

# RFマグネトロンプラズマを用いたSiC基板のエッチング特性

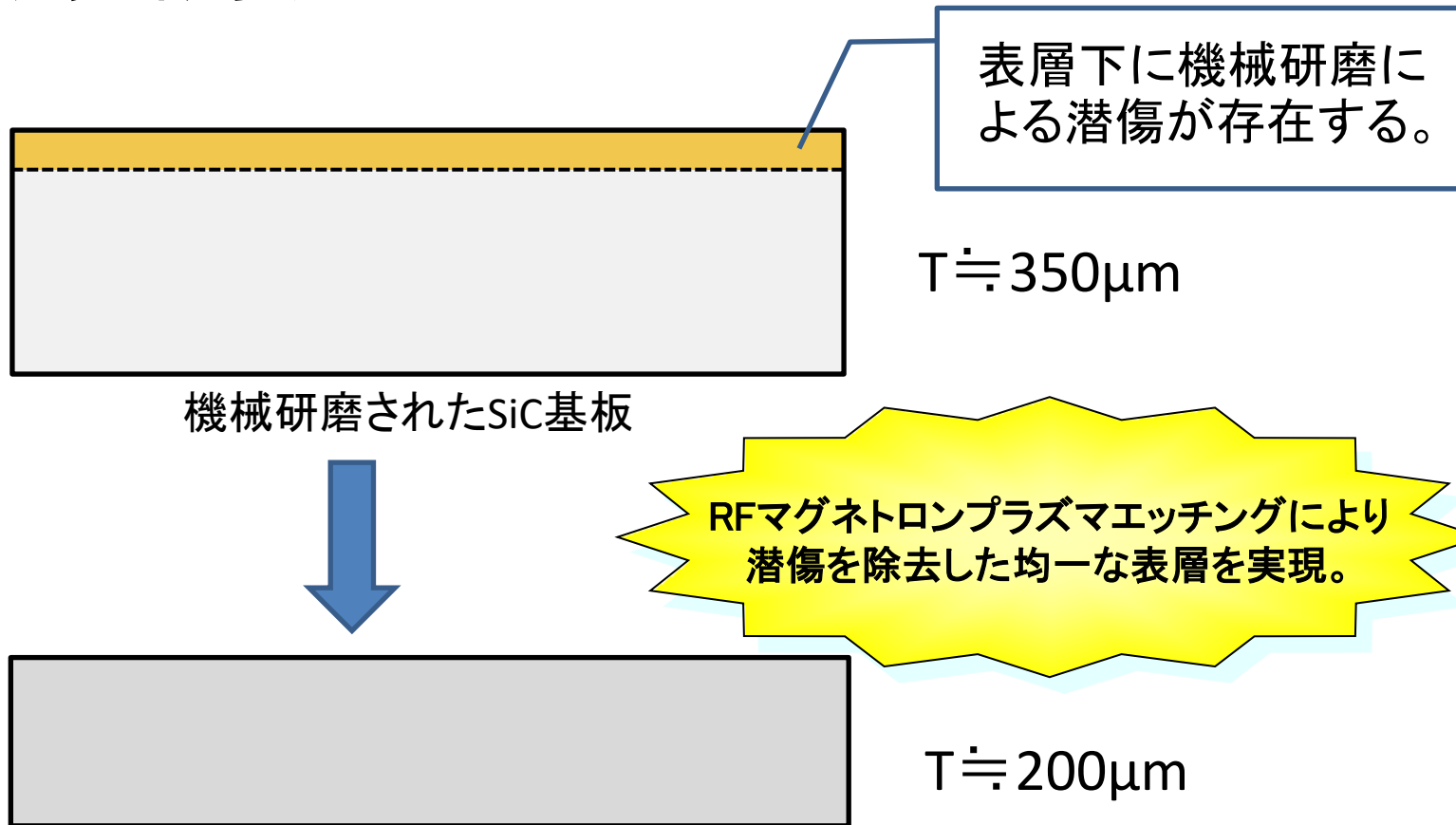
Etching characteristics of SiC-substrate with RF magnetron plasmas



