

GaAs のダイシング技術

技術開発本部 T-Pro

GaAs Wafer Dicing Technologies

Engineering R&D Division, T-Pro

要旨

GaAs(ガリウムヒ素)はSi(シリコン)に比べて高い電子移動度を有しており、また直接遷移型半導体であることから高周波デバイスの基板材料や赤色・近赤外域の発光デバイス基板として利用されている。一方でGaAsは脆性が高く加工難易度が高いため、ブレード(砥石)によるメカニカルダイシングに加え、レーザを用いたダイシングの適用も進んでいる。本稿では、GaAs基板に対する各ダイシング手法とその特徴について述べる。

Abstract

Gallium arsenide (GaAs) has a higher electron mobility than silicon (Si) and, as a direct bandgap semiconductor, is widely used as a substrate material for high-frequency devices as well as for light-emitting devices operating in the red to near-infrared wavelength range. However, due to its high brittleness and the resulting difficulty in processing, GaAs presents significant challenges in wafer singulation. In addition to conventional mechanical dicing using blades (abrasives), laser-based dicing techniques have therefore been increasingly applied. This paper describes the various dicing methods used for GaAs substrates and discusses their respective characteristics.

1. はじめに

ブレード(砥石)を用いたダイシングは低コストな加工手法としてGaAs基板に広く適用されている。しかし、加工時の欠け(チッピング)を抑制するために低速での加工を強いられる。特に薄化されたGaAs基板は脆く割れやすいため高品質な機械加工が難しい。

近年では、スマートフォン等のモバイルデバイスの普及に伴い、GaAs基板ベースの薄型かつ小型のHEMT(High Electron Mobility Transistor)やVCSEL(Vertical Cavity Surface Emitting Laser)チップの需要が増加し、加工品質と生産性の両立が求められている。その要求を満たすダイシング手法としてレーザダイシングが適用され、加工方式と

してはアブレーション(Ablation)とステルスダイシング(Stealth Dicing)の2つが用いられる。

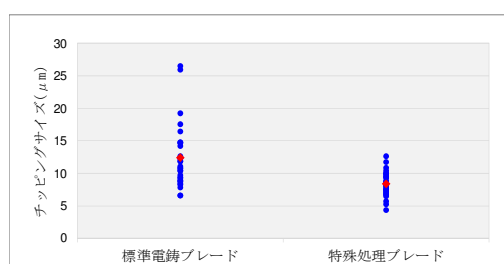
2. 各ダイシング技術と特徴

2.1 ブレードダイシング

高速で回転するスピンドルに取り付けられた砥石(ブレード)による切削手法であるため、ブレードとウェーハの物理的な接触によりチッピングが発生する。チッピングがウェーハ上のストリート幅を越えないようにするには、適切なブレードの選定やカットレシピの最適化が必要となる。一般にウェーハが薄く、狙いのチップサイズが小さいほどチッピングが大きくなることが知られており、チッピング

サイズを最小化するには加工時の切削抵抗を極力小さくすることが重要である。

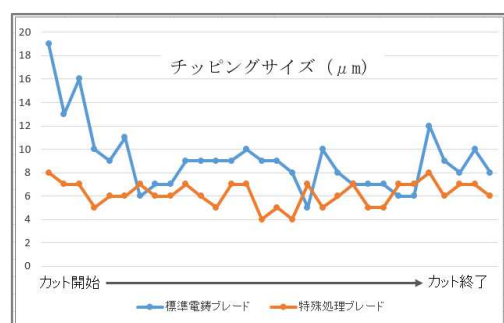
そこで、一般的な電鍍ブレードと同ブレードに特殊処理を施し切削抵抗の低減を狙ったブレードを準備し、ダイシング時に発生するチップングサイズを比較したものを図1に示す。特殊処理を施したブレードを用いることでチップングサイズが約32%(平均値)低減することが示された。



ウェーハ：GaAs φ150mm、厚み 100 μm
カットサイズ：0.3mm×0.3mm
カット速度：10mm/s

図1 表面チップングサイズ

次にカット開始から終了までにおけるチップングサイズの時間推移を図2に示す。特殊処理を施したブレードでは加工終了まで安定したチップングサイズが示された一方、特殊処理が施されていないブレードではカット開



ウェーハ：GaAs φ150mm、厚み 100 μm
カットサイズ：0.3mm×0.3mm
カット速度：10mm/s

図2 表面チップングサイズの推移

始時のチップングサイズが2倍以上大きく、安定するまで一定の時間を要することが示された。このようなカット開始時の大きいチップングはSiやGaAsのダミーウェーハを用いたプリカットにより多少の改善は見込めるが、完全な抑制は難しい。また、長時間のプリカットは生産性やコストを悪化させる。特殊処理ブレードを用いた加工は生産性やコストの課題を解決するだけでなく、チップングサイズ低減によるストリート幅の狭小化を可能にするため、チップ取り個数の増加にも貢献する。

