



MEMS のダイシング

Dr. Ramon J. Albalak
Advanced Dicing Technologies,
Haifa, Israel

はじめに

微小電気機械システム (MEMS) には、加速度計、フローセンサー、モーションミラー、高周波デバイスなど、さまざまな小型化されたインテリジェントな機械システムが含まれます。

MEMS は、集積回路 (IC) を製造するための確立された方法と、デバイスが基づくシリコンウェーハの所望の部分を選択的にエッチング除去するか、または材料の追加の層を作成するための様々なマイクロマシニングプロセスとの組み合わせによって製造され、したがって、三次元機能構造を形成します。

最終的なコンポーネントには、カンチレバー、ブリッジ、ヒンジ、ギア、メンブレン、および特別な取り扱いと手入れを必要とするその他の敏感な機能など、微細で非常に繊細な構造が含まれている場合があります。

いくつかの基本的な違いにより、MEMS のダイシングは一般的な IC やその他の超小型電子部品のダイシングよりもはるかに困難になります。

MEMS には、膜、高アスペクト比のトポグラフィ、およびダイシングとその後の洗浄サイクル中に遭遇する水の影響に耐えられないその他の感圧部品が含まれている可能性があり、液体の一定の流れからそれらを保護する保護メカニズムの必要性が高まります。



さらに、MEMS には汚染に非常に敏感な可動部品があり、小さな破片粒子の存在が動きを妨げたり、完全に停止させたりすることがあります。特定のタイプの MEMS（静電アクチュエータなど）は、ESD 現象に特に敏感であり、自発的な静電放電で故障する可能性があります。

現在のダイシングアプローチ

脆弱性と汚染および ESD に対する感度によって生じる課題を克服するために採用できる MEMS のダイシングにはいくつかのアプローチがあります。

1 つのアプローチは、MEMS を恒久的にキャップすることです。これにより、マイクロメカニカル部品と環境の間に物理的な障壁が作成されます。この方法は、破片による MEMS デバイスの汚染を防ぎ、ダイシング中の冷却水及び次のステップの洗浄水の流れの影響からデバイスを保護します。

また、敏感なコンポーネントが周囲に直接接触することを排除することにより、ESD の危険性を低減します。

キャッピングにはシリコンやガラスなどのさまざまな材料が使用されており、キャップを取り付けるためにいくつかのシーリング方法を利用できます。

さいの目に切った後、キャップは MEMS の恒久的な部分として残ります。

キャッピング方法のバリエーションは、実際のダイシングステップ中に MEMS デバイスを覆い、後で除去または洗い流される一時的な保護犠牲層の使用です。ほとんどの場合、この保護層は、乾式または湿式のいずれかの技術で除去できる高分子フィルムです。

上で概説した方法は、恒久的なキャップを配置するため、または一時的な保護フィルムを形成および除去するために追加の製造ステップおよびプロセスを必要とし、デバイスの製造の全体的なコストを増加させます。

ADT による革新的なアプローチ

Advanced Dicing Technologies (ADT) は、従来のダイシングおよびその後の洗浄プロセスに対する MEMS の独自の感性によってもたらされる困難と障害を克服するために、一連の革新的な方法と特殊な装置を開発しました。

ADT が採用しているアプローチは、これらの問題を解決するために、MEMS デバイス自体ではなく、ダイシング装置とプロセスを変更するアプローチです。

ダイシング中の基板への冷却水の影響を左右する主な要因の 1 つは、使用する冷却ブロックの形状です。ADT は、特定の顧客アプリケーションのニーズを満たすように調整されたカスタムメイドの冷却ブロックを含む、MEMS デバイスで使用するための冷却ブロックを開発しました。



