

化合物半導体の結晶へき開型切断加工 Novel Cutting Method for Compound Semiconductors

北市充 浅井義之 武田真和 福西利夫
三星ダイヤモンド工業株式会社

by Mitsuru KITAICHI, Yoshiyuki ASAI, Masakazu TAKEDA, and Toshio FUKUNISHI
MITSUBOSHI DIAMOND INDUSTRIAL Co.Ltd., Japan

Abstract

Next-generation power semiconductors have attracted grate attention because of demands for reduction of energy loss and miniaturization of devices. For example, silicon carbide (SiC) power devices have been widely developed for electric vehicles, railway vehicles, solar power generation systems and so on. However, SiC wafer requires long cutting process time due to its high hardness. Therefore, novel cutting methods have been desired to improve productivity of SiC power devices. In this study, Scribe and Break(SnB) process have been applied to SiC wafer cutting. High-speed cutting of SiC wafers without chipping, kerf loss and crystallinity reduction was achieved by SnB.

Key words : Scribe, Break, SiC, Compound semiconductors

1. 緒言

近年、パワー半導体におけるエネルギーロスの低減(高効率化)やデバイス小型化の実現のため、化合物半導体を使用した次世代パワー半導体が注目されている。なかでも SiC を用いたパワー半導体は、鉄道、自動車へ実用化が進んでいる。しかしながら、SiC ウェハは従来の Si ウェハと比較して高硬度のため、現切断加工技術では多大な時間がかかることが大きな課題であり、その改善要求が高まっている。

この課題を解決するため、脆性材料(主にガラス)の切断技術であるスクライプ&ブレイク技術を応用し SiC ウェハの高効率、高品位切断を可能とする技術を開発したので報告する。

2. 実験方法

2-1. スクライプ&ブレイク技術の概説

スクライプ&ブレイク技術は一般的に板ガラスの切断加工に用いられている。その特長は従来切断技術に比べて、高速切断が可能、カーフロスが発生しない、完全ドライプロセスであり、その結果材料ロスの低減や研削水不要など環境にやさしい加工プロセスであるといえる。

Fig.1 に、スクライプ&ブレイク技術の概略図を示す。まず、Fig.1(a)のスクライプ工程で、スクライビングホイールをガラス表面に押し付け転動させ、溝(以後、スクライプラインと述べる)を形成すると、ガラス板厚方向に垂直なクラックが形成される。次に、Fig.1(b)のブレイク工程で、垂直クラックに曲げ応力を付与し、クラックを進展させ分離する。スクライプ&ブレイク技術は、これら二つの工程で基板を切断する手法である。

2-2. 4H-SiC の結晶へき開型切断加工

実験に用いた SiC ウェハの仕様を、Table1 に示す。裏面(C面)にウェハ保持テープを貼り付け、外径 2 mm のスクライビングホイールを使用して、表面(Si 面)にスクライプラインを形成した。スクライプ速度は 100 mm/s、ウェハ端から 0.5 mm 内側の位置を開始位置とし、まず第一オリフラに平行方向、次に第二オリフラに平行方向の順で 5mm 間隔に、スクライプ加工を行った。オリフラとオフ角の関係を Fig.2 に示す。

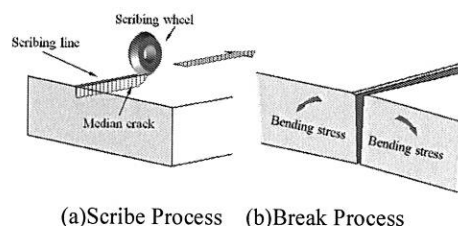


Fig.1 Schematic diagram of Scribe and Break process.

Table 1 Specifications of SiC wafer

Polytype	4H
Diameter	100 mm
Off axis	4°
Thickness	350±50 μm

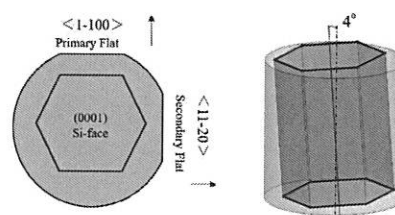


Fig.2 Schematic diagram of crystal orientation and off angle in 4H-SiC wafer.

