

課題番号 : F-17-KT-0159  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : グレースケール露光を用いた三次元光学構造の形成 その1  
Program Title(English) : Formation of 3D optical structures by grey-scale exposure, part 1  
利用者名(日本語) : 丸山隆志、小平晃、奥哲  
Username(English) : T. Maruyama, A. Kodaira, S. Oku  
所属名(日本語) : NTTアドバンステクノロジー株式会社  
Affiliation(English) : NTT Advance Technology Corporation  
キーワード/Keyword : 膜加工・エッチング、難加工性、三次元光学構造、磁気中性線放電ドライエッチング

## 1. 概要 (Summary)

光半導体の発光波長が短波長領域まで広がるにつれ、そこに用いられる材質は必然的に高硬度で難加工性のもとなってきた。今回の取り組みでは、短波長光デバイスである SiC 結晶をはじめ、GaN 結晶の成長基板に用いられるサファイヤ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、極めて魅力的な半導体であるダイヤモンド (C) 等の難加工材料に対する磁気中性放電エッチング (NLD) の加工特性を検討した。特にこれらのデバイスでは 3 次元構造への要請が高まることが想定されるため、グレースケール露光による 3 次元構造の形成についても検討を行った。

## 2. 実験 (Experimental)

### 【利用した主な装置】

磁気中性線放電ドライエッチング装置、深堀りドライエッチング装置

### 【実験方法】

一連の実験に際し、3 次元構造形成への考慮から用いたエッチングマスク膜はレジスト LA900;  $20\ \mu\text{m}$  厚である。NLD のエッチングパラメーターをガス組成 ( $\text{Ar} : \text{O}_2 : \text{SF}_6 : \text{CHF}_3/\text{CF}_4$ ) とし、Antenna power については 1800 W 一定値としている。

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

**エッチング実験 1** : Bias power: 500 W (一部 300 W)、 $\text{Ar}:\text{O}_2:\text{CF}_4:\text{C}_4\text{F}_8 = 10:10:60:60$  の条件を用いた場合のエッチングレートは  $\text{Al}_2\text{O}_3=140\ \text{nm}/\text{min}$ 、 $\text{C}=60\ \text{nm}/\text{min}$ 、 $\text{SiC}=290\ \text{nm}/\text{min}$  であり、代表的な加工材である合成石英 ( $\text{SiO}_2$ )  $=640\ \text{nm}/\text{min}$  の  $1/2\sim 1/4$  となっている。この時、エッチングマスク膜との大まかな選択比は加工材 : LA900 = 1 : 4 であった。総じ

て言えることは、 $\text{CF}_4+\text{C}_4\text{F}_8$  の流量を両者とも 60 sccm とすることで  $500\ \text{nm}/\text{min}$  ~  $600\ \text{nm}/\text{min}$  のエッチングレートが得られ、同時に導入する Ar の流量に対しては 10 sccm ~ 300 sccm の間で大きな依存性は示さない。

**エッチング実験 2** : SiC については、3 次元構造の形成を狙いとし、マスクレジストとのエッチング選択比についてより詳細な検討を行った。Bias power については 300 W 一定値とし、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$  に加えて  $\text{SF}_6$  の添加効果にも注目した。

①  $\text{Ar} : \text{O}_2 : \text{CHF}_3 = 11 : 11 : 22$  においては  $\text{SiC} = 150\ \text{nm}/\text{min}$ 、 $\text{LA900} = 550\ \text{nm}/\text{min}$ 。

②  $\text{Ar} : \text{O}_2 : \text{CF}_4 = 11 : 11 : 22$  においては  $\text{SiC} = 270\ \text{nm}/\text{min}$ 、 $\text{LA900} = 850\ \text{nm}/\text{min}$  であった。マスク LA900 との選択比は 0.3 程度となっている。

③  $\text{Ar} : \text{O}_2 : \text{SF}_6 = 6 : 3 : 22$  においては  $\text{SiC} = 540\ \text{nm}/\text{min}$ 、 $\text{LA900} = 1260\ \text{nm}/\text{min}$  であり、SiC のエッチングレート増に効果があると同時に、レジストとの選択比が 0.43 に up している。主に  $\text{O}_2$  ガス量の減が効いていると想定される。

**エッチング実験 3** : SiC の 3 次元構造を実現することを狙いとし、第 1 段階としてマスクレジストをグレースケール露光により 3 次元形状に形成した。(Fig. 1) この時、上記エッチング実験 2 で得られた選択比を基にしてマスクレジストの形状を露光量により設定している。

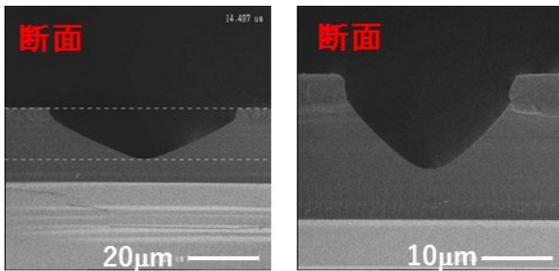


Fig. 1 Cross sectional SEM images of 3D shaped photo-resist after exposure.

このレジストを用い、エッチング実験2で得られたエッチング条件を設定した際の SiC エッチング結果の断面形状を Fig. 2 に示す。エッチング選択比を反映し、SiC の3次元加工が実現されている。

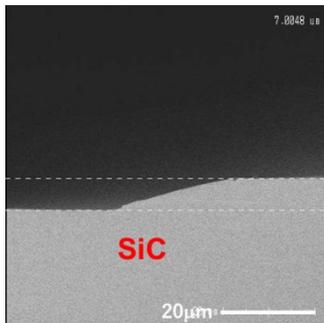


Fig. 2 SEM image of the SiC cross section after 3D etching.

今後の産業利用拡大が想定される難加工 SiC 結晶等について、グレースケール露光と磁気中性放電エッチングを用いた3次元構造形成を示した。

#### 4. その他・特記事項 (Others)

特になし。

#### 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

#### 6. 関連特許 (Patent)

なし。