半導体製造用帯電防止テープの開発

Development of Anti-static UV-tapes for Semiconductor Processing

盛島泰正* 石渡伸一* 丸山弘光*2
Yasumasa Morishima Shinichi Ishiwata Hiromitsu Maruyama
宮城秀文*2 加納義久*2 青井恒夫*2
Hidehumi Miyagi Yoshihisa Kanou Tsuneo Aoi

概　要　半導体製品の小型化，高性能化に伴い，高性能半導体製品ほど静電気耐性が低下する傾向にあることから，生産工程での静電気対策が重要な課題となっている。クリーンルーム内で使用される半導体テープには，高い信頼性（低汚染性，長期安定性）とその粘着特性（強粘着性とUV照射後の易剥離性）を維持しつつ高い帯電防止性能を有することが求められている。

通常の粘着テープでは，剥離フィルムからの剥離過程でも数kV～10 kV程度の帯電圧を生じ工程時間内の減衰も僅かであることから，テープに接する半導体製品に誘導電位を生じさせて静電気耐性の低い高性能デバイスを破壊しやすいことが懸念されている。開発された帯電防止テープは，スタティックオネストメーターの評価で0.01 kV以下の帯電圧と1秒以下の半減期を実現し，優れた帯電防止性能と粘着特性を有することが確認されている。

1. はじめに

当社産業機材事業部AT製品部では，半導体製造工程，特にダイシング工程やバックグラインド工程で使用される紫外線硬化型粘着テープ（UVテープ）を製造販売している（**写真1**，**図1**，2）。UVテープは，従来の非UV系粘着テープに比べて，優れた粘着特性，易剥離性，非汚染性が評価され，各種半導体製造工程で広く利用されている。近年の半導体製品の高度化・複雑化に伴い，半導体用粘着テープに対する要求性能は，より多様化している。例えば，半導体チップは，動作速度の高速化や消費電力の低減をはかるため，保護回路の省略や駆動電圧の低減が検討されている。そのため，高性能半導体チップになるほど，静電気破壊による損傷を受けやすい状況にあり，各種製造現場では全生産工程を通しての静電気対策が強化されつつある（**表1**）[1), 2)]。また，工場内での静電気放電によるパルスノイズの発生は，コンピューター制御されたすべての生産設備に対して誤動作原因となりうることから，生産管理の視点からの関心も高まっている。静電気対策の主役として，各種イオナイザーなどの静電気対策設備が工場内で使用されるケースが一般的であるが，イオナイザーなどの付加的設備のみに頼る静電気対策では十分な信頼性は得られにくく，各種導電性帯電防止部材を併用した接地対策が重要な課題となっている。

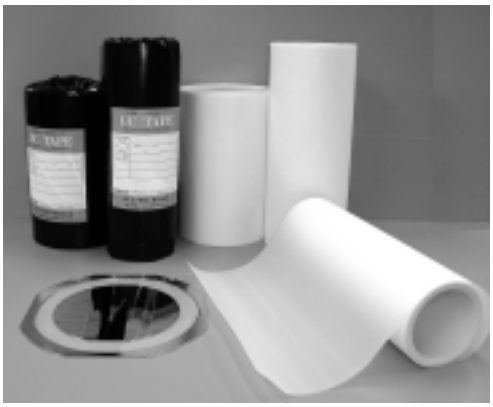

写真1　半導体用UVテープ
UV-Tapes for semiconductor processing

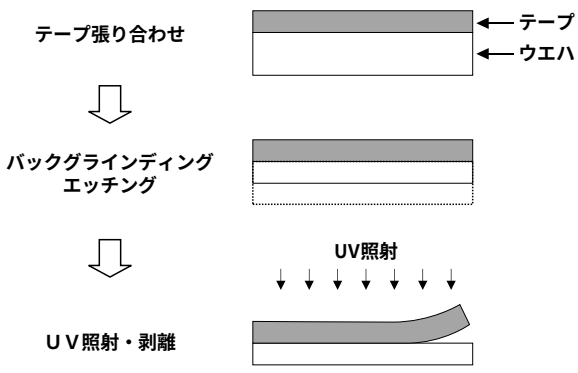

図1　バックグラインド用UVテープの使用例
An application example of UV-Tape for back-grinding process