Si面のスクライプ後、スクライプラインに直行する断面を電子顕微鏡(SEM)で観察した結果を Fig.3 に示す。Fig.3 より Si 面にスクライプラインが形成され、その周辺にチッピングなどの欠陥は見られなかった。スクライプライン直下には深さ 20 μm 程度の垂直クラックが確認された。以上より、ブレイク後のチップには、チッピングなどの欠陥のない切断面が得られると予測できる。次に、ウェハ表面を保護するために、スクライプラインを形成した Si 面に保護フィルムを貼り付け、3 点曲げで C 面側からブレイクバーを押し込みブレイクした。ブレイク後にウェハ保持テープを引き延ばしてチップ間隔を拡張し個片化した。

3. 結果と考察

個片化されたチップの表面(Si 面), 裏面(C 面)の観察結果を Fig.4 に示す。表面(Si 面), 裏面(C 面)には、チッピングなどの欠陥は確認されなかった。次に切断面の結晶状態を詳細に確認するため、第一オリフラ平行方向切断面に対してEBSD(Electron Back Scatter Diffraction)解析を行った。その結果を Fig.5 に示す。EBSD における IQM は結晶性の良し悪しを表し、鮮明に見えるほど結晶性が良い。ND, TD, RD は、単一色で認識できていれば、同一のへき開面(結晶面)で切断されていることになる。KAM は隣接するピクセルとの方位差の平均値であり、局所的な方位差があると色合いが変化する。Fig.5 の ND, TD, RD のカラーマップ情報より、第一オリフラ平行方向切断面は、SiC ウェハの $\{1\bar{1}00\}$ の結晶面であることが明らかとなった。さらに IQM が鮮明な画像として認識できていることから切断面の結晶性が良いことがわかる。KAM では切断面が青単一色で表示されており切断面に局所的な方位差がないことが確認できた²⁾。

スクライプ&ブレイク技術を応用することで、SiC ウェハを高速切断した時、切断面はへき開された面が露出しており、狙った位置に SiC のへき開を発生させることが可能であることを実証した。すなわち、スクライプ&ブレイク技術による SiC ウェハの切断加工は、結晶のへき開性を最大限に利用し、チッピングなどの欠陥を最小限に抑える、全く新しいメカニズムによる切断加工法(結晶へき開型切断加工)であるといえる。

4. 結言

化合物半導体(SiC)のチップ化についてスクライプ&ブレイク技術を応用し、高速かつチッピングなどの欠陥がない高品位切断を可能とした。切断面はへき開面が確認できた。化合物半導体(SiC)の実用化が進んでいく中で、社会に貢献できる技術の一つとして期待ができる。

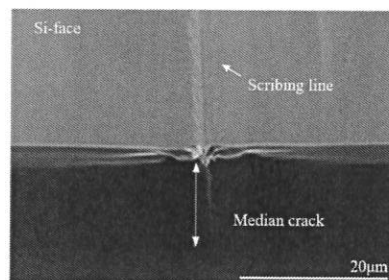


Fig.3 SEM image of scribe line and median crack.

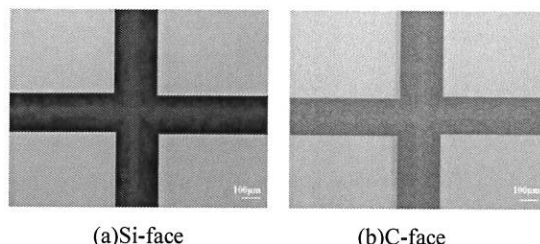


Fig.4 Optical microscope images of a SiC wafer after SnB.

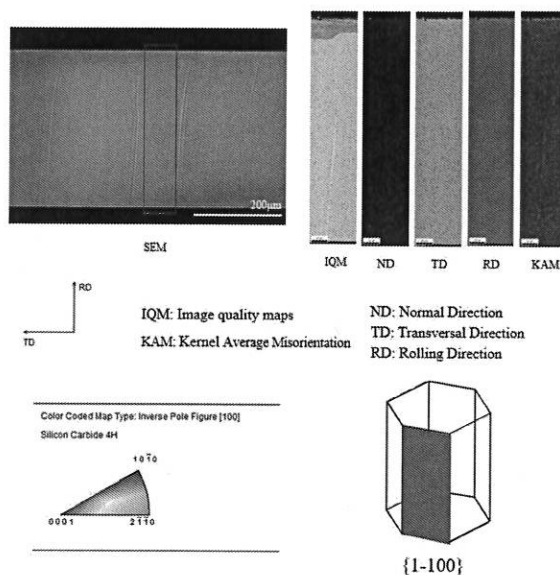


Fig.5 EBSD images of a cut surface parallel to the primary flat.

5. 参考文献

- 1) 留井直子, 村上健二, 橋本多市, 北市充, 平野茂和, 福西利夫, “セラミックス切断用スクライピングホイールの開発とその切断技術”, 砥粒加工学会誌, 59 (2015), pp.705-710.
- 2) 北市充, 浅井義之, 福西利夫, “化合物半導体(SiC)ウェハの高効率, 高品位切断加工プロセスおよび専用工具の開発”, 砥粒加工学会誌, 66 (2022), pp.58-61.

E-mail: mdi-snb@mitsuboshi-dia.co.jp