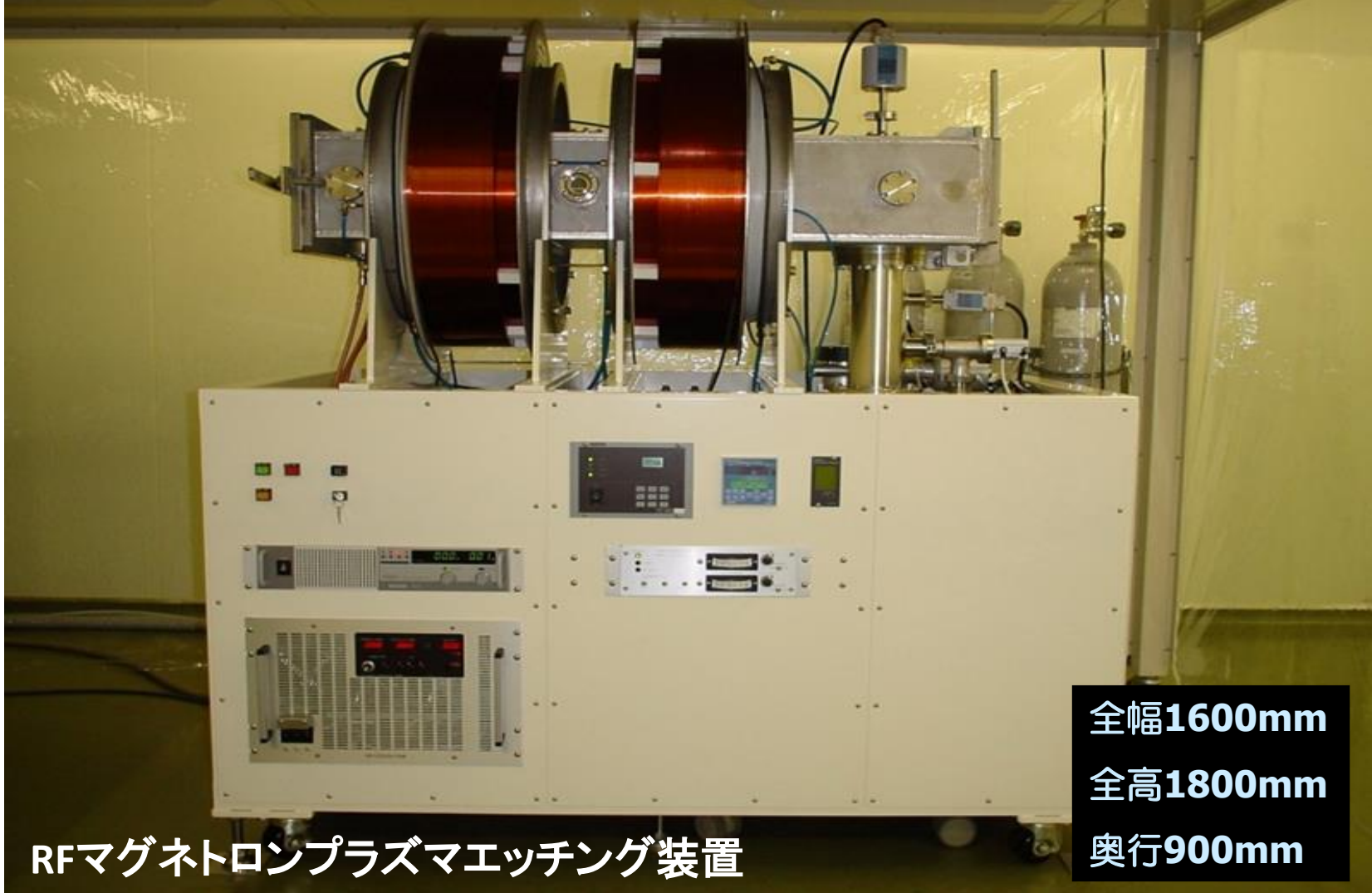
株式会社ハイシック  
*HYSiC Corporation*

山田 浩

# 研究概要



炭化ケイ素(SiC)に代表される次世代半導体基板は、Si基板と比較して非常に硬く加工困難な材料である。現在、機械研磨が主流であるが、本発表ではRFマグネトロンプラズマを用いた気相反応により、SiC基板を均一にエッチングすることを報告する。

