

平成 2 1 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「貫通電極形成技術対応耐熱薄ウエハーサポート冶具の開発」

研究開発成果等報告書

平成 2 2 年 3 月

委託者 関東経済産業局
委託先 財団法人埼玉県中小企業振興公社

目 次

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-2 研究体制(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

1-3 成果概要

1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

2-1 実施内容概要

2-2 研究スケジュール

2-3 研究内容

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

「高度化指針」において定める川下製造業者等の抱える課題及びニーズ:

イ. 多機能化・高機能・大容量高速情報処理化

高度情報化社会において飛躍的に増大する情報量に対応し、半導体メモリー技術の高度化が求められている。また、高速・大容量・小型・低消費電力の要求と、ロジック LSI 等と組み合わせで1パッケージ化可能な高付加価値なメモリーが求められている。

この要求に対して、川下製造業者では、パッケージの積層やワイヤボンディングによるチップ積層により半導体メモリーの大容量化を行ってきた。しかし、高度情報通信やサーバーなど高速デジタル処理が必要なアプリケーションにおいては、この方法では信号品質の悪化により、高速化が実現できない。また、非積層による配線の微細化とチップサイズの拡大には、高速化は可能であるが、実装が困難になるという課題がある。(用語説明)

研究開発の背景やこれまでの取り組みについて概要:

このような半導体メモリーの高度化、高機能化という市場要求に対して、チップ内に貫通電極を設け複数チップを垂直に接続する3次元実装が注目されている。貫通電極による3次元実装を実現するためには、貫通孔形成技術や金属充填技術、またチップの積層技術などの開発が必要である。また、貫通電極形成工程では、厚さ100ミクロン以下の薄ウエハーを処理するため、薄ウエハーを確実に保持し、リフローなど各種熱工程にも対応できる薄ウエハーサポート技術の開発も必須となっている。(用語説明)

欧米では、薄ウエハーの保持方式として、ガラス基板をサポート材料に、薄ウエハーを接着材で張り付けるという方式が提案されている。しかし、この方式には本プロセス専用の高価な装置が必要であり、プロセスコストが増大するという課題がある。また、接着剤を剥離するために溶剤が使用され、環境負荷が増加するとともに、接着剤の剥離時に半導体回路を損傷する懸念もある。

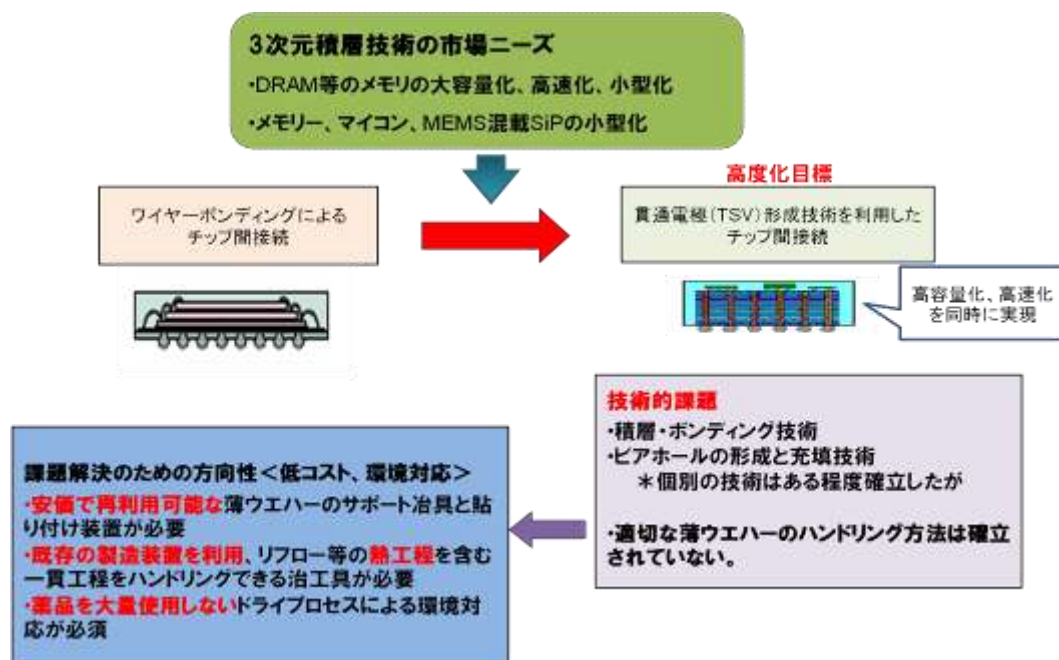


図1、3次元実装の高度化目標

研究開発の高度化目標:

ア. 複数 LSI チップのワンパッケージ化に伴う半導体パッケージ基板の高機能化(3次元実装・部品内蔵エンベデッド技術)の開発

我々は、貫通電極形成工程でのコストダウンと環境負荷削減に対応する、新たな薄ウエハーのサポート方式を提案している。これは、二重リング構造のグリップリングに高耐熱のエラストマーフィルムを装着した治具で、フィルム自身の粘着性により薄ウエハーを保持する方式である。本サポート方式では、グリップリングを樹脂化により低コストでの生産ができ、フィルムの着脱装置やウエハー貼合装置も市販の装置で対応が可能で、プロセス全体のコスト削減に寄与する。さらに、溶剤を使用しないため、半導体回路の損傷の心配も無く、環境負荷の低減することが可能となる。

本サポート治具で、エラストマーフィルムは、信越ポリマー(株)にて開発済みであり、貫通電極形成工程のはんだリフローの温度 260℃の耐熱性を確認している。グリップリングについては、東洋樹脂(株)にて、150mm ウエハー用耐熱グリップリングをすでに開発しているが、半導体製造の主流である 200mm、300mm ウエハー用グリップリングの製品化が強く要望されている。大口径グリップリングは、寸法が大きくなる分、より高い強度と耐久性が必要であり、適切な樹脂材料の選択と設計時のシミュレーションによる強度の検証が必要である。

