自己剥離粘着剤と極薄半導体ウェハ加工への応用

大山 康彦*

Self Releasing Adhesive and the Application to Ultra Thin Semiconductor Processing

Yasuhiko OYAMA (Sekisui chemical Co.,Ltd High Performance Plastics Company Industrial Tape Division)

We have developed Self-releasing adhesive tapes "SELFA" for manufacturing of ultra thin semi-conductor wafers. With the new tape, the semi-conductor wafer is fixed and supported properly on the glass board. After ultra thin process, adhesive starts self-releasing with UV irradiation. And then for the process of dicing, we have developed self-releasing dicing tape for ultra-thin wafer and its application to UV-needleless pickup system.

This report states the mechanism of self-releasing and the characteristics of the new tapes and the application to an ultra thin manufacturing system for wafers.

Key Words : Self-releasing adhesive, UV irradiation, Ultra thin wafer, Gas, Grinding, Dicing, Semiconductor

1. 開発の背景

近年、携帯電話等電子機器の高機能化、大容量化、小型化がますます進んでいる中で、半導体チップを複数枚積層する3次元実装技術の開発が盛んに行われている。半導体ウェハは前工程で表面に回路パターンが形成され、裏面研削プロセスで適切な厚さに裏面研削・研磨された後、ダイシングプロセスでチップ化して、実装される。3次元実装では、その半導体チップの厚さが、従来の100 μ m以上のものから、更に薄層化し50 μ m～20 μ mが要求されている。この薄さになると半導体が剛体でありながらプラスチックフィルムのようにフレキシブルになり、かつ非常に脆

くなるため、以下のようなプロセス上の課題があった^{1, 2)}。

- ・従来の片面保護テープ方式では、極薄ウェハの反り、変形が押さえきれないことや、テープでウェハをしっかり保護できないために極薄プロセスやダイシング・ピックアッププロセスにおいてウェハ・チップが割れたり、剥がれなかったりする危険性が高い。
- ・研削プロセスではガラス等のハードな基板に紫外線(UV)硬化型の再剥離性両面テープでしっかり固定して保護する方式も提案されているが極薄ウェハを割らずに剥がし、取り出すことが困難である³⁾。

このような状況から筆者らは図1に示すように紫外線を照射すると半導体ウェハから自ら剥がれる自己剥離型粘着テープ(製品名「セルフア」: 以下開発品と略す)を開発し、極薄研削プロセスにはガラス基板等による極薄ウェハサポートシステム(GWSS)とダイシング・ボンディングプロセスにはUVニードルレスピックアップシステムを構築した。

図1 極薄ウェハの課題と粘着テープの対応

*積水化学工業(株)高機能プラスチックカンパニー工業テープ事業部(〒105-8450 東京都港区虎ノ門2-3-17)開発担当部長。スペシャリティ職。昭和53年、京都大学大学院修士課程高分子化学科卒業。同年、積水化学に入社。現在に至る。専門は、粘接着材料。

2. 自己剥離粘着剤

自己剥離粘着剤は基本的に特殊アクリル系ポリマーとUV官能型ガス発生剤から構成される。自己剥離の基本メカニズムは粘着剤にUVを照射すると粘着剤中に窒素ガスが発生し、そのガスが粘着剤の外部すなわち接着界面に放出され、接着界面にガスが溜まっていくことによって自然に剥がれていくものである。図2でUV照射前後の自己剥離粘着剤の架橋度、弾性率変化を示す。照射後200～500 mJ/cm²で架橋が立ち上がり、同時に弾性率も上昇している。要するにUV硬化させている。

また、図3ではUVを2000 mJ/cm²照射した後の粘着剤断面を示す。この照射量ではガスが発生しているがその断面には泡は認められない。すなわち、UV照射の比較的早い段階で粘着剤の硬化を行い、その凝集力を向上させた後、発生するガスを粘着剤内部で発泡させずに外部に放出する仕組みである。

図4で自己剥離挙動について詳細に説明する。自己剥離粘着剤にUVを照射し始めるとまず、粘着テープの粘着力（ピール剥離力）が低下し、照射量200～500 mJ/cm²で極小値を示す。これは前述のUV硬化によるもので通常のUV硬化型粘着剤と同様の挙動である。次に粘着剤から照射量にほぼ比例して直線状にガスが発生し始め、そのガス発生に伴い、接着面積が100%から減少していく。すなわちガス発生に従って剥がれていくことが分かる。ここでガラス剥離力はガラス板/開発品/ウェハのように貼り合せたサンプルからガラス板を剥がす力であるが、接着面積が少しでも残っているとこのガラス剥離力は高い値を示す。ウ