2.2 アブレーションレーザダイシング

アブレーション(Ablation)は、加工材料の表面にレーザ光を照射することで瞬間的に昇華・蒸発させる方式であり、ブレードダイシングに比べてチップングを抑制できる。その一方で、レーザエネルギーによる熱ダメージによりチップの抗折強度が低下する課題がある。従来は図3のプロセス1のようにウェットエッチングで熱ダメージを除去し抗折強度を改善してきた。しかし、プロセスの煩雑化や薬液使用によるコスト・環境負荷が問題になるため、図3のプロセス2に示すように、

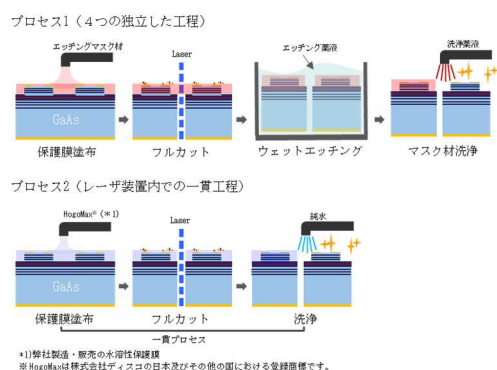
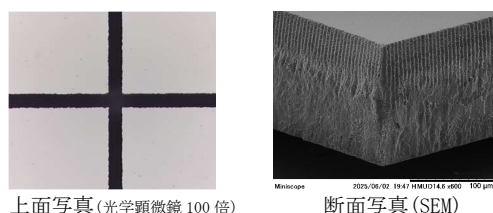


図3 プロセスフロー比較

水溶性保護膜をウェーハ表面に塗布し、ダイシング後に純水洗浄のみで除去するプロセスへ切り替えが進んでいる。このプロセスは、ウェットエッチングを行わないため、加工時の熱ダメージを極小化する加工シーケンス、レーザエネルギー、走査速度等レシピの最適化が不可欠となる。最適化したレシピを用いることで、従来プロセスと同等のチップ抗折強度を達成した。加工後のチップ上面・断面画像を図4に示す。



上面写真(光学顕微鏡 100 倍)

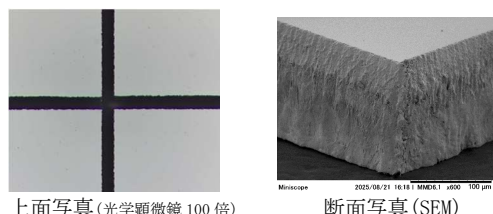
断面写真(SEM)

ウェーハ：GaAs φ150mm、厚み 150 μm
 カットサイズ：0.1mm×0.1mm
 Net カット速度(*1)：16mm/s

図4 プロセス2による加工写真

*1) 一つのカットラインを複数のカットシーケンスで加工した際に一回のスキャンで切り切った想定に基づく換算速度
 ・カット速度 a でスキャン数 X
 ・カット速度 b でスキャン数 Y
 Net 速度 = $1 / (1/a \times X + 1/b \times Y)$

更なる生産性向上のため、高出力のレーザ発振器と熱蓄積を抑制する特殊光学系が開発された。これにより品質を維持しつつ、従来比約 7 倍の Net カット速度での加工を可能と



上面写真(光学顕微鏡 100 倍)

断面写真(SEM)

ウェーハ：GaAs φ150mm、厚み 150 μm
 カットサイズ：0.1mm×0.1mm
 Net カット速度：117mm/s

図5 新発振器と光学系による加工写真

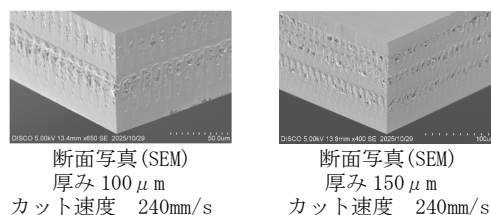
した。加工後のチップ上面・断面画像を図5に示す。

このウェットエッチングを必要としないプロセスは環境負荷を低減することから、量産プロセスとして広く普及していくことが期待される。

2.3 ステルスダイシング™

ステルスダイシングは、ウェーハ内部にレーザを集光して改質層を形成し、その改質層を起点にチップを分割するダイシング手法である。近年、GaAs 基板を用いた VCSEL や HEMT に対する適用例が増加している。ステルスダイシングは水を使わないドライプロセスであり、高速加工が可能なおことからランニングコストを低減できる。また、内部亀裂により分割するためカーフロス (kerf loss) がほとんど生じず、ストリート幅を極狭小化しチップ取り個数を増やすこともできる。