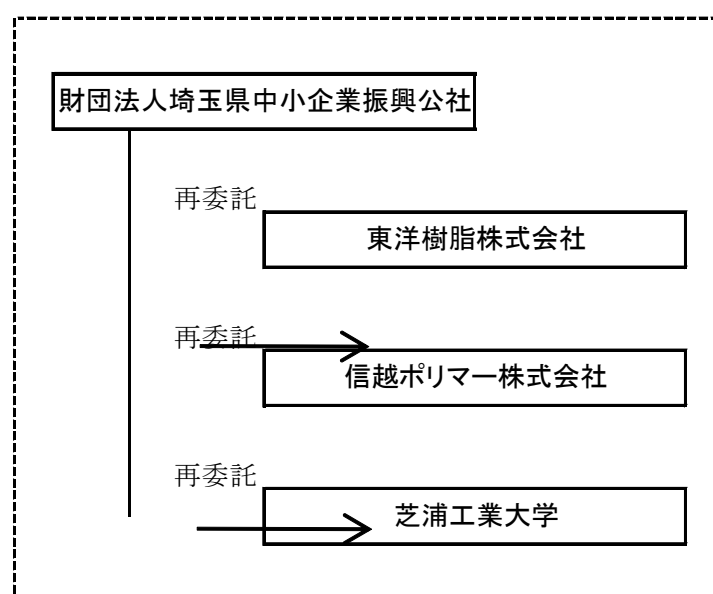
技術的目標値：

【1】耐熱グリップリングの開発

- グリップリングは、はんだバンプ形成時のリフローのピーク温度 260℃の耐熱性を持ち、さらに再利用も考慮し、繰り返し 10 回程度の使用が可能なものとする。
- 200mm ウエハー用グリップリングの開発を進め、平成 21 年度に試作品を完成させる。また、さらに大口径の 300mm ウエハー用のグリップリングも並行して試作を行い、平成 21 年度内に試作の課題抽出を行う。
- 産業界における廃棄物削減の要求を満足し、また、経済的なグリップリングの再利用システムを顧客に提案する。

1-2 研究体制(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

(1)研究組織(全体)



(2)管理員及び研究員

【事業管理者】財団法人埼玉県中小企業振興公社

①管理員

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
高木 利光	産学連携支援部 産学連携グループリーダー	④
浪江 治	総務企画部 総務企画グループリーダー	④

【再委託先】

(研究員)

東洋樹脂株式会社

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
風間 均	代表取締役	①、②、③
濱田 道夫	開発営業部 設計課長	①、②
中村 一彦	製造部 製造技術課 研究員	①、②、③

信越ポリマー株式会社

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
芹口 克彦	研究開発センター室長	①、②
田中 清文	研究開発グループ 研究員	①、②

芝浦工業大学

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
荻谷 義治	工学部 材料工学科 准教授	①

協力者

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
桑原 治	カシオマイクロニクス株式会社 開発部 マーケティング課	アドバイザー
狛 豊	独立行政法人理化学研究所 和光研究所 大森研究室 客員研究員	アドバイザー

1-3 成果概要

(1) 研究開発の成果

- 300℃以上の荷重たわみ温度を持つ耐熱樹脂を用いて、200mm ウエハー用グリップリングを試作し、はんだバンプ形成時のリフローピーク温度 260℃、繰り返し 10 回の耐熱試験を実施しても、リングのはずれ、破損が無く、フィルムの剥がれが無いことを確認し、グリップリングの樹脂化が可能であることを検証した。
- 300mm ウエハー用樹脂製グリップリングを試作し、フィルムの張り合わせが可能なことを確認した。
- 200mm ウエハー用樹脂製グリップリングの LCA を実施し、ライフサイクル全体での温暖化ガス排出量を定量的に把握するとともに、リユース、リサイクルの際の温暖化ガス削減量を定量的に把握することができた。

(2) 今後の課題

- 200mm、300mm ウエハー用両方のグリップリング試作品は、仕様通りの寸法が得られなかった。これは、成型時に膨れ等の不具合があり、それが影響したと考えられる。成型条件や樹脂材料選定の最適化を図る必要がある。
- 熱膨張シミュレーションを実施し、高温時の寸法変化は推測できた。高温後冷却後の寸法変化のシミュレーションは、クリープ特性を考慮したシミュレーションを実施することが必要である。
- グリップリングのリユース、リサイクルが、温暖化ガス削減量に寄与することは把握できた。今後、リユース、リサイクルの経済的評価を実施すると共に、販売方法等のビジネスモデルの検討が必要である。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

