

# GaN系デバイス向けダイヤモンド基板の加工

【サムコ株】プロセス開発1部】

## ■はじめに

半導体デバイスはSiデバイスと化合物半導体デバイスに大別されるが、後者に属するⅢ-V族化合物半導体の特徴を生かした光デバイスや高速デバイスは古くから、名城大学終身教授の赤崎勇氏を筆頭とした多くの研究者によって目覚ましい発展を遂げた<sup>1)</sup>。

窒化ガリウム (GaN) 系デバイスはその優れた物性からパワーデバイスや高速デバイスとして研究、実用化が成されており、中でもGaN HEMT (High Electron Mobility Transistor) は飽和電子速度、絶縁破壊電界強度においてSiやGaAsに対して優位であり、特にSiC基板に形成されたGaN-on-SiC HEMTは高出力、高周波通信機に活用されている。しかし、GaN-on-SiC HEMTは高出力動作時に生じる局所的な高温発熱によって信頼性が低下する熱的制限が問題となっており、その解決方法の一つとしてダイヤモンド基板の熱伝導率の高さを利用した放熱構造が研究されている<sup>2)</sup>。実際にGaN HEMTをダイヤモンド基板に形成し、高い熱伝導率を活かすことによりゲート電極表面温度がSi基板上素子との比較で大幅な放熱性改善が確認された報告もある<sup>3)</sup>。

本稿では、今後さらなる需要拡大が期待されるGaN系デバイス向けのダイヤモンド加工のプロセスソリューションを紹介する。

## ■ダイヤモンド加工技術

ダイヤモンドはワイドギャップ半導体として低ノイズと高感度を含む複数の利点から、放射線耐性が必要な放射線検出器等に使用されている。図1に、X線検出器用としてNiマスク(厚み200nm)を形成した多結晶ダイヤモンド基板をICP-RIE装置で8 $\mu\text{m}$ 加工した結果を示す。ガス種に制約があったため、底面、側壁に凹凸が形成されたが、60以上の高い選択比と250nm/minのエッチングレートを確保できた。

図2、図3にGaN系デバイス用ダイヤモンド基板をピアホール加工した形状を示す。図2は $\phi 30\sim 50\mu\text{m}$ のホールパターンを深さ60 $\mu\text{m}$ 程度まで加工した結果である。マスクにSiO<sub>2</sub>を使用することでエッチング時のメタルコンタミを抑制でき、その上でダイヤモンド/SiO<sub>2</sub>の選択比20以上を得た。エッチングレートは約1 $\mu\text{m}/\text{min}$ である。また、図3ではSiO<sub>2</sub>との選択比20を維持した上で、レートを向上し2.4 $\mu\text{m}/\text{min}$ を達成した。

また、エッチング面の平滑性を優先させた加工も可能である。図4は、微細加工を目的としたエッチング条件であるが、ダイヤモンドのエッチングレートは585nm/minと下がるものの、平滑なエッチング面を達成している。平滑性を確保した加工は電磁場検出のためのMEMSセンサーの作成に応用されている。

## ■おわりに

当社は、光学系デバイスのみならず、様々な半導体の製造プロセスに寄与しており、多くのお客様のニーズに応えてきた。化合物半導体デバイスを中心とする非シリコン分野向けに多様なプロセス技術を有しており、今回紹介したダイヤモンド加工も当社が開発したプロセス技術の一つである。

今後もプロセス開発を進め、GaN-on-ダイヤモンドなどGaN系デバイス全般の加工に対応するべく技術開発を行っていく。さらに、エッチングだけでなく酸化膜、窒化膜形成、メタルCVDの開発も進めている。ダイヤモンド基板の製造コストは依然として大きな課題だが、近い将来、解決されるものと確信している。

## ■参考文献

- 赤崎勇, "Ⅲ-V 族化合物半導体," アドバンストエレクトロニクスシリーズ, 培風館 (1994).
- 吉嗣晃治, 松田喬, 柳生栄治, "高熱伝導率ダイヤモンド基板を用いた GaN デバイスの熱解析 (特集 光・高周波デバイス)," 三菱電機技報 93, no.3 (2019): 196-200.
- 檜座秀一, 西村邦彦, 柳生栄治, 山向幹雄, "ダイヤモンド放熱基板を用いた GaN-HEMT の開発," 応用物理 90, no. 3 (2021): 167-171.

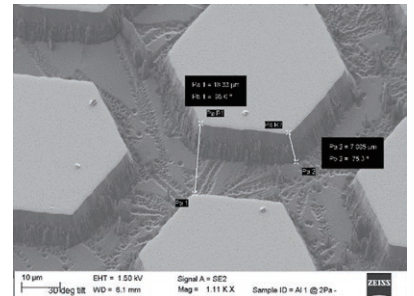


図1 Niマスクによるダイヤモンド加工

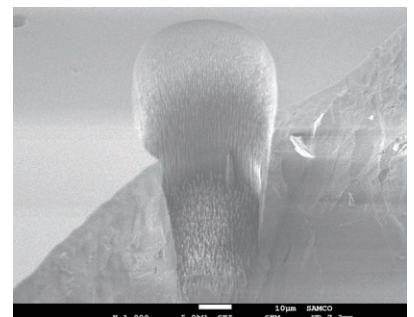
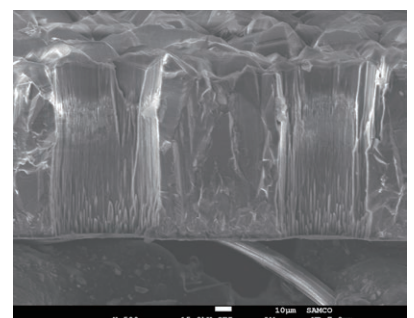
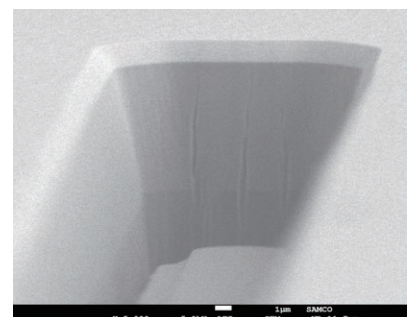
図2 ダイヤモンド基板のピアホール加工①  
約60 $\mu\text{m}$ のエッチング図3 ダイヤモンド基板のピアホール加工②  
約100 $\mu\text{m}$ のエッチング

図4 ダイヤモンド基板の側面平滑加工