

(様式2)

学位論文の概要及び要旨

氏 名 近藤 正大 印

題 目 樹脂と近赤外線を用いた局所的な仮固定による高精度基板貼り合せ技術に関する研究

学位論文の概要及び要旨

本論文は、MEMS (microelectromechanical systems) デバイス作製のために必要な基板の貼り合せ技術に関する研究成果をまとめたものである。特に本論文では、感光性ポリイミッド樹脂を基板間の接着層とする新しい貼り合せ技術において、基板貼り合せ精度の向上のため近赤外線を用いてその接着層を局所的に固定させる方法を提案し、その検証を行った研究結果をまとめた。

MEMSデバイスや半導体デバイスの作製時あるいはパッケージングの際に同一または異種の基板を貼り合せする必要がある。MEMSデバイスではSi基板、ガラス基板、樹脂基板、化合物半導体基板など多種の基板を用いてデバイスを作製する場合が多い。またメモリなどの半導体デバイスの作製においても3次元化が進んでおり、半導体基板の貼り合せは重要な基盤技術の一つである。なお貼り合せ技術はMEMSや半導体デバイスのパッケージングのベース技術でもあるためデバイスの信頼性を左右する最も重要な要素技術である。現在用いられている基板の貼り合せ技術としては、Si基板とガラス基板を貼り合わせる陽極接合法、Si基板間の直接接合法、Si基板とAuパターンを持つ基板を貼り合わせる共晶反応法、接着剤を用いる方法などがある。しかし、各々の方法は使用基板において種類、表面状態、構造、プロセスの整合性など様々な制約がある。そのため、近年、汎用的な基板の貼り合せ技術として樹脂を接着層とする新しい方法が提案され、研究を行っている。樹脂を接着層とする基板の貼り合せ方法は、低温プロセスであり、基板の種類や表面状態(粗さと汚染物有無)に寄らないメリットを持っているが、両基板においてアライメントを行い、圧力と温度を印加して貼り合せを行う際に、まだ硬化されていない樹脂がせん断応力を受け、両基板がずれてしまう問題点があった。それで本研究では、感光性ポリイミッド樹脂を接着層とする新しい基板の貼り合せ技術と、貼り合せプロセス中に基板がずれない方法を提案し、検証を行い、高精度な基板の貼り合せを得ることを研究目的とした。また本研究では厚膜の樹脂接着層においても応用可能な方法を提案した。

本論文は、基板の貼り合せ技術全般に関する紹介と、本研究の背景や目的を含む序論、本研究で提案する新しい方法と検証実験法と内容、検証実験結果、感光性ポリイミッド樹脂を接着層として用いた貼り合わせた基板の接合力評価結果、ポリイミッド樹脂を接着層として用いたデバイスの作製応用例としてマイクロ流体デバイスの作製結果を報告する本論、研究成果をまとめる結論で構成される。はじめに本研究では基板の貼り合わせに厚膜の感光性ポリイミッド樹脂をはじめて接着層としての使用を試みた。厚膜樹脂接着層による貼り合わせ時には、圧力と温度を印加されるプロセス時樹脂

接着層が受けるせん断応力による基板のずれを回避する必要がある。しかし、今までには2-3 μm 以上の厚膜の場合は方法がなかった。そこで本研究では新しい方法を提案し、厚膜樹脂接着層を用いた高精度な基板貼り合わせを図った。即ち、MEMSデバイスの作製時最も使用頻度が高いSi基板とガラス基板において透明な近赤外線（中心波長1020 nm）を厚膜樹脂接着層に局所的に数カ所照射し、局所的に樹脂を硬化させ固定アンカーを作る。この方法を検証するため、実験系を組み立てて検証実験を行った。検証実験時は、基板は6インチSi基板を使用し、樹脂接着層は本研究で初めて試みる感光性ポリイミド、BCB（Benzocyclobutene）、厚膜レジストであるSU8の3種類を試した。樹脂接着層の厚みはポリイミドの場合、10 μm 、20 μm 、30 μm の3種類、BCBの場合は20 μm の場合、レジスト材SU8は100 μm の場合において検証実験を行った。実験時にはまず近赤外線照射による基板の温度変化を調べ、照射時間とパワーを決め、アライメントを行った樹脂接着層を挟むSi基板において3ヶ所に90秒（SU8は15秒）間照射し、アンカーを形成した。その後、圧力（14.7kN）と温度（350 $^{\circ}\text{C}$ ）をかけ、貼り合わせを行った。局所的なアンカーの効果を確認するため、アライメントマークのずれ量を測定した。その結果、特に20 μm 以上の膜厚において近赤外線を用いて局所的なアンカーを施したサンプルは何れも5 μm 以下のずれしか観察されなかった。一方、近赤外線を用いて局所的なアンカーを施していないサンプルは10 μm の場合を除いて全て大幅ずれてしまう結果を得た。即ち、作製不良になった。

次にポリイミドを用いて貼り合せた基板の接合強度を明らかにするため引っ張り実験を行った。サンプルはSi基板とSi基板、Si基板とガラス基板、ガラス基板とガラス基板の3種類をそれぞれ2セット準備した。接着温度を120 $^{\circ}\text{C}$ 、180 $^{\circ}\text{C}$ 、240 $^{\circ}\text{C}$ とし、それぞれ接合強度を調べた結果、120 $^{\circ}\text{C}$ の場合は接合ができず、180 $^{\circ}\text{C}$ と240 $^{\circ}\text{C}$ の場合は240 $^{\circ}\text{C}$ のほうがより強い強度を示した。基板別ではガラス基板間、Si基板間、Si基板とガラス基板間の順で強度が大きくなり、240 $^{\circ}\text{C}$ 処理でSi基板とガラス基板間の強度が1600kgf/mmで最も強かった。今後デバイスの設計に必要な指針が得られた。

最後にはポリイミド樹脂接着層をMEMSデバイス作製への応用可能性を検証するため、ポリイミド樹脂を接着層兼構造体とし、pHセンシング電極を持つマイクロ流体デバイス作製に応用した。その結果、デバイスは作製でき、pHも標準液において測定でき、有用性の検証ができたと考える。しかし、流路の膜厚がまだ低く、接着条件が最適されていないため液漏れがあり、信頼性を今後向上していく必要がある。

本研究により、近赤外線を用いて局所的なアンカーを形成する方法は、MEMSデバイスや半導体デバイス作製に必要な樹脂による基板貼り合わせ精度を向上させる有効な方法であることが検証できた。また、その接合強度を明確し、マイクロ流体デバイス作製への応用可能性も明らかにした。