住 所:埼玉県坂戸市南町 18 番 20 号

名 称:東洋樹脂株式会社

代表者名:代表取締役社長 風間 均

連絡先: Tel: 0493-65-2226

Fax: 0493-65-2220

E-mail: toyo-om@toyojushi.co.jp

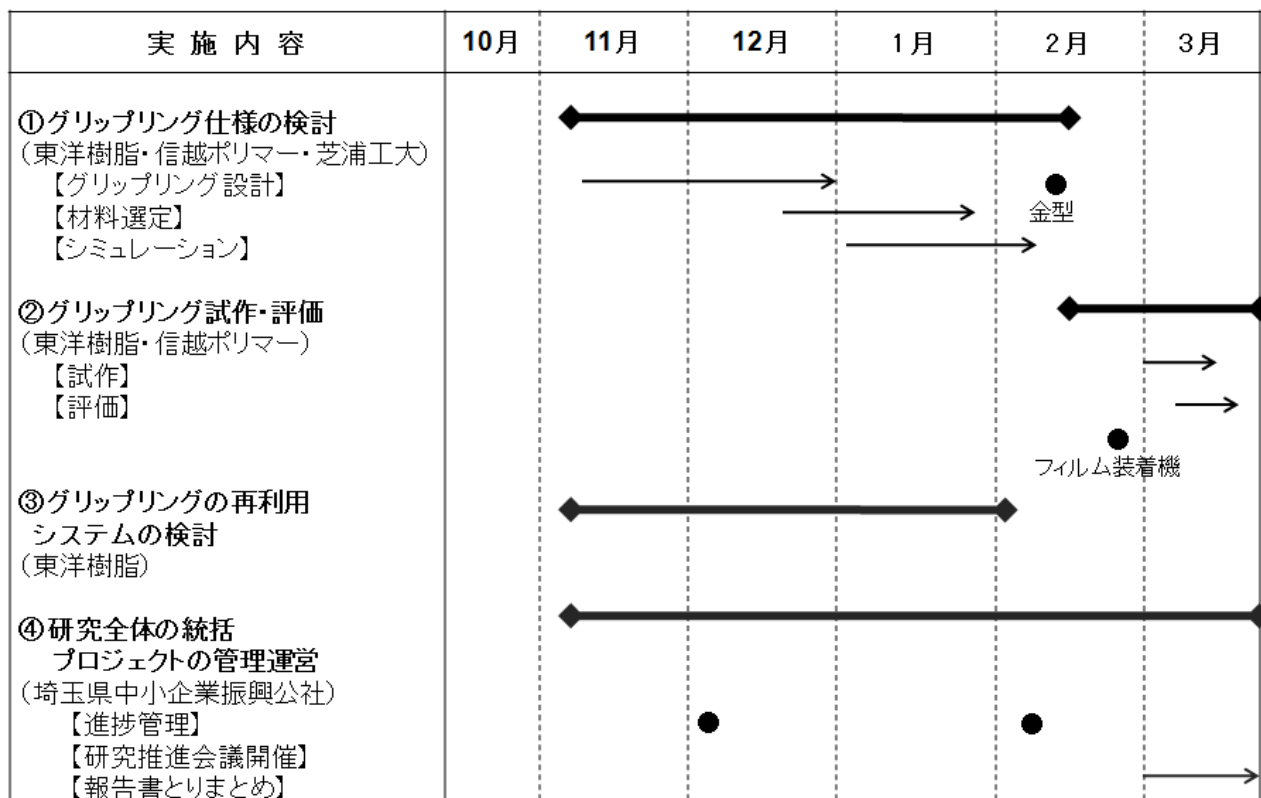
第2章 本論

2-1 実施内容概要

貫通電極形成技術対応耐熱薄ウエハーサポート治具の開発は、以下のような手法と分担で実施する。

- 【1-1】 グリップリング仕様の検討 — グリップリングの寸法、嵌め合いの方法等の概要を検討する。樹脂材料の耐熱性、成型性、強度といった基礎特性の調査、評価を行い強度シミュレーションに必要なデータ収集する。これら材料の特性を基に、シミュレーションを用いた熱膨張、強度の評価を実施し、グリップリングの形状、寸法、また使用する材料などグリップリングの仕様を決定する。(東洋樹脂㈱、信越ポリマー㈱、芝浦工業大学)
- 【1-2】 グリップリング試作・評価 — 【1.1】の結果を基に、金型仕様を設計する。成型機にて、グリップリングを試作する。その試作したグリップリングにエラストマーフィルムを専用装置にて装着し、嵌め合い、耐熱性、強度等を評価し、課題と抽出し、金型設計へフィードバックする。金型の修正、再試作を繰り返し、200mm ウエハー用グリップリングの試作品を完成させる。300mm ウエハー用グリップリングは、試作を実施し、技術的課題を抽出する。(東洋樹脂、信越ポリマー㈱)
- 【1-3】 グリップリングの再利用システムの検討 — 樹脂の LCI データを収集し、LCA 手法にてグリップリング製造、使用後の再利用やリサイクルまでの環境負荷の定量評価を実施する。(東洋樹脂㈱)

2-2 研究スケジュール



2-3 研究内容

(1) グリップリング仕様の検討

1.1 グリップリングの寸法

グリップリングの寸法は、今後の標準化も考慮し、既存の非耐熱グリップリングの寸法を参考に、表 1-1、表 1-2 のように決定した。

表 1-1 200mm 用グリップリング寸法

	内径 (半径) (mm)	外径(半径)(mm)
内リング	227 (113.5)	237 (118.5)
外リング	237 (118.5)	248 (124)

表 1-2 300mm 用グリップリング寸法

	内径 (半径) (mm)	外径(半径)(mm)
内リング	335 (167.5)	348 (174)
外リング	348 (174)	362 (181)

グリップリングの形状の検討時には以下の点を留意し、形状を決定した。

- アウターとインナーグリップリングの勘合部は、フィルムを挟みこみ際にグリップ力を高めるための形状を設ける。
- フィルムの装着時にフィルムが裂けないように、フィルムとの接触部に丸みを設ける。

1.2 樹脂材料の選択

耐熱グリップリングの樹脂材料は、最低 260℃での耐熱性を持つことが必要であり、また、成型収縮に関し、優れた特性が求められる。このような観点を考慮し、今回試作材料として、市販の耐熱樹脂を選択した。

1.3 耐熱樹脂を用いた成型実験

200mm を超える大きな製品化には、使用する材料を用いて流動性や成型性を事前に確認する必要がある。そこで、5 インチウエハー用グリップリングの金型を用いて試作を行い、流動性、成型性といった基本特性の確認を行った。一般的に、耐熱樹脂は、ウェルド(成型時の樹脂合流部分)の強度が低いといわれており、試作品を用いて、ウェルド強度と反りの測定も行った。ウェルド強度の測定は、プッシュプルゲージ(写真 1)を用い、また、反りは、デジタル寸法測定器(写真 2)を用いた。



写真 1 プッシュプルゲージ



写真 2 デジタル寸法測定機

これら樹脂を用いて試作を行った結果、4 種の耐熱樹脂すべて、成型が可能であることが確認できた。また、試作した 5 インチグリップリングのウェルド曲げ試験、反り量の測定を実施した結果、以下のことを把握した。

- 4種の耐熱樹脂で成形は可能である。
- 材料によるウェルドの強度は、ある程度の傾向は見られたが、ただし、ばらつきがある。
- 材料による反りは、ある程度の傾向は見られる。
- 4種の耐熱樹脂の内、2種類で比較的安定したウェルド強度、反り量であり、成型が安定し使いやすい材料といえる。

1.4 流動解析

金型設計図を用いて、流動解析を実施し、成型性やウェルド部分について確認を行った。流動解析の結果から、今回の選択した耐熱樹脂を用いても、200mm、300mm用グリップリング両方で、十分に充填が可能であり、ウェルド部分でも十分な品質が得られることが確認できた。

1.5 耐熱グリップリング熱膨張シミュレーション

グリップリングでウェハーサポートフィルムを挟み込む際、フィルムをグリップリングを支持する締め付け力(内リングと外リングの接触圧力)が必要であるが、本事業のようにグリップリングに樹脂材料を選択した場合、材料の膨張が金属材料より極めて大きいため、リフロー工程中にこの圧力が増減することによりフィルムの脱落やリングの変形が懸念される。そのため、グリップリングの設計にあたっては、適切な材料選択が必要となる。

