半導体デバイスの3次元積層、MEMSデバイスとの融合、フォトニクスデバイスの開発等が飛躍的に進展することが期待されます。

本手法の開発は、同教授と太陽誘電株式会社との共同研究の成果をもとに、ランテクニカルサービス株式会社、ボンドテック株式会社、および産学連携コンソーシアムである電子実装工学研究所の協力のもとに行われたものです。この成果は、実装における最大の国際会議、第61回 ECTC 2011（2011年5月31日～6月3日米国フロリダ）にて発表される予定です。

4. 国際会議発表論文：

発表者：近藤龍一（Ryuichi Kondou），須賀唯知（Tadatomo Suga）
論文題目：Room Temperature SiO₂ Wafer Bonding by Adhesion Layer Method
出典：Proceedings of the 61st Electronic Components and Technology Conference (ECTC) 2011, May 31- June 3, 2011

5. 問い合わせ先：

東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻 教授 須賀唯知

太陽誘電株式会社

担当者 知的財産部部長・藤川 巖

ランテクニカルサービス株式会社

代表者名 代表取締役社長 松本 好家

ボンドテック株式会社
代表者名 代表取締役社長 山内 朗

6. 用語解説：

[ウエハ接合]

IC などの半導体デバイスやレーザなどの光デバイスは、ウエハと呼ばれる薄い基板上に形成される。近年の高機能装置ではこれらのデバイスを高密度で集積し、実装することが高機能化、低コストの鍵を握るといわれている。そのため、デバイスを形成したウエハを積層し、デバイスを3次元化する方法に期待が寄せられている。これを行うのがウエハ接合である。

しかし、多くの場合、熱膨張の異なる材料を高温で接合すると、熱膨張の差で大きなひずみが生じ、そのままでは接合できない場合、強度が不十分の場合、信頼性が確保できない場合などがあり、低温ウエハ接合への期待が大きい。

[常温接合]

従来の接合技術は、溶接やはんだ付けのように温度を上げて、場合によっては接合部を溶かし、高温での反応により接合していた。上記のウエハ接合も従来の方法では加熱が必要であった。常温接合は、これに対して接触のみで固体材料を常温で接合するものである。実際には、超高真空といわれる非常にクリーンな雰囲気、材料表面についている酸化膜やよごれをアルゴンなどのイオンをぶつけて除去し、非常に活性な表面を露出させて、接合する方法。

[鉄 Fe ナノ密着層]

この研究で明らかになった接合界面の一つの構造。鉄原子が接合界面に1ナノメートル(100万分の1ミリメートル)程度の非常に薄い層を人工的に作ることで、上記の常温接合の強度が上がる場合がある。

[シリコン Si 薄膜中間層/シリコン介在層]

この研究で提案された接合面への処理。シリコン Si からなる数ナノメートルの薄膜を介在させることで、上記のナノ密着層の働きが格段に向上することがわかった。

7. 添付資料（発表内容概要）：

〔背景〕

異種半導体デバイスウエハの積層、貫通電極 TSV のファインピッチ接続、ファインピッチ超多端子一括接続、MEMS-半導体融合実装など、現在の半導体実装技術が抱える課題に対して、**常温接合**は大きなブレークスルーをもたらすと期待されている。

常温接合は、もともと表面酸化物をイオン衝撃によって活性化し、そのまま接触させることで、加熱することなく接合を行う手法であり、東京大学・須賀教授らが中心となって開発してきた我が国固有の技術である。半導体業界ではこれを重要な次世代技術と位置づけ、1998 年から産学連携コンソーシアム（電子実装工学研究所）を設立し、現在も産業界のニーズを反映した基礎研究が続けられている。

一方、いわゆる**従来タイプのウエハ接合**はこれとは全く異なり、SOI 基板の製造方法として発展してきた。常温接合では真空中で常温接合を行うのに対し、従来タイプのウエハ接合では、大気中で仮接合を行ったのち、高温加熱処理をすることにより接合を実現する。しかし、現在の先端デバイス製造では、熱膨張係数の異なる基板や非耐熱構造の接合など、150℃以下の低温接合へのニーズが大きくなっている。そのため最近では、従来タイプのウエハ接合であっても、あらかじめ酸素プラズマ照射を行うプラズマ活性化接合で低温化を図ることが行われているが、常温では強度は小さく、前者の**常温接合が原理的にも抜きん出ている**。

それにも関わらず、実用化のレベルという観点では、従来のウエハ接合が大きく進んでいる。その大きな理由は、前者の**常温接合には超高真空という特殊な環境が必要であったこと**、それが故に限定的な用途しかなかったことにあると思われる。その結果として、常温接合の適用対象は小型のチップや小径ウエハに限定され、また、熱酸化膜を含め、**酸化物系材料のウエハについては常温での接合強度は十分ではない**という問題もあった。そのため昨今、急速に量産ニーズの高まっている大型ウエハに対しては、この技術の直接的な採用は敬遠されがちであった。しかし、常温接合の有利性が明らかとなってきている現在、我が国が、常温接合技術が世界的スケールで展開されるであろう局面を**今後も先導し続けるためには、新たな常温接合の手法の導入により、大気圧下での常温接合技術および量産化への展開が必須**であると考えられている。

