解説

シリコンウエハにおけるステルス
ダイシング (SD) 技術と実用化

The Stealth Dicing Technology and Applications for Silicon Wafer

執筆者プロフィール

渥美 一弘
Kazuhiro ATSUMI

◎1980年武蔵工業大学電子通信工学科卒業、
同年浜松ホトニクス(株)入社
◎研究・専門テーマは、電子管応用製品の開
発・製造
◎浜松ホトニクス(株) 電子管事業部 3A 機
器部 39 部門 主任部員
(〒438-0193 磐田市下神増314-5 /
E-mail: atsumi-k@etd.hpk.co.jp)

1. はじめに

半導体デバイスの生産工程において、半導体ウエハから半導体デバイスを個片化するダイシング工程では、長らくブレードソーと呼ばれる円盤状砥石を回転しながら半導体ウエハを切断するブレードダイシング (BD) が用いられてきた。しかし BD によるウエハの切断では、ブレードソーを用いるため、半導体デバイスの破損や特性劣化など品質や歩留まりの低下が発生する可能性を有する。

前述した問題点を解決する手段としてレーザを用いたダイシング法が注目を浴び、最近多くのレーザダイシング装置が実用化されている。今回紹介するステルスダイシング (SD) もレーザダイシングのひとつであり、ウエハ表面に加工痕が見えない内部加工であることから、ステルスダイシングと名づけられた。SD はウエハ内部を加工するため、ウエハの欠けやダストの発生がなく、水を使用しないドライプロセスという他のレーザダイシング法にない特徴を有し、シリコンウエハのダイシングにおいて3年前から実用

化が始まっている⁽¹⁾。ここでは SD の特徴と原理およびシリコンウエハにおける実用化について解説する。

2. ステルスダイシングの特徴と原理

Si ウエハのダイシングではこれまで図1に示す BD が用いられてきたが、洗浄水を掛けながらブレードソーでウエハを切断するため、デバイスの欠けや飛散したダストの付着でデバイス品質や歩留まりを低下させる問題点を有する。近年では携帯電話などの電子機器が小さく薄くなり、電子機器に使用する半導体デバイスも集積化、小型化、薄化が進み、BD による切断はますます困難になりつつある。さらに最近では小型マイクロホンなど薄膜を有する MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) デバイスが登場し、洗浄水を使用する BD では洗浄水により薄膜が破損して、加工できない場合がある。

上記 BD の問題点を解決する手段としてレーザダイシング法が開発され、図2に示すレーザアブレーション法や SD が製品化されている。図2(a)に示すレーザアブレーション法は、シリコンウエハに対して透過率が数%以下と低く吸収性の高いレーザを用いて、レーザ光がシリコンウエハに吸収されて発する熱によって、ウエハを溶断する。その

図1 ブレードダイシング

図2 アブレーション法とステルスダイシング法の比較

図4 ステルスダイシングの基本工程

ため加工時に発生する熱や蒸散物の付着でデバイス特性を低下させる問題がある。図2 (b) に示すSDではシリコンウエハに対して数十%以上と透過性の高いレーザを用いて、ウエハ内部の任意の深さに光学レンズでレーザ光を集光して加工する。レーザ光を集光して得られたエネルギーが加工閾値を超えると集光点付近のシリコンウエハが加工されて、単結晶シリコンが多結晶シリコンに改質されて改質層（以下SD層）を形成する。さらにSD層上下に微小き裂を形成する。SDではレーザ光をウエハ内部に集光して加工するため、ウエハ表面やその周辺は加工されず、レーザアブレーション法で問題となる熱や蒸散物によるデバイス特性の低下がない。さらにSDは洗浄水を一切使用せず、水を嫌うMEMSウエハなどのダイシングが可能で、省資源化、省力化にも有効な手法である。図3にBDとSDの加工後の表面状態を示す。SDはウエハ欠けがなくBDに比べて良好な品質である。

図4に示すようにSDは二つの基本工程から成る。ひとつはシリコンウエハに対する内部加工である。もうひとつはウエハをはり付けて固定したダイシングテープを拡張して分割する工程である。ダイシングしたウエハの切り幅を広げるテープエキスパンド工程を利用して、ウエハの中心から外周方向へ引張り応力を掛けて、ウエハ内部に形成さ