このような冷却ブロックの例を図1に示します。これは、後端ノズルを含む冷却ブロックを示しています。

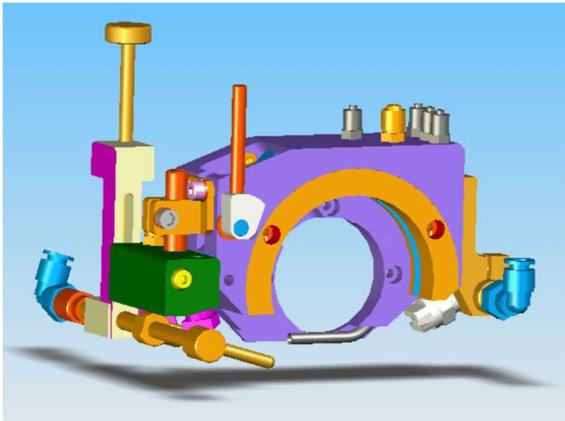


図1：MEMSをダイシングするためにADTによって開発された非標準の冷却ブロック。

敏感で繊細な機能への物理的損傷を減らすことを目的とした冷却システムへの追加の変更は、ダイシングプロセス中に基板が冷却媒体に完全に沈められる冷却浴でのダイシングです。

この方法は、本質的にクーラントの影響をゼロに減らします。

ダイシング中の冷却水の流れとスプレーの悪影響に加えて、敏感なMEMSデバイスは、その後の洗浄サイクル中に物理的損傷を受ける可能性があります。これはほとんどの場合、ダイシングソー自体に統合されている洗浄システムで実行されます。

ADTによって最近開発された全自動ダイシングソーの7200ファミリーには、独自の「噴霧」ノズル構成を装備できます。この構成では、洗浄/すすぎ水が連続的な流れではなく、微細な液滴の形で供給されます。

噴霧された水の流れにより、洗浄特性が向上し、汚染や破片粒子によるMEMSの故障の可能性が減少します。

破片の存在は、微粒子を引き付ける静電放電を減らすことによっても制御できます。静電荷とその結果生じる電場は、クーロン力（静電引力=ESA）による粒子の堆積を増加させます。

粒子の引力は電界に正比例します。ADTの7200シリーズの自動ダイシングソー（統合されたハンドリングおよびクリーニングシステムを備えた基本構成）は、静電適合性に関するSEMI E78-1102規格に準拠していることが認定されています（図2）。

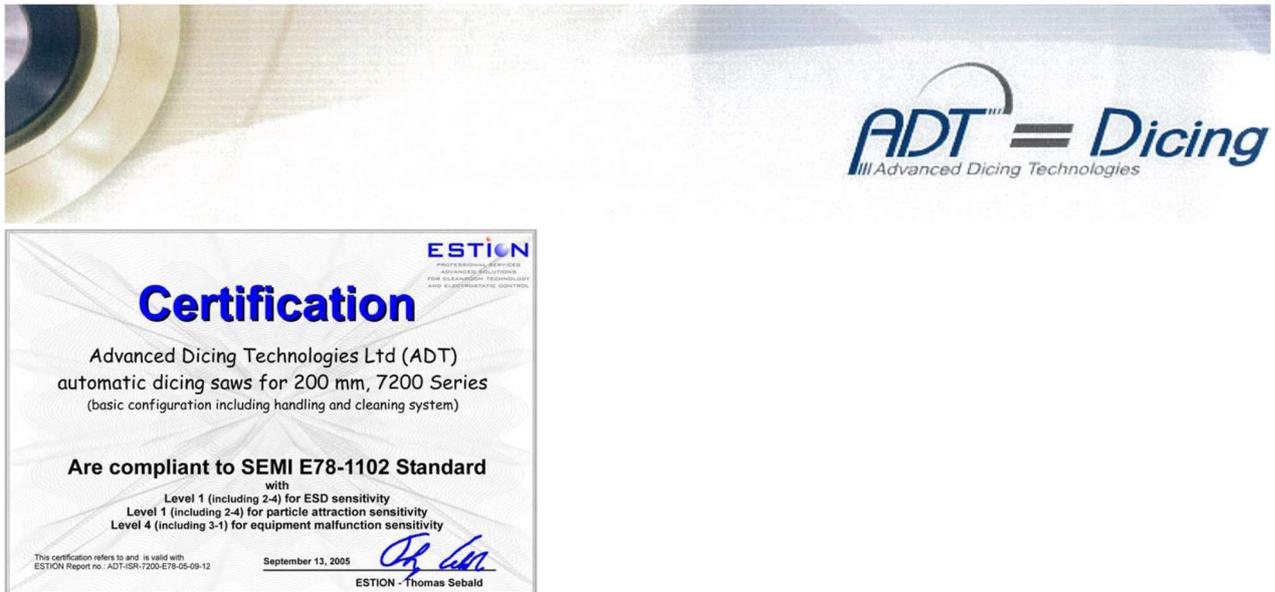


図 2 : Advanced Dicing Technologies 7200 シリーズの自動ダイシングソーが SEMI E78-1102 規格に準拠していることの証明。

