

# MgO 電極を用いた CVD ダイヤモンドの 反応性イオンエッチング

三栖 貴行<sup>1</sup>・柳井 潤<sup>2</sup>・後藤 みき<sup>3</sup>・荒井 俊彦<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 博士後期課程電気電子工学専攻

<sup>2</sup> 博士前期課程電気電子工学専攻

<sup>3</sup> 電気電子情報工学科

Reactive ion etching of CVD diamond using MgO electrodes

Takayuki MISU<sup>1</sup>, Jun YANAI<sup>2</sup>, Miki GOTO<sup>3</sup> and Toshihiko ARAI<sup>3</sup>

## Abstract

Chemical vapor deposition (CVD) diamond etching was investigated in reactive ion etching system using MgO sintered ceramic electrode. MgO electrode system was consisted of two parallel disks with 7cm in diameter. The RF power (13.56MHz) was fixed to be constant as 100W. O<sub>2</sub> was supplied to the chamber via mass flow controller. The flow rate, total pressure, and electrode distance were 20sccm, 10Pa, and 2cm, respectively. The polycrystalline diamond films of approximately 14μm thickness on silicon wafers (5×5mm) were used as samples. The diamond etching rate increased about 50 percent when stainless steel electrode was substituted for MgO electrode. The increase of etching rate is probably due to increase of the electron density.

Keywords : diamond etching, reactive ion etching, O<sub>2</sub> plasma, MgO electrode

## 1. まえがき

ダイヤモンドは半導体デバイスなど様々なデバイスへの応用が期待されており、その微細加工技術への要求が高まっている。高速な垂直エッチングのためには低圧高密度なプラズマの生成が求められる。平行平板型容量結合の反応性イオンエッチング(RIE)装置は簡便な装置であるが、誘導結合型に比べプラズマ密度が一桁ほど小さく、低圧でのプラズマの生成も難しい。プラズマディスプレイパネル(PDP)の電極保護材料に用いられる MgO は通常の金属に比べ二次電子放出係数( $\gamma$  係数)が数十倍高いと言われている<sup>1)</sup>。平行平板型容量結合プラズマで MgO 電極を用いることで Al

電極に比べ、Ne ガスでのプラズマ密度が増加することが報告されている<sup>2)</sup>。最近の研究で焼結体の MgO は単結晶のものより $\gamma$  係数が高いことがわかった<sup>3)</sup>。したがって電極に MgO 電極を用いることで、低圧力高密度プラズマが生成されれば、エッチング速度は増加することが期待される。本研究では、焼結体 MgO を電極に用いたとき、O<sub>2</sub> プラズマによるダイヤモンドのエッチングを検討したので報告する。

## 2. 実験装置及び測定方法

図 1 に 13.56MHz の高周波(RF)を用いた平行平板型 RIE 装置の概略図を示す。RIE 装置には

被エッチング基板をカソード上に置くカソードカップル形を使用した。高周波印加電極(陰極)と接地電極(陽極)の間隔は 20mm とした。陽極、陰極の寸法はそれぞれ直径 70mm である。焼結体 MgO 基板は電極と同じ寸法で厚さ 5mm である。高周波(RF)電力は 100W、ガス流量 20sccm 一定とした。電子密度はシングルプローブシステム(Hiden)を用いて測定した。

図 2 にカソードとアノードに MgO 電極、ステンレス(SUS)電極を用いたとき 4 つの電極材質の組み合わせを示す。アノードとカソードの両方に SUS 電極(Sa-Sc)、アノードに MgO(Ma-Sc)、カソードに MgO(Sa-Mc)そしてアノードとカソードの両方に MgO(Ma-Mc)を設置した組み合わせでエッチングを行った。エッチングに用いたダイヤモンド基板は多結晶 CVD ダイヤモンド膜(膜厚 0.4mm)を使用し、SUS をマスクに用い、室温でエッチングを行った。エッチング速度は触針法(KAL rancor AS500)を用いてエッチング処理前後の膜圧を測定し、その差からエッチング速度を算出した。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 MgO 電極を用いた Ar プラズマの電子密度