図3 ブレードダイシングとステルスダイシングの加工品質比較

図5 ウエハ内部加工領域の温度分布（デバイス領域への加工影響はない）

れた微小き裂を上下に伸ばしてウエハを分割する。

またSDでは集光位置を制御しないで加工すると、ウエハやダイシングテープの凹凸で、光学レンズとウエハ表面の距離が変化して、ウエハ表面から一定の深さに集光できず、未分割などの不具合が生じる。そのためSDでは高精度のオートフォーカス機能を内蔵し、光学レンズとウエハ表面の距離を約1 μmの精度で制御している。加工速度はBDの一般的な加工速度の約3倍の300 mm/sで高精度の加工を実現している。

またウエハ厚が120 μm以上になると一つのダイシングラインに形成するSD層数が1本ではウエハを分割することができないため、厚さに応じてSD層数を深さ方向に積み重ねて加工し、分割する。

さてSD層の形成機構であるが、3年前から大阪大学・大村らと実施している共同研究で、シミュレーションによる解析が進んでいる。シリコンウエハ内部でのレーザ集光点付近において、シリコンの吸収係数の温度依存性に伴う急激なレーザ光吸収が短時間に起こり、高温高压状態でボイドを生成する。その後熱衝撃波が上部に向かい、SD層を形成することが明らかになりつつあり、実際の加工結果とよく一致することがわかっている。図5に示すシミュレーション解析の一例では、加工点付近の温度上昇範囲が

非常に狭く、デバイス領域に対して熱影響のないことがわかる。本内容の詳細については参考文献⁽²⁾を参照されたい。

3. ステルスダイシングの実用例

シリコンウエハのダイシングライン上には、ダイシング前に電気特性試験をするための電極や配線パターンがあったり、デバイス特性上必要な種々の薄膜が形成されていることがある。SD ではその電極や薄膜でレーザ光が妨げられてウエハ表面（デバイス面）からレーザ光を入射できないことがあり、その場合はウエハ裏面からレーザ光を入射する。その一例として BD に対比した SD の工程を図 6 に示す。通常、電気特性試験を終えたウエハは任意の厚さに

図6 ブレードダイシングとステルスダイシングの工程比較

(a) MEMS (ウエハ厚300 μm)

(b) ウエハ厚: 50 μm

図7 ステルスダイシングの加工例

研削するため、デバイス面に表面保護テープをはり、ウエハグラインダでウエハ裏面から任意の厚さに研削する。BD ではダイシングテープをウエハ裏面にはり付けてから表面保護テープを剥がしてダイシングする。しかし配線や薄膜の影響でレーザ光がデバイス面側から入射できない SD では、表面保護テープを付けた状態でウエハ裏面側からレーザ光を入射する。加工後にウエハ裏面にダイシングテープをはり付けて、表面保護テープをはがしてからテープエキスパンドを行う。その後は BD も SD も同様にデバイス製造工程に移る。

SD の加工例を以下に示す。薄膜を有する MEMS デバイスでは、洗浄水による薄膜の破損や加工片の飛散によるデバイス特性の低下など、BD では加工が困難な分野で導入が進んでいる。

またメモリデバイスでは、今後ウエハの厚さが 50 μm 以下へと薄化が進むと予測されている。このメモリデバイスにおいても BD では加工中の破損が懸念され、SD への期待が高まっており、すでに導入が始まっている。図 7 (a) に MEMS デバイスの加工結果を、図 7 (b) に 50 μm ウエハの加工結果を示す。

4. おわりに

今後も電子機器の進歩により半導体デバイスも小型化、薄化がさらに進み、加えて複雑な構造体を有するデバイスの生産も増加することが予想される。その流れに沿って SD 装置、周辺機器・部材の改良・開発が進み、多くの半導体工場へ SD 技術の導入がますます加速すると考えている。またシリコンウエハに限らず化合物半導体やガラスを含む構造体ウエハなどさまざまなダイシング分野でも SD に対する期待が大きく、現在それらの製品化に向けて開発を進めており、近い将来それらについても紹介できると考えている。

(原稿受付 2007 年 6 月 11 日)

●文 献

- (1) Fukuyo, F., Fukumitsu, K. and Uchiyama, N., Stealth Dicing Technology and Applications, *Proc.6th Int. Symp. on Laser Precision Microfabrication*, (2005-4).
- (2) Ohmura, E., Fukuyo, F., Fukumitsu, K. and Morita, H., Internal Modified-layer Formation Mechanism into Silicon with Nano Second Laser, *J. Achievement in Materials and Manufacturing Engineering*, 17 (2006), 381-384.