この材料選択にはグリップリングがリフロー工程中にどのように膨張し、外側と内側のリングの接触面の圧力が温度によりどのように変化するか事前に予測する必要がある。このような背景から、本研究では、20℃から260℃に昇温したときの内リングと外リングの接触圧力、さらに内リングと外リングの材料の組み合わせによる接触圧力の違いを有限要素法解析を用いて調査することを目的とした。

供試材は特性の異なる4種類の耐熱樹脂を用いた。使用する樹脂材料の弾性特性は、JIS1号試験片(厚さ1.6mm)を用いて計測した。測定は3点曲げ試験により行い、周波数10Hz、温度25℃から使用温度の最高温度(リフロー温度)である260℃の範囲で弾性率を測定した。測定には、TA instruments社製の動的粘弾性測定装置DMA2980を用いた。

本研究では、グリップリングでウェハーサポートフィルムを挟み込む際の外側と内側のリングの接触面の圧力の温度依存性を有限要素法解析により計算した。対象となるリング形状や寸法は、試作品と同じ寸法とした。

FEM解析は、図1に示す1/2対称モデルを用いて20℃から260℃に昇温したときの内リングと外リングの接触圧力および、内リングと外リングの材料の組み合わせによる接触圧力の違いを調査した。この調査では、接触面を内リングと外リングの境界面、接触境界条件(摩擦係数)を金属表面と同等と仮定し、解析の温度ステップは図2に示すとおりであり、室温から260℃まで時間依存は考慮しないこととした。なお、材料の異方性を考慮するため、座標系は円筒座標系を用いた。

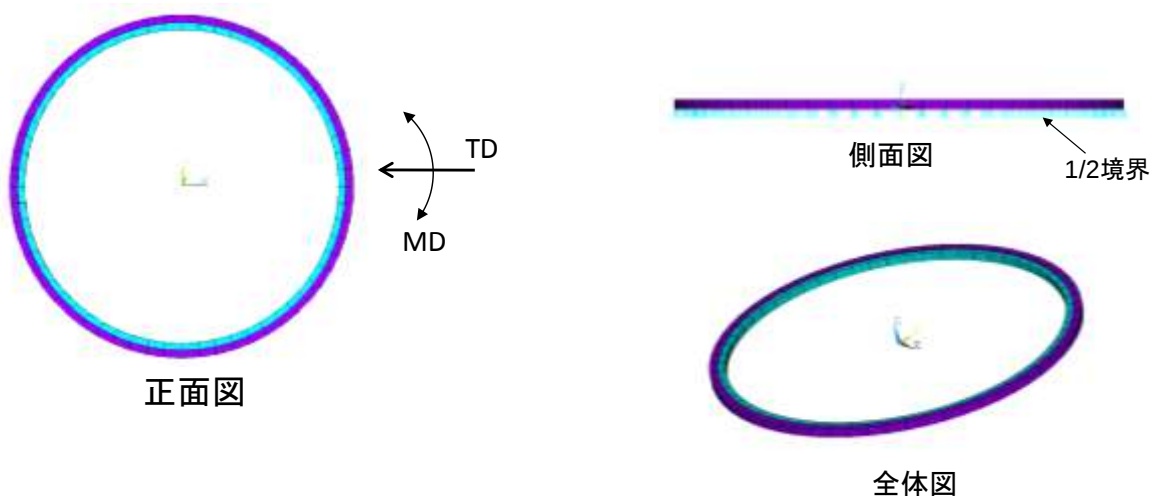


図1 グリップリングのFEMモデル(1/2対称モデル)

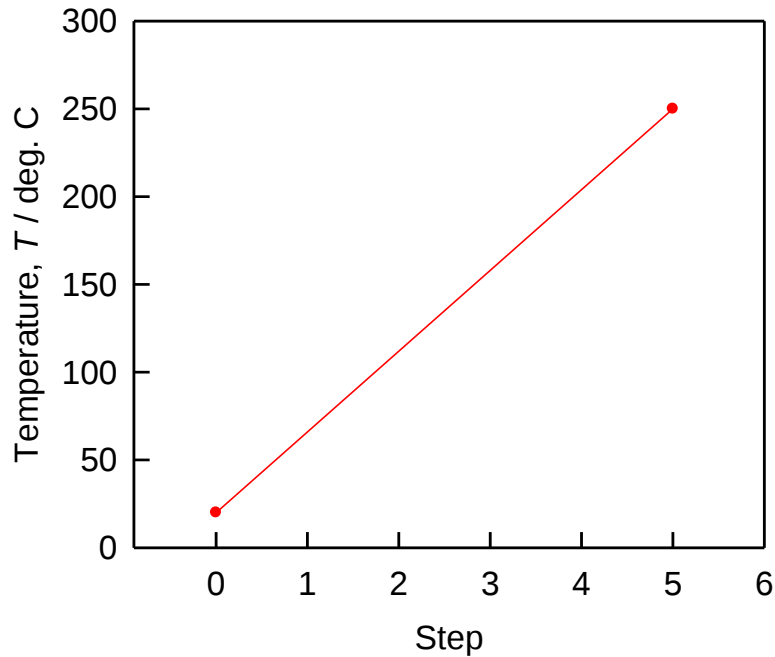


図2 解析の温度ステップ

本研究で用いた4種の耐熱樹脂は、弾性率が異なり、その縦弾性率は材料により室温で約40GPaから200GPaまで2倍程度の差が生じている。この弾性率は樹脂材料としては高く、エポキシ樹脂などに比較して約10倍程度であり、金属に近い特性を有していることがわかる。

他方、いずれの供試材においても弾性率は著しい温度依存性を示し、室温から260°Cに温度が上昇すると弾性率は室温の約1/2にまで低下する。温度依存性はいずれの材料でも同じ傾向を示しており、温度上昇により弾性率が逆転するような現象は見られない。

なお、これら耐熱樹脂の特性は異方性があることが報告されている。各材料とも著しい異方性を有していることがわかり、弾性率に関してもこのような異方性が存在すると考えられる。しかし、今回は研究期間の都合上、弾性率の異方性については計測せず、解析計算には考慮しないこととした。ただし、線膨張係数は異方性を考慮した。