粒子の引力に加えて、静電荷の制御されていない放電は、局所的な焦げ付きの形で物理的損傷を引き起こし、MEMS デバイスによく見られる敏感な電子部品の誤動作につながる可能性があります。

ダイシングプロセス中と、MEMS ベアリングフレームがマシン内の異なるステーション間で転送されるさまざまな段階の両方で、静電荷の蓄積にいくつかの要因が寄与する可能性があります。

ほとんどのダイシング操作は、クーラントとして脱イオン (DI) 水を使用して実行されます。

DI 水は、その純度と溶存イオンの欠如のために使用されます。ただし、このイオンの不足により、水の導電率が低くなり、ダイシングされている基板から静電荷を伝導できなくなります。

DI 水の高抵抗に関連する ESD 現象の 1 つの解決策は、二酸化炭素ガスの添加によって導電率を高める再イオン化ユニットを組み込むことです。

二酸化炭素は、無害でありながら、導電率を目的のレベルまで上げるのに十分な重炭酸イオンを形成します。述べたように、静電荷は、ソーの異なるステーション間の基板の動きから発生する可能性があります。

ADT の 7200 シリーズのダイシングソーには、機械内のすべての動きに伴うイオン化要素が装備されています。

図 3a は、ダイサーとクリーニングステーションの間の領域の概略図を示しており、2 つの間に配置された固定イオナイザーを強調しています。

図 3b は、マテリアルハンドリングシステム (MHS) に接続された 2 番目のモバイルユニットを示しています。

両方のユニットの組み合わせにより、SEMI E78-1102 規格に完全に準拠して、ESD が許容レベルまで低下します。

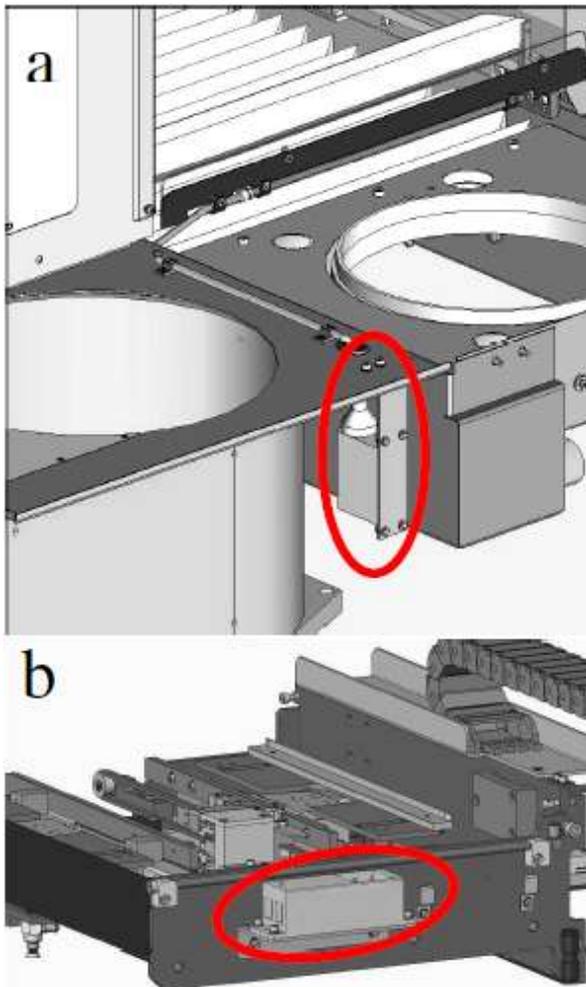


図 3：ADT7200 シリーズの自動ダイシングソーのイオン化要素。

(a) ダイサーとクリーナーの間の固定ユニット。 (b) MHS のモバイルユニット。

全自動ダイシングソーの 7200 ファミリーには、MEMS のダイシングで使用されるいくつかの追加機能があります。そのような機能の 1 つは、ダイシングされる基板の高さを正確に測定するソーの組み込み機能です。