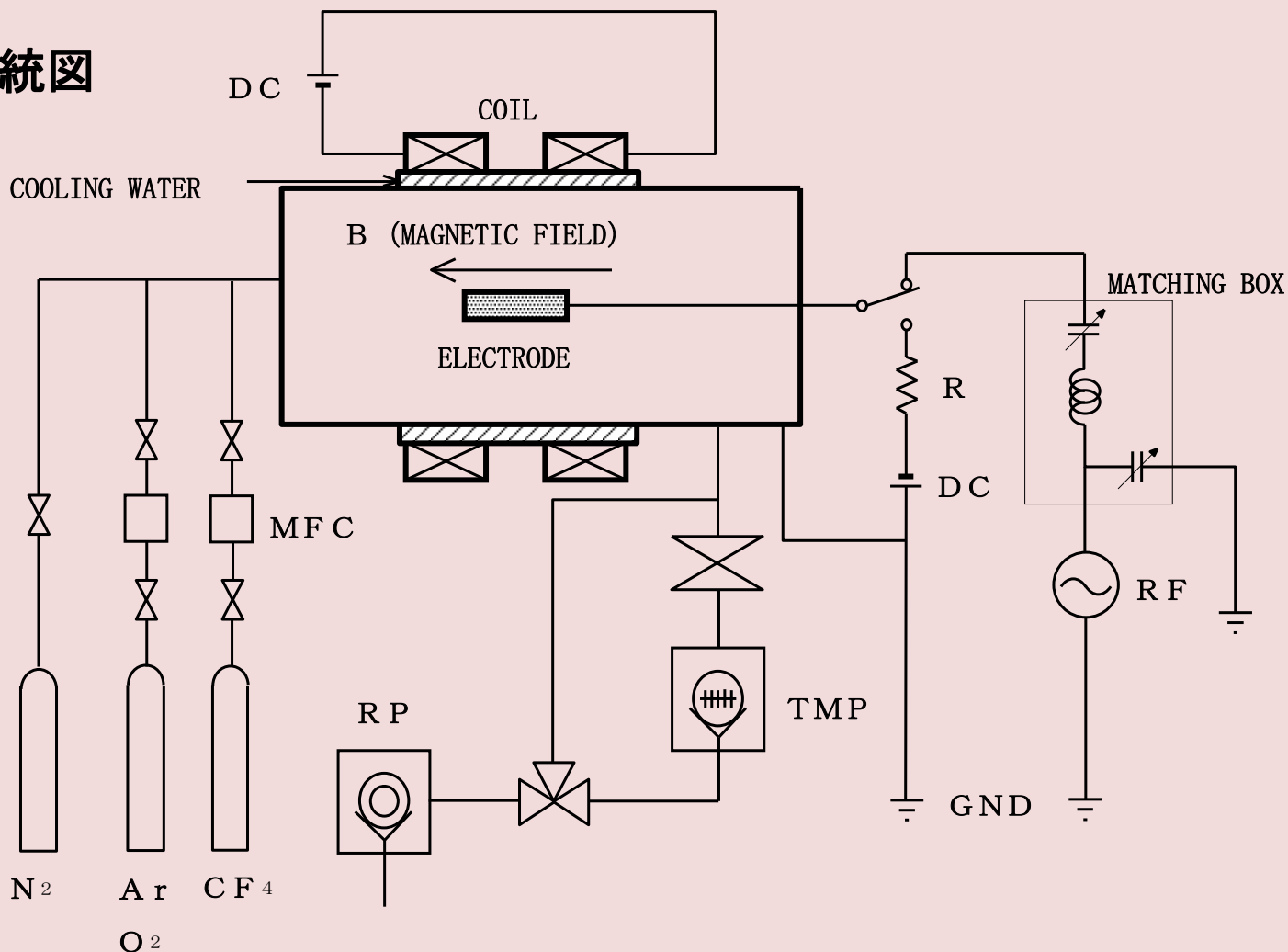


全幅1600mm  
全高1800mm  
奥行900mm

## RFマグネトロンプラズマエッチング装置

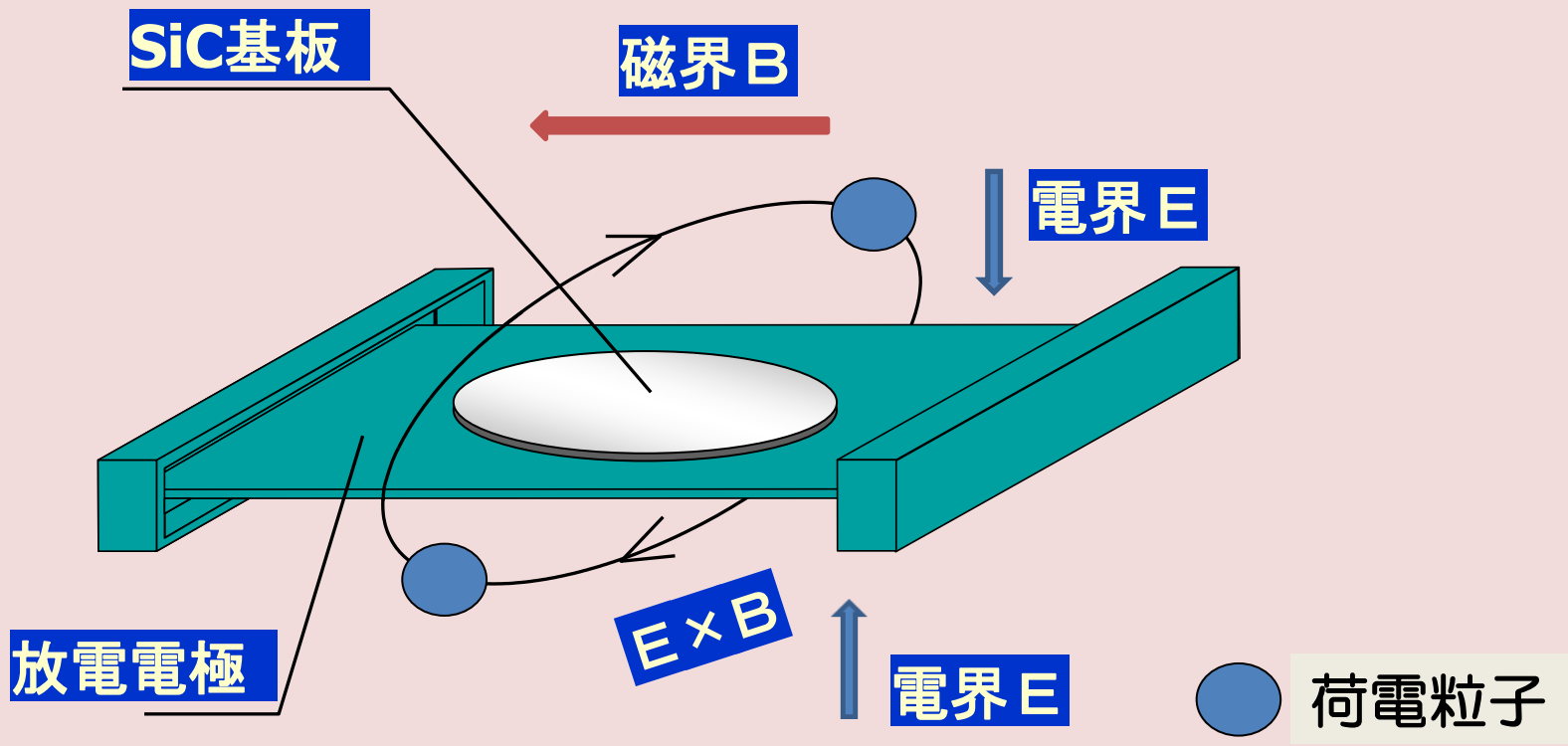
円筒間外壁にヒタエステル平角同線をコイル状に巻き、直流電流を給電して同軸に設置した真空チャンバー内に電解Eに直行する磁界Bを印加することにより外部磁界型マグネトロン放電を可能とした。真空排気系として350L/secのターボ分子ポンプと1000L/minのドライ真空ポンプを組み込み、スライド式メインバルブを採用し任意の圧力調整ができるようにした。ガス導入系として、2系統のステンレス配管によりチャンバーに供給し各々に最大流量20CCMのマスフローコントローラを取り付けた。プラズマ発生源には最大出力2kWのRF電源を用いた。