図3に260°Cにおけるグリップリングの変形図および接触圧力のコンター図を示す。本研究では座標系に円筒座標系を用いたため、図に示すように、異方性を有する材料でも円形に変形することが確認出来る。この温度変化による300mm用グリップ(内リングおよび外リング)に生じた接触圧力の最大値の変化を図4に示す。なお、内リング、外リングの材料は同じものとしている。

図4に示すように、いずれの材料を用いても、温度が上昇するに従い、接触圧力が上昇する。この圧力は材料により異なり、MD方向の線膨張係数が高く、かつ弾性率が高い材料の圧力が高く、MD方向の線膨張係数が低く、かつ弾性率が低い材料の圧力が低くなる結果が得られた。

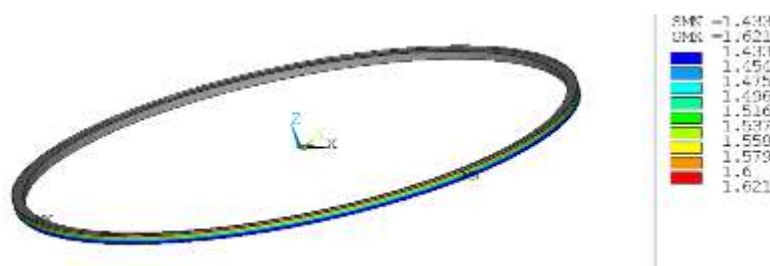


図3 260°Cにおけるグリップリングの接触圧力のコンター図

Contact pressure, p /MPa

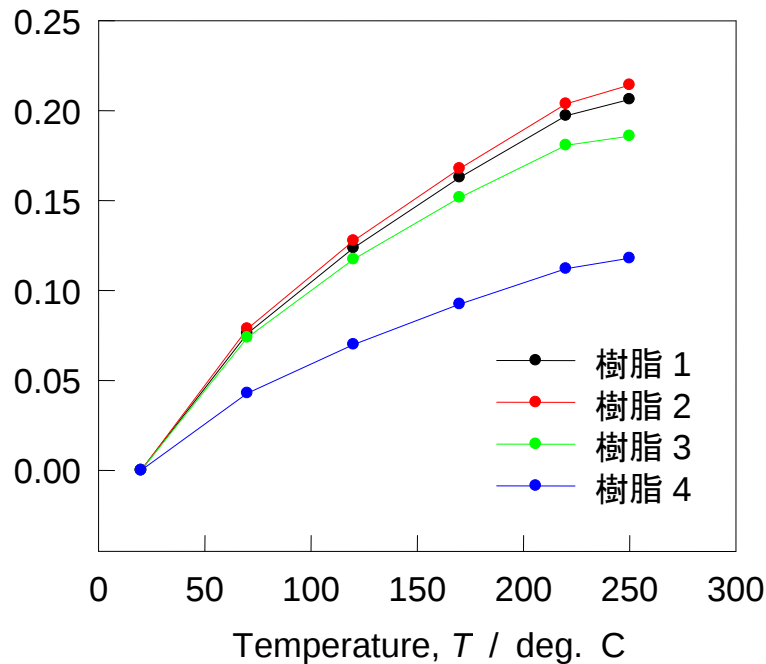


図 4 内リングおよび外リング間に生じた接触圧力の最大値の変化(300mm 用)

今回の解析では弾性率の異方性は考慮していないので、実際の結果とは異なることが予想される。今後は弾性率の異方性を考慮することでより正確な材料選択が可能になると考えられる。しかし、一般に樹脂材料の場合、応力が緩和するクリープ現象が生じることが知られている。今回の解析ではこのクリープ特性は考慮していないが、クリープ特性を考えると、圧力が高くなる材料では高温時にクリープが顕著となり、室温まで温度を降下した場合にグリップリング間に隙間が生じる可能性が考えられる。グリップリングのリユース性を考慮するとこのクリープによる変形は重要な要素となることが考えられる。このため、正確な材料選択のためにはクリープ特性を考慮した解析計算が必要であり、これに関しては今後の課題である。

(2) グリップリング試作・評価

2.1 グリップリングの試作

200mm 用、300mm 用グリップリングは、写真 3, 4 の成型金型を用いて試作した。試作に用いた樹脂材料は、4 種類の耐熱樹脂である。



写真 3 200mm ウエハー用グリップリング金型



写真 4 300mm ウエハー用グリップリング金型

成型後の試作品を写真 5 に示す。

試作品は、材料により若干のバリや膨れが見られるが、概ね良好な成型といえる。



写真 5 300mm 用グリップリング試作品

2.2 試作品の寸法

200mm ウエハー用グリップリング試作品の寸法をデジタル寸法測定器を用いて測定した。また、試作品の反りを矯正するため、300℃で 2h のアニールを実施し、再度寸法測定を行った。

これら寸法測定の結果、以下の結論を得た。

- 成型後のグリップリングの寸法は、材料によっては、内径のみ、または内径と外形共に、1~4mm 程度広がるものがあり、材料によって異なる。
- アニール後、どの材料も、さらに 1~2mm 寸法が大きくなる。

通常、金型寸法より成型品の寸法が大きくなるということはない。したがって、成型品を金型より取り外した後に残留した熱により膨張したことが考えられる。実際、成型品には膨れがみられており、これが原因と考えられる。

2.3 200mm ウエハー用グリップリングの評価

試作品を用いて、フィルムの張り合わせ及び耐熱、また機械的強度の評価を実施した。それぞれの評価手順は以下の通りである。

- ・ フィルム張り合わせ
 - グリップリングにフィルム張り合わせ装置を用い耐熱エラストマーフィルムを張り合わせる。
 - フィルム張り合わせ後、グリップリングの破損等を確認する。
- ・ 耐熱試験
 - 耐熱エラストマーフィルムを用いて、4 種類の材料のグリップリングに張り込む。

- 260℃熱風式オーブンに 3 分投入、フィルムの緩み、グリップリングの外れなどが発生を確認。
- 同様の試験を 1 種類のグリップリングに付き 10 回まで確認。外れた場合、そこまでの回数を記録。
- 0,1,2,5,10 回加熱後を寸法測定。
- ・ 曲げ試験
 - 各々の樹脂の外リングの、ゲート部、ウェルド部、ゲート/ウェルド間の 3 部位について曲げ強度を測定。