*　産業機材事業部 AT製品部
*2　環境・エネルギー研究所 高分子材料技術センター

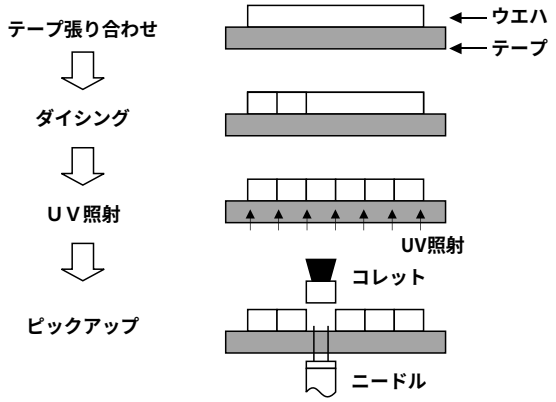

図2　ダイシング用UVテープの使用例
An application example of UV-Tape for dicing process

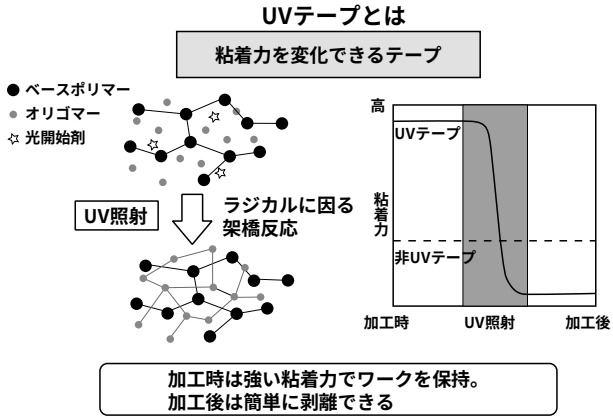

図3　UVテープの粘着力制御機構
Mechanism of adhesive strength decrease of UV-Tapes

表1　各製造現場での管理電圧と管理電荷量の目安[1)]
Recommend level of voltage and charge during processing

- 半導体デバイス製造工程
  （設計ルール0.25μm～0.35μmのCMOS IC）
  ：50 V（管理電荷量：1 nC）
- デジタルカメラアッセンブリ工程（CCD「150万画素クラス」）
  ：200 V（管理電荷量4 nC）
- 光ピックアップ製造工程
  ：30～50 V（管理電荷量：1 nC）
- CD-ROMドライブアッセンブリ工程
  ：30～150 V（管理電荷量：1 nC）
- HDDアッセンブリ工程：　MRヘッド：10 V（管理電荷量：0.2 nC）
  GMRヘッド：5 V（管理電荷量：0.2 nC以下）
- 液晶製造工程
  ：50～100 V

最近では，これまで問題とならなかった僅かな帯電量でもデバイス損傷の危険を伴うことから，工場内でのイオナイザーによる除電対策のみならず，使用される粘着テープにも帯電防止機能の付与が求められるようになっている。そこで，我々は帯電防止ニーズの最も高いダイシング用UVテープの帯電防止化に取り組み，その優れた粘着特性と易剥離生，非汚染性にくわえて，優れた帯電防止性能を兼ね備えた高機能性UVテープを開発したので，既存製品との比較を交えて紹介する。

2.　UVテープの一般特性

2.1 粘着力制御機構

一般にUV硬化型粘着剤は，粘着力を有するアクリル系粘着剤，光重合性オリゴマー及び光開始剤をブレンドして調製される（**図3**）。アクリル系粘着剤は，ポリアクリル酸ブチルやポリアクリル酸2-エチルヘキシルなどのポリアクリル酸エステルを主成分とし，アクリル酸や酢酸ビニルなどのコモノマーを共重合して調製される。粘着物性は，共重合組成やその比率，分子量とその分布，異種ポリマーとのブレンド及び架橋システムによって制御されている。光開始剤はおよそ300～400 nmの紫外線を吸収して光重合反応を開始させるもので，光化学反応によりラジカルを発生することで光重合性オリゴマーによる連鎖的な重合反応を開始する。UV照射によって，粘着剤ポリマーは光架橋構造に取り込まれて網目構造となる。その結果，粘着剤ポリマーの流動性の拘束と弾性率の増加及び体積収縮が起こり，粘着性が消失するものと考えられている[3)]。