ェハが薄い場合、この力で割れることになり、開発品とウェハの界面にガスを発生させることによって接着部分が消失して初めてガラス板が取れる。粘着剤は前述のように高度に架橋され、また、通常の粘着テープのように剥離時の変形（ピールモード）をほとんど与えないので糊残りが少ない利点も考えられる。このようなガラス板とウェハ、ガラス板とガラス板のような剛体同士の接着体では間の粘着剤のピール剥離力が非常に小さくなくても密着している場合では両者を剥がすことは非常に困難であり、本系のような自己剥離メカニズムが必要となる。

筆者らは以前、UV硬化型接着剤を開発していた時にUV照射すると本来接着するはずのものがほとんど接着しない失敗事例があった。その原因解明の中でUVによる界面ガス発生現象を把握しており、自己剥離技術として今回、極薄ウェハの加工プロセスに応用したものである。

3. 半導体ウェハ極薄化プロセスへの応用

本章では自己剥離粘着剤を用いた極薄研削用粘着テープと極薄研削プロセスへの応用について述べる。前述のように半導体は脆いので極薄になると非常に割れやすく取り扱いにくい素材であるため、これをガラス板のようなハードな基板でしっかり保持して極薄加工、搬送、転写を安全に行うシステムである。

3.1 半導体ウェハ極薄研削用テープ

図5に極薄研削用テープ「開発品1」の構成を示す。特殊処理されたポリエチレンテレフタレートフィルムの片側

図2 UV照射による粘着剤の変化

図4 自己剥離テープのUV挙動

図3 UV照射前後の粘着剤断面

にUV自己剥離粘着剤、他面にUV硬化型粘着剤を設けた両面粘着テープである。

離型フィルムを剥がし、自己剥離粘着剤側にウェハを、UV硬化型粘着剤側にガラス基板を接着し、この状態でウェハの裏面研削を行う。中間のポリエチレンテレフタレートフィルムは表面に易接着化処理を施す。特に自己剥離粘着剤側にはガスがこのフィルム表面から発生しないように粘着剤とフィルム界面とを特殊アンカー剤によって強固に接合させている。

粘着剤の接着力、厚み、柔軟性の設計については、実際のウェハ表面のチップ形状(5~20 μm の段差)や、ポリイミド、ポリベンゾオキサゾール等のコーティング剤、電極金属といった表面状態に対して総合的に設計する。

3.2 ガラス板によるウェハサポートシステム

開発品1を用いた極薄ウェハサポートシステム(GWSS)のフローシートを図6に示す。

0.5~1 mm前後の厚さのガラス基板にウェハを強固に

図5 開発品1の構成

図6 ガラス基板によるウェハサポートシステム

図7 従来のダイシング・ピックアッププロセス

固定して、極薄研削、研磨や搬送時での反りや割れを防ぐ。その後30~100 mW/cm²程度のUVをガラス面から照射すると自己剥離粘着剤層表面から極薄ウェハが自然に剥がれ安全にダイシングテープに転写できる。ウェハをガラス基板に接着させる場合はどちらも剛体であり、常圧下で貼り合せると空気を接着界面に巻き込み、極薄研削時に割れ等の不具合になるので真空中で貼り合わせる必要がある。UV照射工程では、テープはガラス側に残るが、UV硬化型粘着層を使用しているので、簡単にはがした後、ガラス板はリサイクルし、テープは廃棄する。

装置面ではタカトリ社等の装置メーカーの協力を得て300 mmウェハまでの全自動型及び手動型のガラス貼合装置、UV剥離装置を開発している。

4. ダイシング・ボンディングプロセスへの応用

従来のダイシングテープは主に塩化ビニルまたはオレフィン系の柔軟性基材フィルムに加熱粘着力低下型もしくはUV硬化型の粘着剤が形成されている。その基本プロセスを図7に示す。50 μm 以下の極薄半導体を取り扱う上で、従来のテープシステムには基本的に下記のような課題があると考えられる。

- ・テープが柔軟なため、極薄ウェハのサポート性が悪い。
- ・ニードルで突き上げた際、極薄半導体チップがダメージを受けやすい。
- ・高速ピックアップが難しい。