# 装置系統図



プラズマ発生源として放電電極に対して高周波(RF)の供給可能な装置を使用した。電子の移動度がイオンよりも充分大きくなるRF(13.56MHz)を印加してプラズマを発生し、電極(ターゲット)に自己バイアスによる負電を生じさせる。

# マグネトロン放電機構



電子は磁力線からのローレンツ力により捕捉され、電極近傍に高密度プラズマを生成する電界Eに直交する磁界Bを印加することにより荷電粒子のE×Bドリフトの軌跡は電極を取り囲むような無限軌道となる。

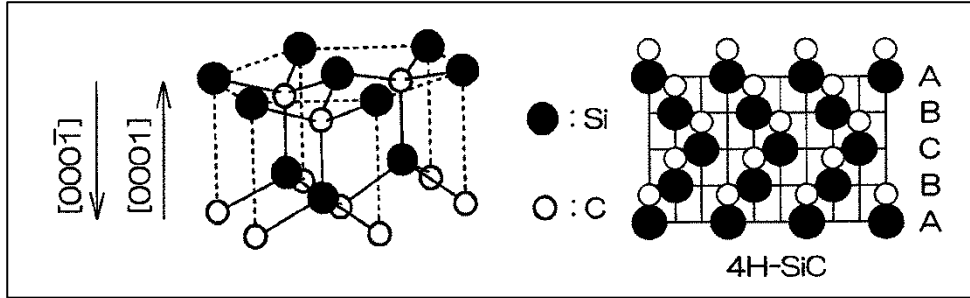
# マグネトロンプラズマ放電状態



陰極近傍に安定した高密度プラズマが発生

# プラズマエッチングによるSiC基板の薄板化メカニズム

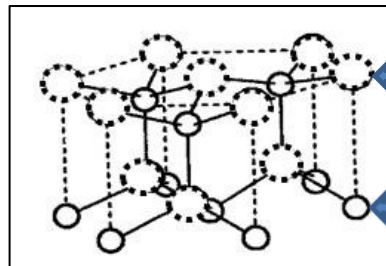
## 4H-SiCの結晶構造



### プラズマエッチング条件

反応性ガス:  $\text{CF}_4$ 、 $\text{O}_2$   
磁束密度: 250gauss  
RF: 200W  
真空度: 0.4Pa

$\text{CF}_4$ プラズマによって発生するイオンとSiC結晶中のSiが反応しSi原子が排除される。同時に、 $\text{O}_2$ プラズマによって発生する活性酸素イオンとCが反応しC原子が排除されながらエッチングは進行していく。

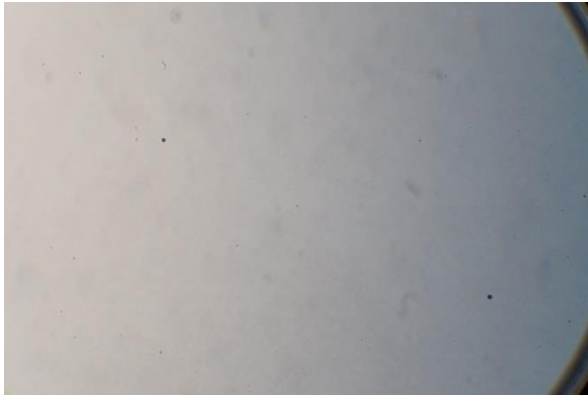


反応により無くなったSi原子  
( $\text{SiF}_x$ の反応生成物として真空排除される。)

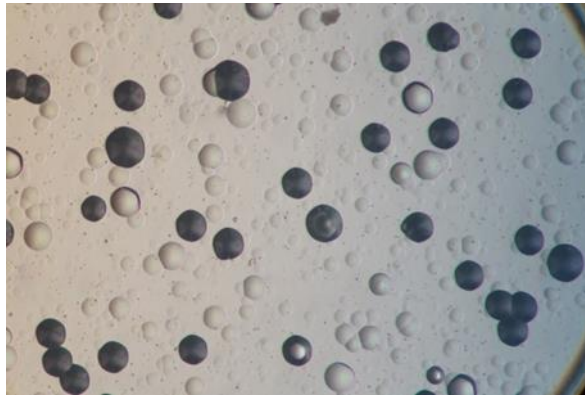
反応により除去されるC原子  
( $\text{CO}_2$ として真空排除される。)