これに対応すべく提案された本手法では、**接合界面に特殊なナノ中間層を介在させることで、従来困難であった熱酸化膜やガラス、サファイアなど酸化物系材料を含め、さまざまな材料についても接合が可能**となった。さらに、条件によっては、超高真空という環境がなくても表面活性化が可能であることが示され、大口径ウエハや大面積ガラス、低耐熱性ポリマ等の接合が可能となり、現在問題となっている**色素増感型太陽電池や大面積有機 EL ディスプレイなどの封止技術への適用への道が開けるもの**と期待される。

[研究成果]

本研究成果は、従来の常温接合では難しかった熱酸化膜やガラスやサファイアなど酸化物系材料などを対象とした常温接合、および大気中での常温も可能とする技術であり、鉄 Fe ナノ密着層とシリコン Si 介在層を組み合わせる新しい手法を提案したものである。

本研究グループでは、すでに Fe ナノ密着層が非金属系の常温接合には有効であることを見いだしていた。しかし、酸化膜やイオン結晶性の材料に対しては接合強度は十分ではなく、対象によっては接合後さらに加熱処理が必要であった。本研究により、Si 接合においては、Fe ナノ密着層は実際には FeSi 層を介して接合していることでさらに高強度の接合が実現していることを新たに見いだした。また、Si-SiN 膜、Si 熱酸化膜、硼珪酸ガラスウエハ接合の界面微細構造と結合状態の評価より、酸化物表面に Fe-Si 密着層が形成することが強固な常温接合を可能にしていることを見いだした。これらの結果から、Si 薄膜中間層を介在層とし、Fe ナノ密着層と組み合わせることにより、積極的に界面に FeSi 密着層を形成させ、従来困難とされてきた SiO₂-SiO₂ 接合を実現した。さらにこの手法は、シリコン窒化膜、サファイア、ガラス、圧電単結晶ウエハ接合などに適用され良好な結果を得ている。

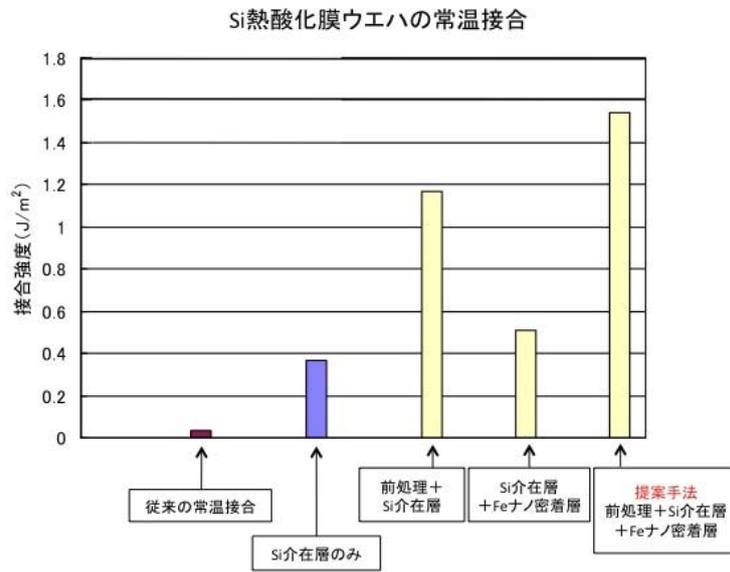


図 1. SiO₂ 熱酸化膜ウエハ接合強度の比較

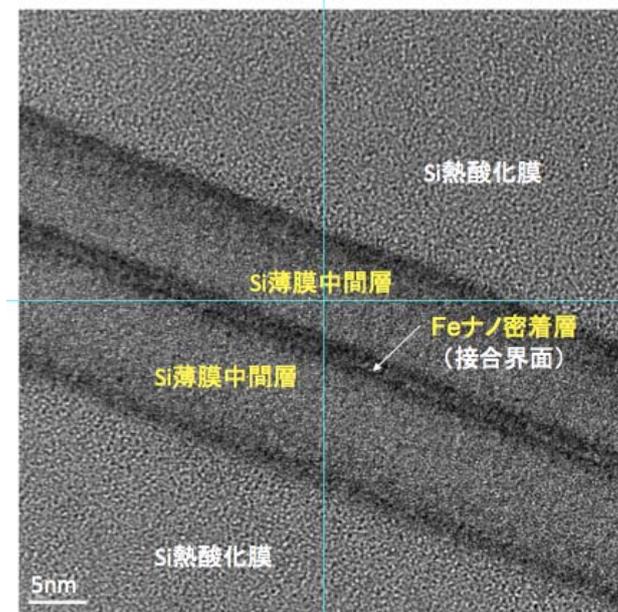


図 2. SiO₂ 熱酸化膜ウエハの接合界面 (透過電子顕微鏡像)