4.1 極薄ウェハ用ダイシングテープ

筆者らは上記の極薄チップをピックアップする(テープからチップを引き剥がす)ことについてもUV自己剥離粘着剤を応用した。図8に片面にUV自己剥離型粘着剤を形成した極薄ウェハ用ダイシングテープ「開発品2」の構成を示す。開発品2の基材にはポリエチレンテレフタレートフィルムを選定した。従来のダイシングテープは主に柔軟な基材が使用されているが、これはテープを拡幅することとニードルでの突き上げでテープが変形する必要があることが主な理由である。自己剥離機能を有する開発品2では、テープ背面からテープに接触せずUVを照射することで自然にチップが剥がれる(浮き上がる)ので、ニードルでの突

図8 開発品2の構成

図9 極薄ウェハのダイシング写真

き上げがなくテープの変形性は必要ない。また極薄チップ同士は薄いのでチップをピックアップする時にチップ端部が接触し、その部分が欠ける危険性も少ない。さらに近年、チップ認識精度が向上しているのでチップ間隔を開けなくても良い。本システムではテープの拡幅や柔軟基材を必要としない。テープ基材を剛性の高いポリエチレンテレフタレートにしたことによって極薄ウェハのサポート性も向上できると考えられる。

極薄ウェハのダイシング特性は粘着剤の弾性率や粘着力を適正化することで満足できる。図9に50 μ m厚ウェハの微小チップダイシング結果を示す。チップ飛び無く、またチップング(端部欠け)も少なく良好なダイシング性を示している。

4.2 UVニードルレスピックアップシステム

このピックアッププロセスにおいては、極薄チップを1チップごと短時間にピックアップできて、割れ、欠け、汚染等が生じないことが求められる。図10にUVの照射強度とチップ剥離の関係を示す。照射強度が大きくなればより速くチップが自己剥離することが分かり、3000 mW/cm²の高照度で0.5秒以内のチップ剥離を確認できる。この状態はUVを照射したら、チップが浮き上がっており、ダイボンダーの吸引具をチップ真上に待機させておけば自然に吸引具に吸着し極薄チップをピックアップしたことになる。

UV照射装置については市販のスポット照射装置を利用した。これらは基本的にUV発生装置から光ファイバーで所定の部位までUVを導きスポット的に高照度の出光ができる。出光のオン・オフはシャッターにて行い、ダイボンダーに应用する場合、従来のニードル突き上げの信号と同期させれば、ニードルの代わりにUVを照射することができる。1チップごとの剥離については出光部をチップの形状に合わせ、ほぼ出光部形状どおりにガスを発生させることによって1チップピックアップが実現する。出光部はチップ形状に応じて取り替えられるようにした。実際のダイボンダーとの組合せや条件設定はボンダーメーカーの

図10 チップの自己剥離とUV照射時間・強度の関係

図11 極薄チップのピックアップ

NECマシナリー社と協力して行っており、同社の300 mm ウェハ用ダイボンダーへの装着は終了している。図11に示すように開発品2と本装置によって300 mm径・30 μm 厚のシリコンウェハで高速(0.3秒)ピックアップを実現している。

5. ま と め

UVをトリガーとした自己剥離型粘着剤、半導体極薄研削用テープと「極薄ウェハサポートシステム」および極薄半導体用ダイシングテープと「UVニードルレスピックアップシステム」を報告した。これらにより極薄半導体加工製造プロセスでの課題をほぼ解決し、300 mmウェハまでの極薄半導体後工程のプロセスにおいて、自動化を構築出来るようになった。

6. 結 語

筆者らは材料メーカーとしてユーザーの要求に応えるべ

く新規材料技術の開発を行っているが、今回の半導体用テープにしてもシステム構築と一体をなすものであり、装置メーカーの協力に感謝するところです。

今後、本技術については極薄ウェハ・チップの実用化・汎用化に一層寄与するように活用していくと共に、自己剥離粘着剤技術の更なる深度化と他用途展開を行う所存です。

References

- 1) Shimobeppu, Y.: SEMICON Japan 2001 Program, 63 (2001)
- 2) Nanjo, M.: SEMICON Japan 2001 Program, 105 (2001)
- 3) Seo, H., Takahashi, K., Sugino, T.: *Denshi Zairyou*, July, 42 (2001)

日本語表記参考文献

- 1) 下別府祐三: SEMICON Japan 2001 Program, 63 (2001)
- 2) 南條雅俊: SEMICON Japan 2001 Program, 105 (2001)
- 3) 妹尾秀男, 高橋和弘, 杉野貴志: 電子材料, 7月, 42 (2001)

*

*

*

*

*