ダイヤモンドのエッチングには通常  $O_2$  ガスを用いるが、 $O_2$  は負イオンを生成しやすく正確な電子密度の測定が困難である。このため  $O_2$  ガスのかわりに Ar ガスを用い MgO 電極による電子密度を測定した。図 3 にその結果を示す。MgO 電極を用いた場合、電子密度が一桁程度増加し、プラズマの高密度化が得られた。

#### 3.2 MgO 電極によるエッチング特性

図 4 は図 2 に示した各電極パターンにおけるエッチング速度の結果である。カソードに MgO を設置した場合、エッチング速度は約  $1.2\mu\text{m/h}$  と SUS 電極に比べて 50%程度増加する。MgO をアノードまたはカソードに設置したときエッチング速度はカソード側に設置したときに増加している。

#### 3.3 MgO 電極によるエッチング増速の検討

RIE では RF を加える電極には自己バイアス電圧が発生する。これを利用し正イオンを加速し、基板の上にラジカル原子、分子と高速イオンを同時に供給し、イオンアシストエッチングを行う。peak-to-peak RF 電圧( $V_{PP}$ )はカソードとアノード間で高圧プローブ(100:1)とオシロスコープを

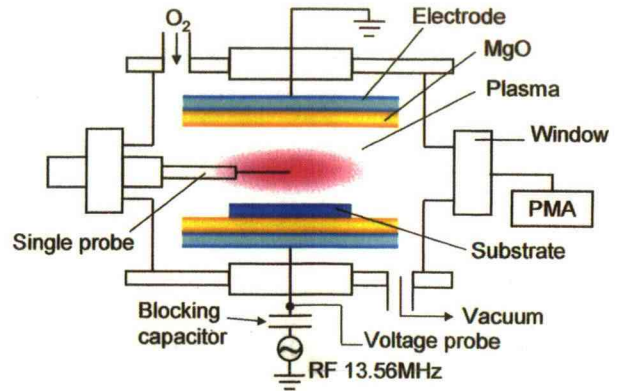


Fig.1 Schematic diagram of the reactive ion etching system.

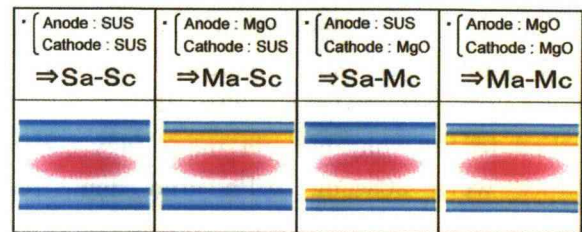


Fig.2 Electrodes configurations.

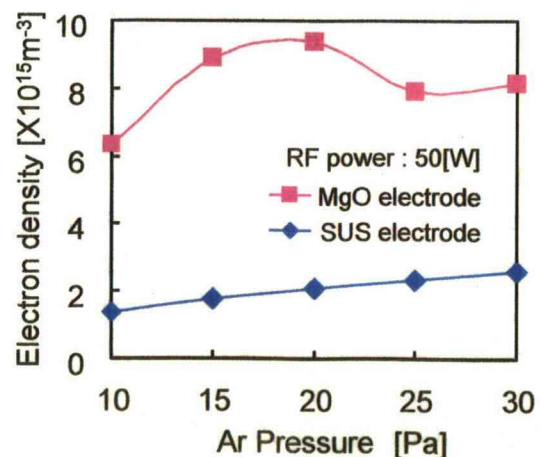
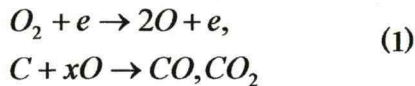


Fig.3 Electron density as a function of Ar pressure.