「パーツの高さ」と呼ばれるこの機能は、たとえば、物質の高さの一部の厚さが不定の接着剤で構成されている場合など、事前に高さが正確にわからない基板に部分的なカットを実行する場合（つまり、完全にカットされていない場合）に特に役立ちます。

斜角ブレードを使用した MEMS のダイシングで一般的に使用される 7200 ダイシングソーの追加機能は、切り口の上部の幅に応じて正しいダイシング深さを決定するマシンの機能です。切り口の上部開口部を測定することにより、ソーは継続的に正しいダイシング深さを計算し、ブレードの摩耗を補正します。したがって、この機能は「Z 補償」と呼ばれます。



7200 ファミリーのダイシングソーには、一般に「チョップカット」または「プランジカット」と呼ばれる独自のタイプのダイシングアクションを実行する機能もあります。
この操作ではブレードは基板を端から端まで切断するのではなく、ある時点で基板に入ります。端から離れて、基板から持ち上げられる前に所定の距離をさいの目に切ります。

カットは部分的であっても、基板の厚さ全体を超えていてもよいです。一般的な概念は、部分的なカットについて図 4 に概略的に示されています。チョップまたはプランジカットは、例えば、ウェーハから長方形のセクションを切り出すために使用され得ます。

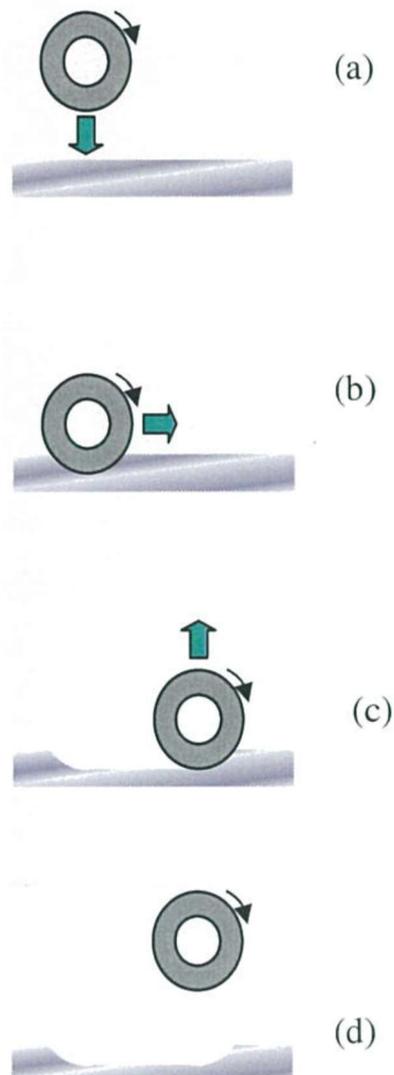


図 4：チョップカットまたはプランジカットの概念。



MEMS をダイシングしている間（特に部分的なカットを実行する場合）、ダイシングブレードの正方形のエッジを維持することが非常に重要であることがよくあります。ダイシング中にブレードが摩耗し、エッジが湾曲します。極端な場合、エッジの形状は半円です。7200 のソーには、ブレードエッジの形状を維持するために、オプションのオンラインドレッシングステーションを装備することができます。

ドレッシングステーションオプションは 7200 ソーソフトウェアパッケージに完全に統合されており、すべてのドレッシングプロセスパラメータは、ブレードがドレッシングされる頻度とともに事前定義されている場合があります。

ドレッシングステーションは、新しいブレードのドレッシング、ブレードの過負荷の原因となる蓄積された堆積物からのブレードの定期的なクリーニング、およびブレードの再成形に使用できます。



図 5：オプションのドレッシングステーション。

まとめと結論

ダイシング MEMS には、機械的圧力、汚染、および静電放電に対するこれらのデバイスの感度に起因するいくつかの課題が伴うことがわかりました。ADT は、密閉キャップや保護層の形で MEMS デバイス自体を変更することなく、これらの課題に答えるための一連の革新的なプロセスおよび機器ベースのソリューションを提供してきました。