$\text{CF}_4$ プラズマによって発生するイオンとSiC結晶中のSiが反応しSi原子が排除されながら、エッチングが進行していく。Si原子が無くなった後にはC層が表層に残存するが $\text{O}_2$ プラズマによってC原子は $\text{CO}_2$ として排除されるが $\text{O}_2$ 比率によってC層の厚みが変わる。プラズマ条件によって変化するので最適化が必要である。

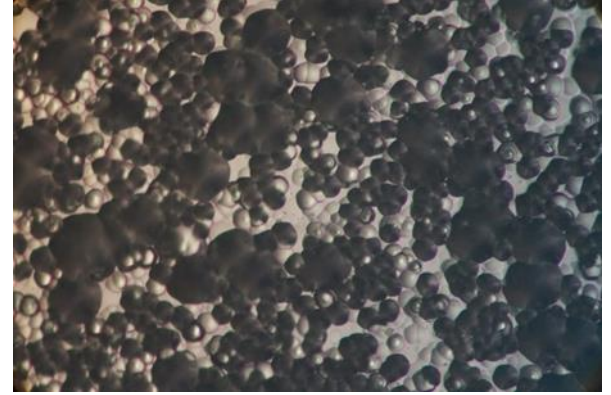
## 表面写真(x400)



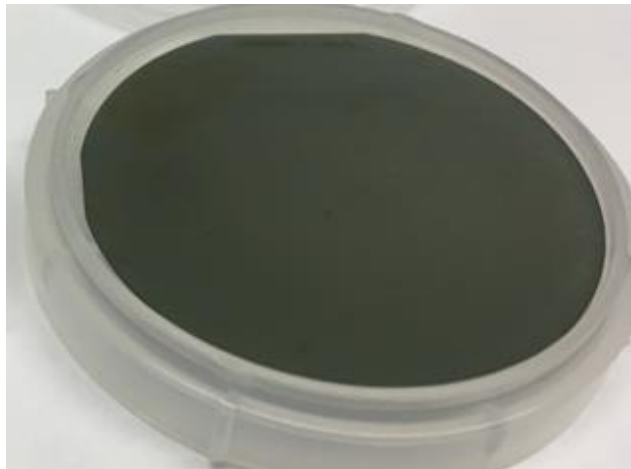
(t=347.0)



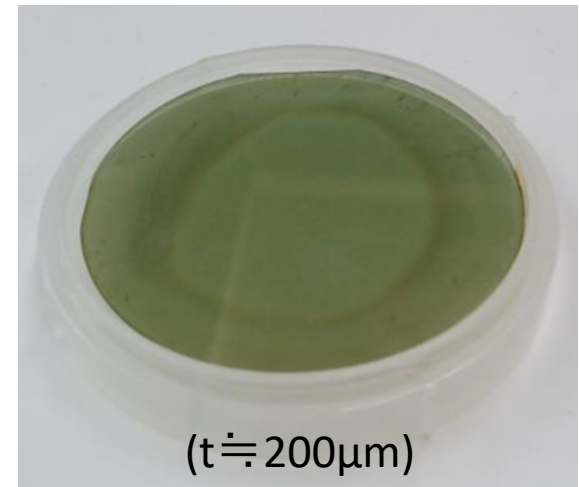
(t=278)



(t=227)