2.4 評価結果

1) フィルムの張り合わせ

フィルムの張り合わせは、市販のエキスパンダー(写真 6)を用いた。



写真 6 200mm グリップリング張り合わせ装置

フィルムの張り合わせの結果、1 種類の耐熱樹脂を除き、良好な張り合わせができた。(写真 7)

その 1 種類の耐熱樹脂のグリップリングは、張り合わせ時にウェルド、または、ゲート部で破損するものが多くみられた。写真 8 は破損したグリップリングである。



写真 7 フィルム張り合わせ後、200mm ウエハーを張り合わせ



写真 8 破損したグリップリング

2) 耐熱試験

耐熱試験は、熱風式オーブンをを用いて、 $260^{\circ}\text{C} \times 3$ 分実施した。

10 回の加熱試験後も、エラストマーフィルム張り合わせ時に破損したものを除く、他 3 種の樹脂のグリップリングにおいて、フィルムの剥がれ、また、グリップリングの破損は無かった。(写真 9)



写真 9 耐熱試験後のフィルム張り合わせの状態

3) 耐熱試験後の寸法変化

耐熱試験後、グリップリングの寸法変化を測定した。加熱後グリップリングの寸法には、変化は見られなかった。

4) 曲げ試験

曲げ弾性率は、曲げ試験機を用いて、試験片に荷重をかけ、その変位量(撓み量)を計測するこ

とによって求められる。また、破壊が起きた時点の荷重負荷を、破壊強度とする。

曲げ試験の結果を図 5 に示す。曲げ強度については、どの樹脂においてもウェルド部で破断強度が著しく劣った。

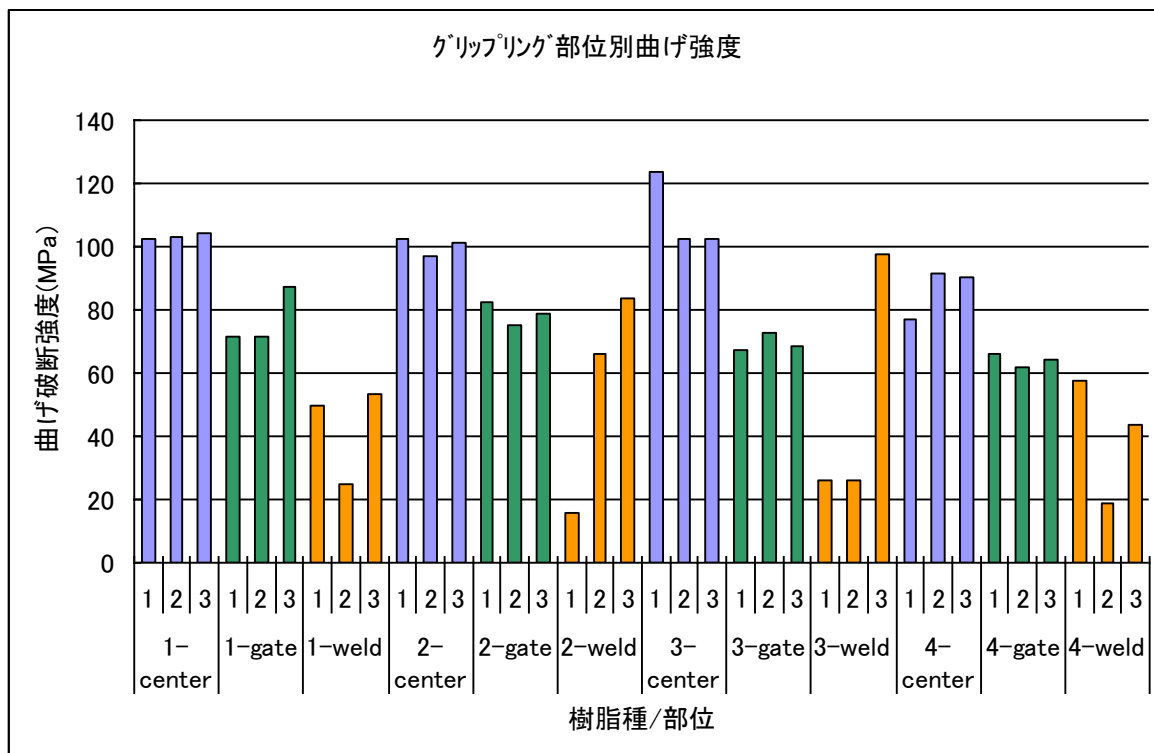


図 5 200mm ウエハー用グリップリングの曲げ強度

また、曲げ弾性率測定の結果を図 6 に示す。曲げ弾性率の材料ごとの差異、また、ウェルド部とそれ以外で、破断強度ほどの大きな差は無かった。

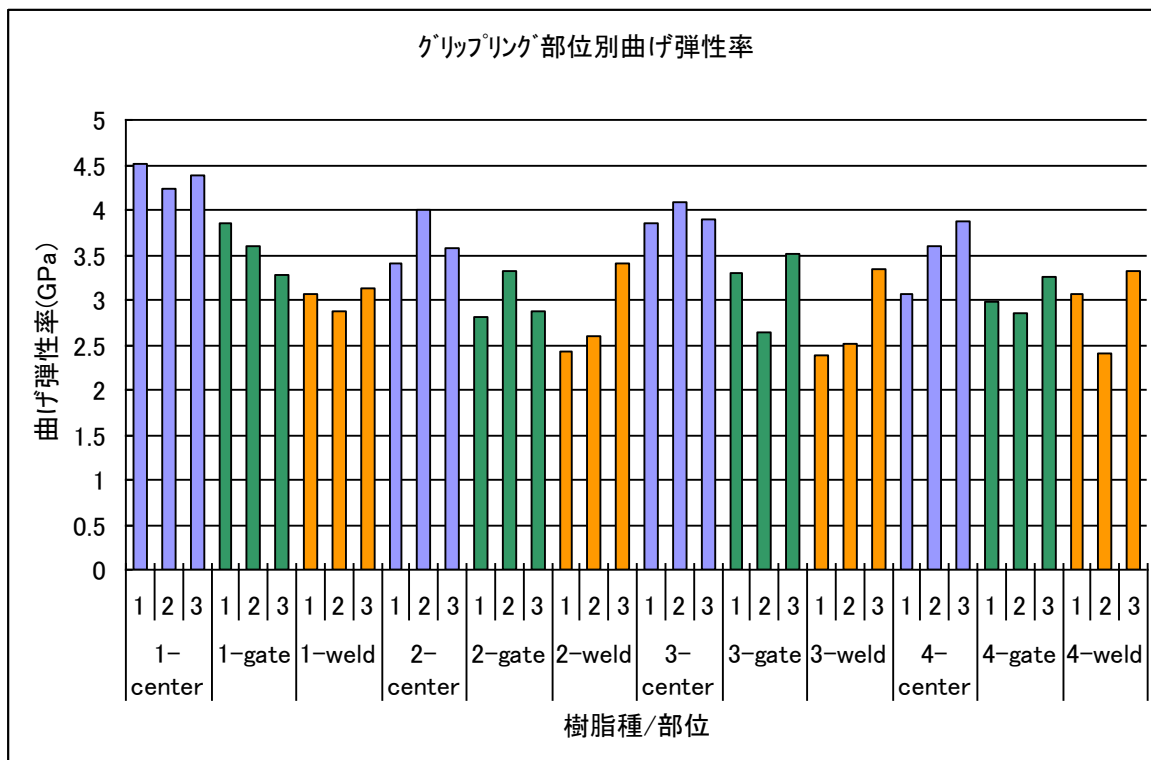


図 6 200mm ウエハー用グリップリングの曲げ弾性率

5) 200mm グリップリングの評価結果