2.2 表面汚染性

半導体製造工程で表面汚染が問題となる例として，リフロー工程で発生するポップコーン現象がある。バックグラインドあるいはダイシング終了後，ウエハ表面上に粘着剤成分が残留すると封止樹脂との密着性低下原因となり易い。最悪のケースでは，高温高湿条件下で密着性の低下したウエハ封止樹脂接着界面に水分が蓄積し，蓄積された水分がリフロー工程で急激にガス化膨張することによりウエハと封止樹脂との剥離が進行したりパッケージのクラックを誘発することとなる。いわゆるポップコーン現象である。また，最近リードオンチップ（LOC）構造の実用化も進み，表面汚染の管理が緩やかであったウエハ裏面が直接封止剤に密着するため，パターン面同様に表面汚染の低減が要求されている。このように，粘着剤成分がウエハ表面に残ると最終製品の不良につながるため，そのような汚染物質を同定し，ウエハ表面上への残留物を低減化する必要がある。**表2**に表面汚染の分析・評価方法を示す。

一例として，**図4**及び**写真2**にレーザー式表面検査装置によるパーティクル観察結果を示す。非UV型のテープでは，5インチウエハー上の全面に渡りφ0.1μm以上の表面汚染物質が多数確認されるが，UVテープを使用することにより，テープ貼合前のブランクウエハーと同程度のパーティクル数まで低下することが確認されている。

3.　ダイシング用UVテープの帯電防止化

3.1 帯電防止処方

粘着テープの帯電防止処理には様々な方法があり，テープメーカー各社から特許が出願されている[4)~6)]。ただし，半導体製造用途に使用される粘着テープには半導体ウエハに対して低汚染性であること，及び粘着性能の制御が極めて重要になる。そのため，界面活性剤を粘着剤に添加し表面へブリードさせることで，帯電防止性能を発現させる手法は難しい。また，導電性フィラーのような添加剤を充填した粘着テープでは，粘着特性を維持しにくく，導電性物質がダイシング工程で装置内に飛散する問題もある（**表3**）。そこで我々は，様々な帯電防止化手法を検討し，粘着剤ポリマー骨格に帯電防止機能をハイブリッ

表2　ウエハ汚染物質の分析方法に関する一覧
Analysis methods for impurities on semiconductor wafers

分類	表面分析（組成）	表面観察	定性・定量分析	表面物性
原理	ウエハ表面上の組成分析	表面形状，形態及び汚染状態の直接観察	ウエハ残留物の定性・定量分析	表面汚染物の表面張力からのアプローチ
分析方法	XPS，EPMA TOF-SIMS ATR-FTIR RAS-FTIR	光学顕微鏡 電子顕微鏡（SEM，TEM） Particle Counter AFM	熱脱着／GC-MS 溶媒抽出／FTIR	静的接触角 動的接触角 濡れ性 表面張力