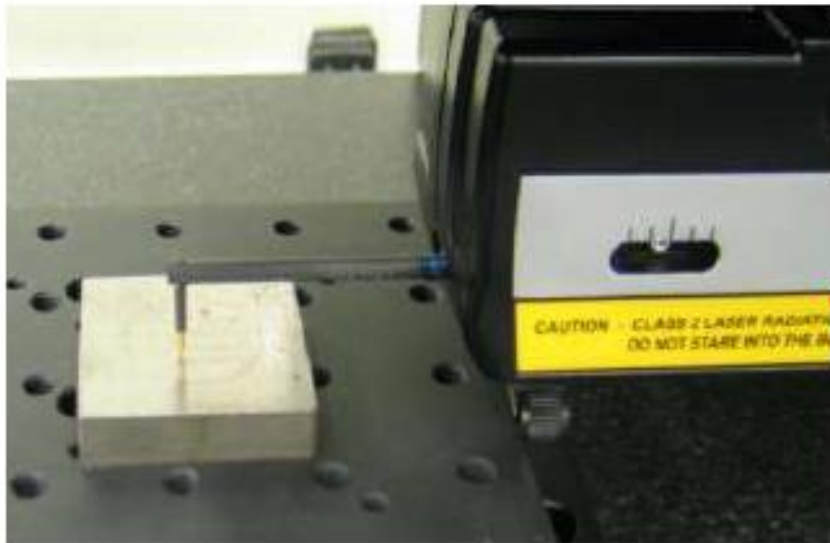


機械研磨

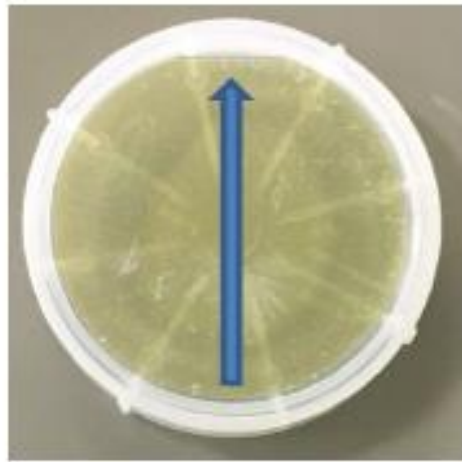


( $t \approx 200\mu\text{m}$ )

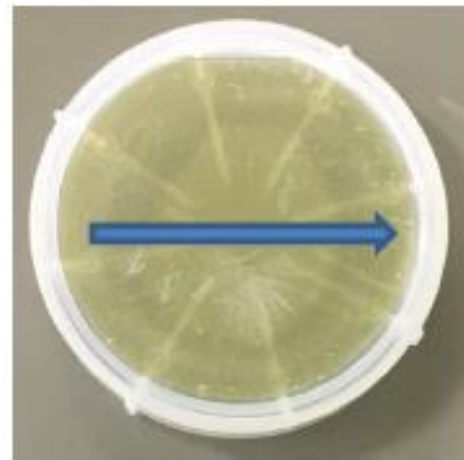
表層に残存するC (カーボン)層は、非常に脆いため、酸化アルミナ系のFO#4000による機械研磨で容易に除去でき、SiC結合面が現れ、鏡面化した。  
このカーボン層は、O<sub>2</sub>プラズマの比率を増やすことで減少させることができる。