ステルスダイシングにより加工した GaAs チップの上面・断面画像を図6に示す。高速かつ、高品質な加工ができていることがわかる。



断面写真(SEM)

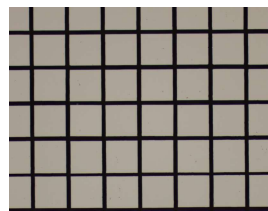
厚み 100 μm

カット速度 240mm/s

断面写真(SEM)

厚み 150 μm

カット速度 240mm/s



上面写真(光学顕微鏡 100 倍)

厚み 100 μm

カットサイズ 0.1mm×0.1mm

カット速度 240mm/s

図6 断面 SEM(上)と上面顕微鏡写真(下)

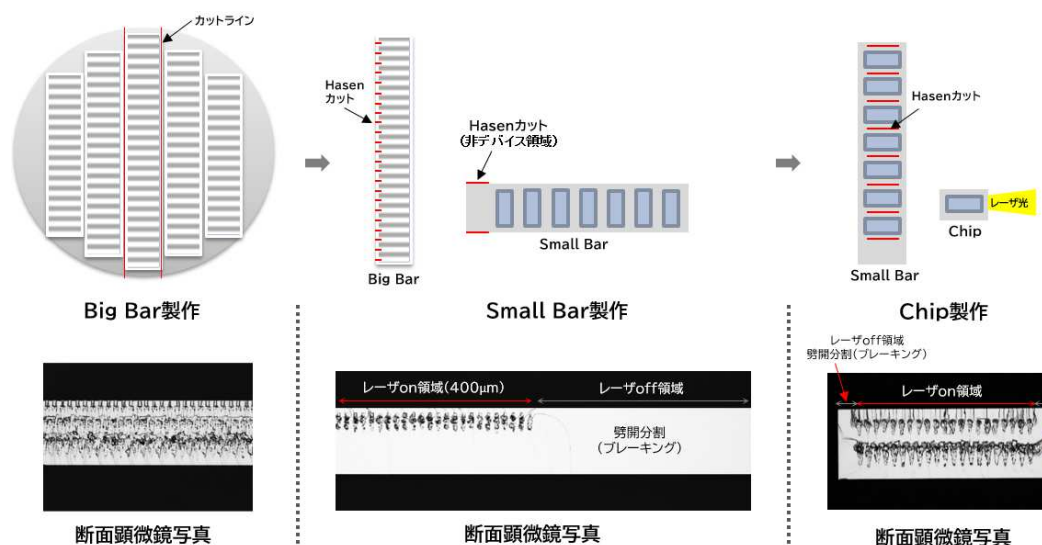


図7 ステルスダイシングによるエッジ発光ダイオードの加工方法

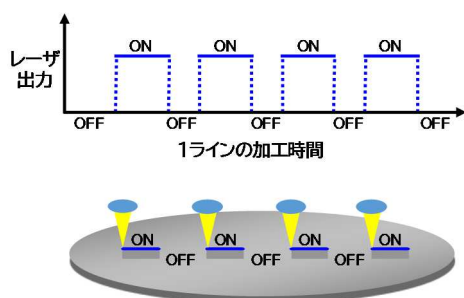


図8 HASEN カットの概念図

他の適用例としてエッジ発光ダイオードを挙げる。ステルスダイシングは内部改質後、結晶の壁開面に沿って分割するため、その壁開面をエッジ発光ダイオードの光の取り出し面として使用できる。エッジ発光ダイオードのチップ加工方法を図7に示す。光の取り出し面に加工レーザーが直接照射されないようにするため、レーザーのオン・オフを選択的に繰り返すHASENカットを適用している。HASENカットの概念図は図8に示す。

3. まとめ

GaAs 基板は 5G/6G の無線デバイスや短距離通信用レーザー光源として需要拡大が見込まれる。本稿では、特殊処理を施した電鍍ブレードによるチップング低減、ウェットエッチングを行わない環境負荷を低減したアブレーションプロセス、そしてドライプロセスであるステルスダイシングの適用例について報告した。これらのダイシング技術は、デバイス設計・製造において選択肢を広げるとともに、GaAs 基板を用いた電子・光デバイスの信頼性向上に寄与することが期待される。