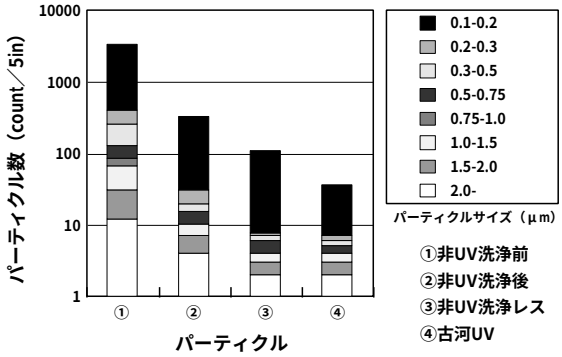

図4　レーザー式表面検査装置によるパーティクル測定
Particle count on wafers by a laser scanning device

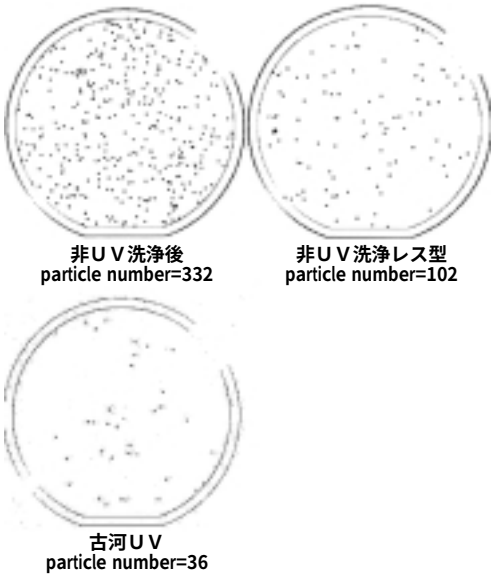

写真2　レーザー式表面検査装置によるパーティクル測定
Particle count on wafers by a laser scanning device

ドする手法に着目した。その結果，表面汚染が極めて少なく，かつ帯電防止性能に優れるUV硬化型帯電防止テープを開発した。以下に開発したテープの性能を紹介する。

3.2 性能

ハイブリッド化手法により開発された帯電防止性粘着剤の動的粘弾性を**図5**に示す。図5から開発粘着剤のT_gはおよそ－25℃であり室温における貯蔵弾性率G'も粘着特性の発現する10^4 Pa近傍であり，通常の粘着剤とほぼ同様の粘着特性が期待できることがわかる。

開発した帯電防止テープの粘着性能，表面汚染性，及び帯電防止性能を**表4**に示す。表中には比較のため従来品の特性を記載した。帯電防止性能の指標としてUVテープの表面抵抗とスタティックオネストメーターによる平衡電位と半減期を記載した（**図6**参照）。平衡電位は，1550 rpmで回転する接地されたターンテーブル上に固定された試料テープ粘着剤面にに＋10 kVコロナ放電を印荷した際の平衡電位である。半減期は，コロナ放電停止後に表面電位が平衡電位の1/2になるまでに要する時間である。

表4の比較から開発品の粘着性能と表面汚染性は従来品と同等以上の特性を有していることがわかる。一方，帯電防止性能では従来のUVテープに比べて大幅に改善され，表面固有抵抗値，平衡帯電圧，半減期すべての特性が極めて小さな値となっている。換言すれば，帯電防止性能が大幅に向上している。

帯電防止性能を更に高めた製品についても開発を継続中であるが，ユーザー評価ではダイシング→純水洗浄後の帯電圧が10 V程度と低く，帯防止性能が他社の製品に比べて特に優れているとの評価を得ている。

表3　粘着剤帯電防止処方の比較
A comparison of development methods for anti-static adhesive

	汚染	粘着性	塗膜伸び	コスト
界面活性剤	×	×～△	○	低
4級アンモニム塩	×	△	○	低
導電性フィラー	△	×	×	高
導電性ポリマー	△～○	×	×	高
ハイブリッド化	△	△～○	○	中

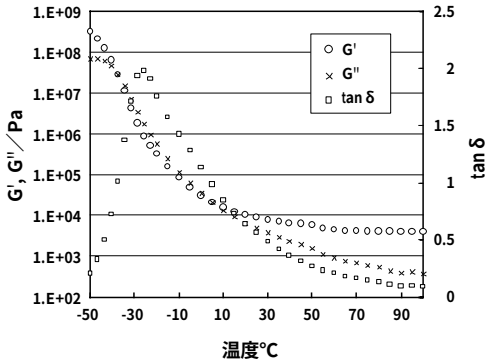

図5　帯電防止粘着剤の貯蔵弾性率G'，損失弾性率G''，tan δの温度依存性
Temperature dependence of storage modulus G', loss modulus G'', and tan δ of anti-static adhesive

表4　帯電防止テープの性能比較
Comparison of general properties of anti-static UV-Tape

		開発品：帯電防止	従来品
帯電防止性能	表面固有抵抗値（Ω/□）	1×10^{9}	1×10^{14}
	平衡帯電圧（kV）*	0.01	2.0
	半減期（s）*	<1	1100
タック力（mN/mm²）	UV前	650	164
	UV後	7	7
タック力積分値（mN/mm²･s）	UV前	280	244
	UV後	1	1
封止剤面粘着力（N/25 mm）	UV前	2.6	2.9
	UV後	0.8	0.12
ウエハ面粘着力（N/25 mm）	UV前	2.1	5.9
	UV後	0.16	0.1
表面汚染性	パーティクル数**	3	7