試作品を用いて、フィルムの張り合わせ及び耐熱、また機械的強度の評価を実施した結果、以下のことを確認した。

- ・ フィルム張り合わせ
 - － 1 種類の耐熱樹脂にて、フィルムを張りこむ際に外リングが破損した。
- ・ 耐熱繰り返し
 - － 1 種類の耐熱樹脂を除き、他の 3 種類の樹脂では、耐熱後もフィルムの緩み、外れは生じなかった。
 - － 加熱後のグリップリングの寸法に、変化は認められなかった。
- ・ 曲げ試験
 - － どの材料でもウェルド部で破断強度が著しく劣った。
 - － 弾性率は、破断強度ほど材料間の大きな差は無かった。

2.5 300mm ウエハー用グリップリングの張り合わせ

300mm ウエハー用グリップリングの試作品を用い、フィルムの張り合わせ実験を行った。フィルムは、一般のバックグランド用テープを用いた。

フィルム張り合わせ装置と、張り合わせの様子を写真 10 に示す。張り合わせの後、フィルム張り付け後、グリップリングの破損、フィルムの剥がれ、破損は見受けられなかった。(写真 11)



写真 10 300mm ウエハー用グリップリングへのフィルムの張り合わせ

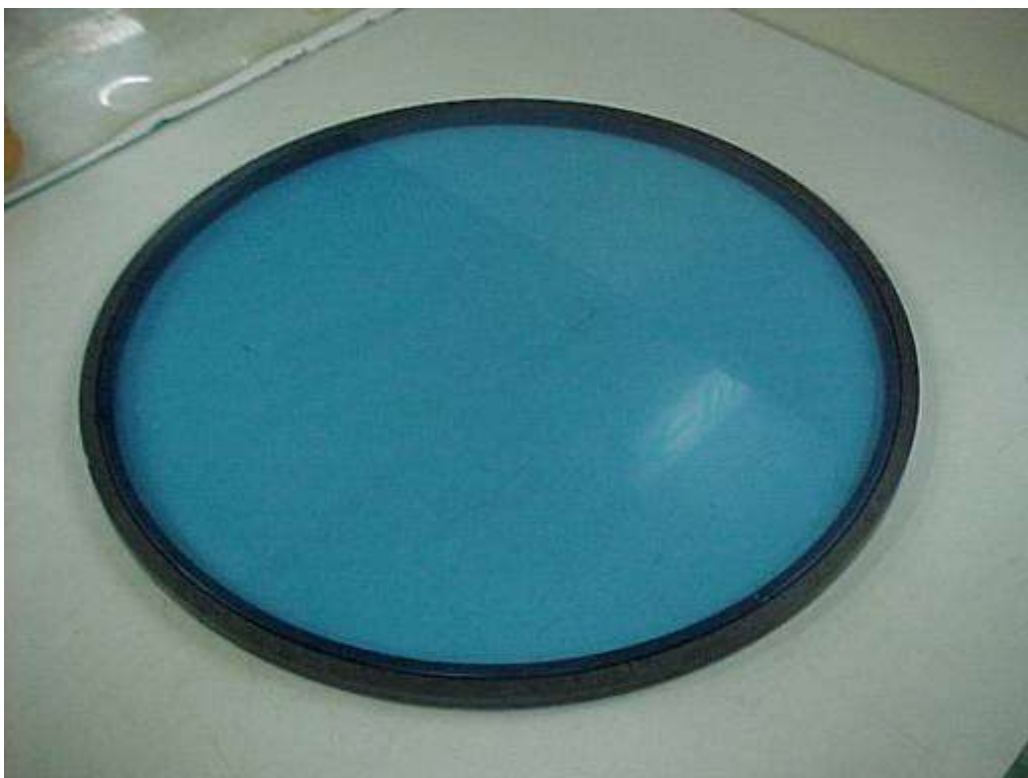


写真 11 フィルムの張り合わせ後の 300mm ウエハー用グリップリング

(3) グリップリングの再利用システムの検討

3.1 調査の背景と目的

半導体の製造には、多大なエネルギーが使用されるため、省エネルギー、省資源が最も要求される産業の一つである。このような社会的な要求によって、半導体メーカーでは、新たな装置や材料の調達の際には、性能、価格、納期と共に、その製品の環境負荷を定量的に評価することが求められる。今回開発を行う耐熱グリップリングは、半導体製造工程で用いられる治具であるが、このような治具はユーザーにおいて使用後廃棄される場合多いと考えられる。そこで、治具の製造者や販売者が、治具の提供のみならず、その回収や再利用、材料リサイクルまでを含めた総合的なサービスを提供することで、より経済的で環境負荷を削減することも考えられる。