表面形状粗さ測定機

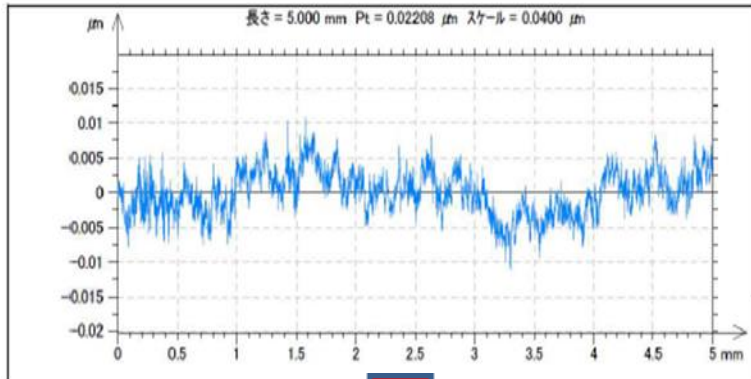


垂直距離40mm

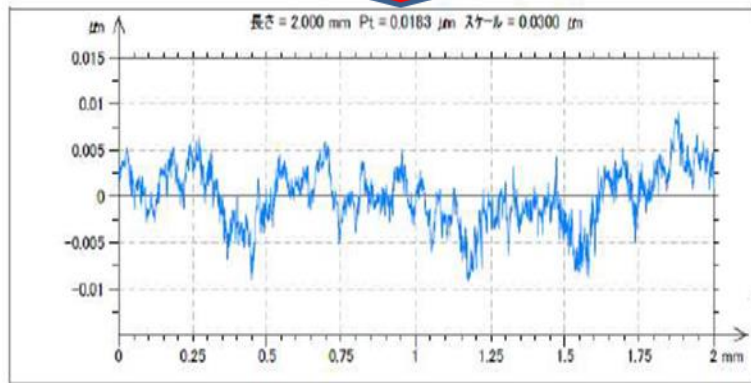


水平距離40mm

## <垂直方向>

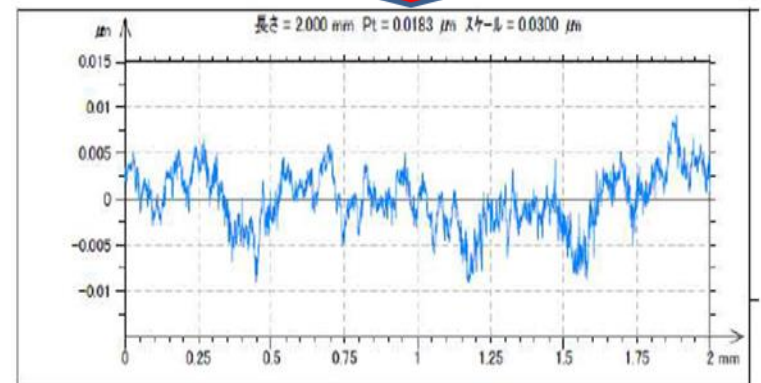
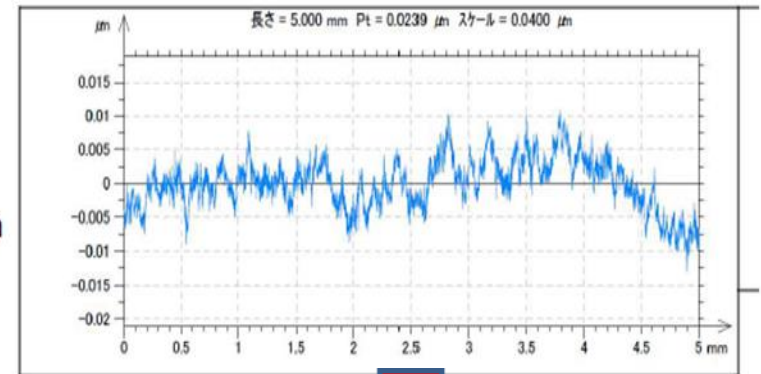


エッチング前  
20mm $\pm$ 2.5mm



エッチング後  
20mm $\pm$ 1mm

## <水平方向>



プラズマエッチング前後での基板表面形状は殆ど変化なく、均一な加工面が再現できた。

# まとめ

- RFマグネトロンプラズマエッチングの特徴は、SiC基板表面の均一エッチングであり、同時に発生させるCF<sub>4</sub>プラズマとO<sub>2</sub>プラズマによって表層をエッチングしていく為、前後での基板表面形状は殆ど変化なく、均一な加工面が再現できた。
- C層の残存では、プラズマ条件（磁束密度・RFパワー・真空度）による、CF<sub>4</sub>ガスとO<sub>2</sub>ガス比率を最適化することでC層の残存を減少することができる。
- 薄板化だけでなく、従来の機械研磨工程に、プラズマエッチングを付与することで無潜傷のSiC基板が実現できる。

SiC、GaNに代表される次世代化合物半導体材料の加工方法として、新たな技術として提案するものである。

MODEL① エピ再生への応用

エピ拡散処理を行ったSiC基板を10 $\mu$ m～20 $\mu$ mプラズマエッチングすることによって、エピ層の潜傷を除去する。

MODEL② 機械研磨工程への応用

SiCインゴットから切断されたSiC基板を機械研磨していく工程中にプラズマ処理を入れて加工傷を除去したSiC基板を製作する。(450 $\mu$ m→350 $\mu$ m)

MODEL③ SiC基板の薄板化、バックグラウンド

市販のSiC基板より薄い基板をプラズマエッチングを用いて製作する。

(350 $\mu$ m→100 $\mu$ m～200 $\mu$ m)

また、パターン化されたウェハのバックグラウンド処理を行う。