*：スタティックオネストメーターにより測定。印加電圧10 kV（図6参照）。接地されたターンテーブル上にサンプルを載せ1550 rpmで回転中に10 kVコロナ放電を連続的に加えて平衡となるサンプル表面電位とコロナ放電停止後の表面電位の半減期を測定する。
**：5インチシリコンウエハに貼付された各ダイシングテープを1000 mJ/cm²でUV照射し，剥離後のウエハ上における0.3μm以上の異物の数を，Tencor社製表面異物検査装置6420を用いて測定した。

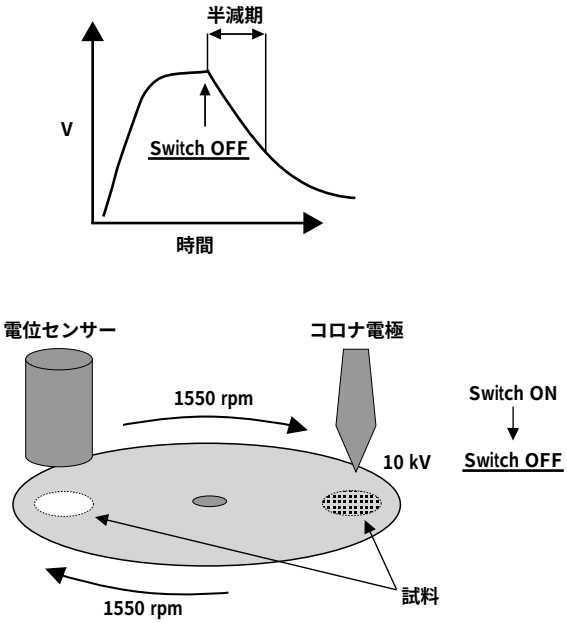

図6　スタティックオネストメーターによる帯電防止性能評価方法
Measurement method of anti-static properties of UV-Tapes by static honest meter

4. まとめ

半導体製品の小型化高性能化に伴い，静電気に対する耐性が低下する傾向にあることから，生産工程での静電気対策が大きな問題となりつつある。近年では，半導体製造工程（バックグラインド，ダイシング工程）で使用されるUV硬化型粘着テープに対する帯電防止要求も高まっている。新たに開発されたダイシング用帯電防止テープは，従来のUVテープの優れた粘着特性と易剥離生，非汚染性にくわえて優れた帯電防止性能を兼ね備えていることを確認した。

5. 今後の課題

帯電防止性能を有する新規な粘着剤組成を開発することで，半導体テープの帯電防止化を実現したが，更に帯電防止性能を高めるためには，テープに使用される基材フィルムにまで帯電防止性能を付与することが必要である。また，ダイシング用テープのみならずバックグラインド用途への展開を図るとともに低コスト化による競争力の強化が今後の課題であり，更に半導体テープ事業を拡大するためには，既存製品とは異なる耐熱フィルムや金属箔フィルム等の新規基材フィルムとの複合化による新製品の開発[9]が求められている。

参考文献

1）2001年5月，半導体産業における静電気対策応用セミナー，春日電機（株）鈴木輝夫
2）セミコンジャパン2000，「半導体製造プロセスの静電気問題ワークショップとその対策」配付資料より
3）加納義久, 秋山三郎，高分子加工，41，146（1992）.
4）公開特許公報 特開2000-273417，特開平11-269436
5）公開特許公報 特開2000-129235
6）特許 第2955089号，第2649731号
7）盛島泰正，丸山弘光，宮城秀文，加納義久，第39回日本接着学会年次大会要旨集，2001，p.45
8）盛島泰正，丸山弘光，宮城秀文，加納義久，第11回RCJ信頼性シンポジウム予稿集，2001，p.183
9）盛島泰正，石渡伸一，第16回エレクトロニクス実装学術講演大会講演論文集，2002，p.181