今回実施する調査研究は、耐熱グリップリングについて、その使用する材料の環境負荷原単位データを収集し、LCA 手法(ライフ・サイクル・アセスメント)にてグリップリング製造、使用後の再利用やリサイクルまでの環境負荷を定量評価し、実用化後の最適なりサイクルシステムの検討を行うための基礎検討を行うことにある。

3.2 インベントリ分析

LCA には、それぞれの工程での環境負荷排出原単位のためのデータ収集が必要である。原単位には、自らの特有データ(フォアグラウンドデータ)に加え、共通利用可能なデータ(バックグラウンドデータ)の2種類があげられるが、今回限られた時間での評価のため、バックグラウンドデータのみを用いた。

3.3 200mmGR インベントリ分析結果

収集したインベントリデータを基に、以下の3つのシナリオでLCAを実施した。

■シナリオ1 廃棄(埋め立て):

新製品製造 → 使用 → 埋め立て(2回)

■シナリオ2 材料リサイクル(30%):

新製品製造 → 使用 → 回収 → ペレット化 → 30%再生材を利用 → 新製品製造 → 使用 → 埋め立て

■シナリオ3 リユース:

新製品製造 → 使用 → 回収 → 検査・洗浄 → 使用 → 埋め立て

グリップリングの材料は、40%ガラスファイバー入りの耐熱樹脂とし、グリップリングの仕様より、重量を求めた。また、輸送距離は、グリップリング製造場所からユーザーの利用場所までを1200kmとし、トラック輸送と想定した。なお、廃棄までのトラック輸送は使用場所に近いところでの埋め立てを想定し、無視した。

以上の条件で、シナリオ1～3にて、積み上げ方式で計算した結果、各段階でのCO₂排出量を図7に示す。

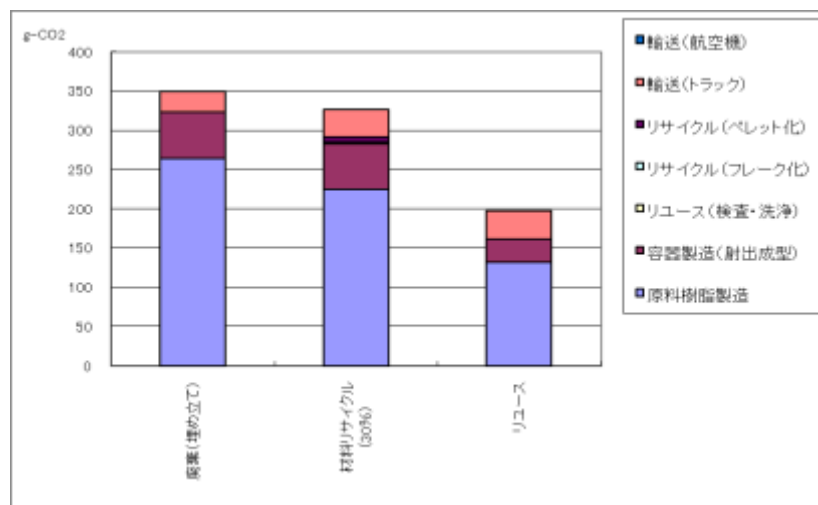


図7 グリップリングのLCA評価結果

3.4 結果の解釈

インベントリ分析を行った結果、単純に埋め立てを行うよりも、材料リサイクル、リユースともに温暖化ガスの排出を削減できることが分かった。その削減量は、1 回の材料リサイクルで、約 10%、リユースでは、40%の削減が可能であることが分かった。

これは、原材料樹脂の温暖化ガス排出原単位が大きいためであり、回収のための輸送による温暖化ガスの排出が相対的に低いからと解釈される。

3.5 今後の課題

LCA を用いて、リユースが、温暖化ガスの大幅低減に寄与することが定量的に示された。しかし、リユースを経済的に成立させるためのビジネスモデルの検討が必要である。

一般的に、企業がリユースを実現できるためには、以下の条件が必要となる。

新規製造 > 回収費 + 検査費 + 管理費 (人件費)

これらの定量的評価を行うためには、輸送業者との取引条件を設定し、また、具体的な検査の手法を想定し、実施する必要があると考えられる。また、グリップリングの販売方法として、グリップリング単体か、またはフィルム付きで販売するかにより、評価対象も変わってくる。そのため、フィルム提供企業と連携した回収・検査システム構築も必要となると考えられる。

2-4 研究成果と今後の課題

(1) 研究開発の成果

- 300℃以上の荷重たわみ温度を持つ耐熱樹脂を用いて、200mm ウエハー用グリップリングを試作し、はんだバンプ形成時のリフローピーク温度 260℃、繰り返し 10 回の耐熱試験を実施しても、リングのはずれ、破損が無く、フィルムの剥がれが無いことを確認し、グリップリングの樹脂化が可能であることを検証した。
- 300mm ウエハー用樹脂製グリップリングを試作し、フィルムの張り合わせが可能なことを確認した。
- 200mm ウエハー用樹脂製グリップリングの LCA を実施し、ライフサイクル全体での温暖化ガス排出量を定量的に把握するとともに、リユース、リサイクルの際の温暖化ガス削減量を定量的に把握することができた。

(2) 今後の課題

- 200mm、300mm ウエハー用両方のグリップリング試作品は、仕様通りの寸法が得られなかった。これは、成型時に膨れ等の不具合があり、それが影響したと考えられる。成型条件や樹脂材料選定の最適化を図る必要がある。
- 熱膨張シミュレーションを実施し、高温時の寸法変化は推測できた。高温後冷却後の寸法変化のシミュレーションは、クリープ特性を考慮したシミュレーションを実施することが必要である。
- グリップリングのリユース、リサイクルが、温暖化ガス削減量に寄与することは把握できた。今後、リユース、リサイクルの経済的評価を実施すると共に、販売方法等のビジネスモデルの検討が必要である。

今後、上記の課題に対して、以下のような研究開発を行い、平成 23 年度以降の市場展開を目指す。

- 金型修正や再設計、また、適切な樹脂材料の選択と成型条件の最適化を図り、コストと品質を満足する製品化を目指す。
- はんだバンプ形成工程や貫通電極形成工程での応用検証を実施し、その実用性を確認することで、製品としての完成度を高める。
- 薄ウエハーを用いる MEMS (微小電気機械素子およびその創製技術) の製造工程への応用を検討する。
- このリユース、リサイクルを前提とした、販売方法等のビジネスモデルを構築する。