用いて測定した。図 5 はアノードとカソードを SUS 電極にしたときと MgO 電極にしたときの  $V_{PP}$  と  $O_2$  ガス圧力との関係を示す。MgO 電極のとき  $V_{PP}$  の減少はプラズマ中の電子(イオン)密度の増加を示していると思われる。式(1)のように  $O_2$  単ガスでは  $O$ 、 $O^+$ 、 $O_2^+$  のイオン衝撃に加えて表面に吸着した  $O$  ラジカルが  $CO$ 、 $CO_2$  として  $C$  原子を引き連れて脱離し、エッチングされる。



MgO 電極を用いることで電子密度が増加するため、電子衝突解離の割合が増加する。そのため  $O$  ラジカルが増加し、エッチング速度が増加したものと考えられる。

### 3.4 MgO 電極による低圧カプラズマの検討

図 5 で示されているように SUS 電極では  $O_2$  圧力 10Pa まで放電するのに対し、MgO 電極の場合は 6Pa まで放電が可能になった。これは、MgO により二次電子の放出が増加し、放電が生じやすくなるためと考えられる。

## 4. まとめ

MgO 電極 RIE を用いたダイヤモンドエッチング特性を測定し、以下の結果を得た。

- 1) MgO 電極でのエッチング速度は SUS 電極のものより約 50% 増加することがわかった。
- 2) MgO 電極を用いることにより SUS 電極より低圧でのプラズマ生成が可能であることがわかった。

終わりに実験に従事した当研究室の平成 17 年度卒業研究生の諸君に対し感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) E.-H. Choi, J.-Y. Lim, Y.-G. Kim, J.-J. Ko, D.-I. Kim, C.-W. Lee and G.-S. Cho : J. Appl. Phys. **86** (1999) 6525.
- 2) Y. Ohtsu, T. Shimazoe, T. Misawa and H. Fujita: Proc. 26<sup>th</sup> ICPIG, 1(2003)109.
- 3) 三栖, 柳井, 杉本, 後藤, 荒井: 2006 年春季第 53 回応用物理学関係連合講演会予稿集, 25a-ZC-5.

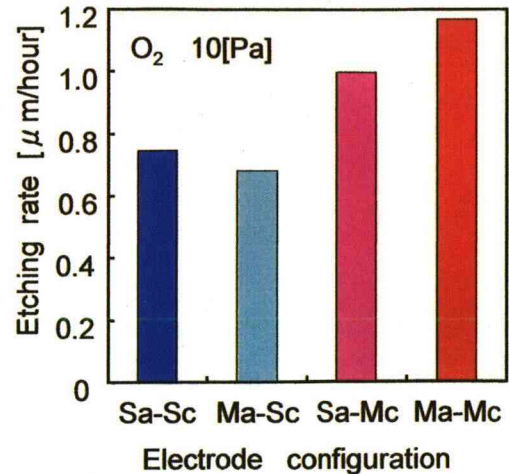


Fig.4 Etching rates obtained with electrode configurations.

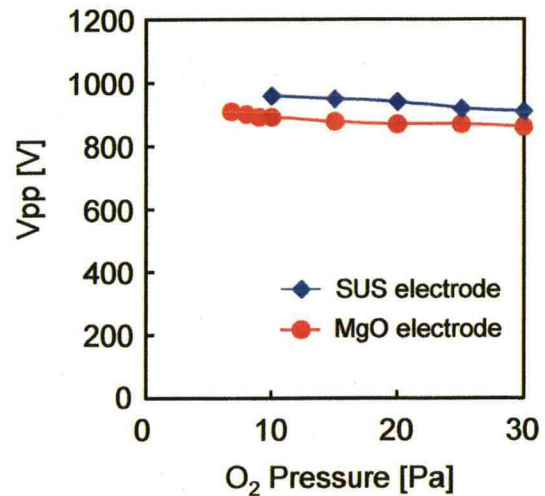


Fig.5 Peak-to-peak RF voltage as a function of  $O_2$  pressure.