

## 半導体部材に適したDLC薄膜作製技術の研究

地域資源部シラス研究開発室 ○吉村 幸雄, 地域資源部 山之内 清竜

### 1. はじめに

DLC (ダイヤモンド・ライク・カーボン) 膜は、炭素系アモルファス (非晶質) 構造の薄膜の総称であり、硬質、潤滑性、耐摩耗性などの特徴を有し、また滑らかな表面形状が形成できるため、低摩擦、摺動性が求められる用途にも利用されている。DLC膜の作製方法には、物理気相法や化学気相法など真空雰囲気を利用した手法があるが、薄膜の作製手法 (装置) や作製条件によって、DLC膜の膜質や特性が大きく変化することが知られている。

そこで、本研究は2種類のスパッタリング装置を用いて、DLC膜の作製と膜質の比較を行った。膜質の評価として、断面観察や膜構造、耐摩耗性試験を行い、当センター所有のマグネトロンスパッタリング装置で作製できるDLC膜の性能把握と作製条件の検討を行った。

### 2. 実験方法

#### 2. 1 薄膜作製と評価

DLC膜の作製装置には、長崎県工業技術センター所有のUBMS装置 (アンバランスドマグネトロンスパッタリング装置/UBMS 202型: (株)神戸製鋼所製) (図1) と、当センター所有のマグネトロンスパッタリング装置 (SBH-3000: アルバック (株) 製) (図2) の2機種を用いた。UBMS装置は、硬質DLC用の薄膜を作製する装置となっており、当センターのスパッタ装置との膜質比較のために選定した。薄膜の作製は、3タイプの基板上 (シリコン, ガラス, FRP) に、焼結カーボンターゲット (薄膜原料) を用いて成膜した。なお、ターゲットサイズは、UBMSは6インチ、スパッタ装置は3インチを用い、主な作製条件の範囲は表1のとおりである。

表1 成膜条件の範囲

機種	DC出力 (W/cm <sup>2</sup> )	ガス圧力 (Pa)	T/S (mm)	基板 回転
UBMS装置	11.0~16.5	0.7~0.9	160	あり
スパッタ装置	3.7~6.6	0.8~2.0	60	なし



図1 UBMS装置 図2 スパッタ装置

作製したDLC膜は、断面観察、物質構造状態、耐摩耗性試験に供した。成膜速度は、膜厚を断面観察から求め、作製時間で割ることで算出した。物質構造状態は、DLC膜にArイオンレーザを照射し、これから得られるラマンスペクトルをDバンドとGバンドにピーク分離し、このピーク面積比を構造比 (Id/Ig) として評価した。耐摩耗性試験 (ボールオンディスク) は、DLC膜に硬質ボールを加重2Nで掛け、10,000回転での摩擦摩耗試験を行い、その後、薄膜の摩耗痕の段差面積から摩耗の度合いを求めた。

### 3. 実験結果

#### 3. 1 断面観察と成膜速度

マグネトロンスパッタ装置で基板上に直接DLC膜を作製すると剥離が発生し、密着性が弱かった。

そこで、基板とDLC膜の間に、金属(Ti)層を形成することで密着性の改善ができ、3タイプの基板においても剥離のない薄膜の作製ができた。

図3にシリコン基板上に作製したDLC膜の電子顕微鏡(SEM)の断面写真を示す。表面が滑らかで、均一な厚さを持ち、緻密な薄膜を作製することができた。この膜厚から求めた成膜速度は、スパッタ装置では7~14nm/min, UBMS装置では3~8nm/minとなり、スパッタ装置の方がUBMS装置よりも速い成膜速度となった。これは、スパッタ装置の作製が、ターゲットから基板までの距離(T/S)が近いことと、基板回転をせずに薄膜作製したためと思われる。

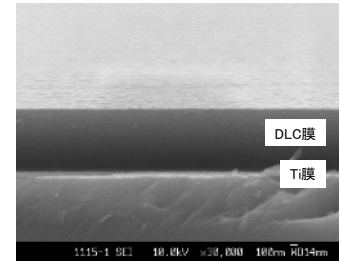


図3 DLC断面写真

### 3.2 機械的特性

図4にボールオンディスク後のDLC膜の写真を示す。膜質が弱いと写真のような摩耗痕が見られる。この摩耗痕の段差を接触探針で測定し、その時の段差面積から各種作製条件におけるDLC膜の耐摩耗性の度合いを求めた。なお、FRP基板では、薄膜が剥げたため、シリコン基板上に作製したDLC膜で評価した。

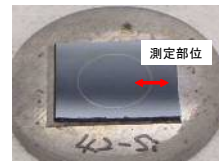


図4 摩耗痕

図5に、それぞれの装置で作製したDLC膜の摩耗面積を示す。スパッタ装置で作製したDLC膜の摩耗面積(2.3~3.8 $\mu\text{m}^2$ )は、UBMS装置で作製した薄膜(2.2~4.2 $\mu\text{m}^2$ )の範囲内となり、今回、スパッタ装置で作製したDLC薄膜は、UBMS装置で作製した薄膜と同等の耐摩耗性を有することが分かった。

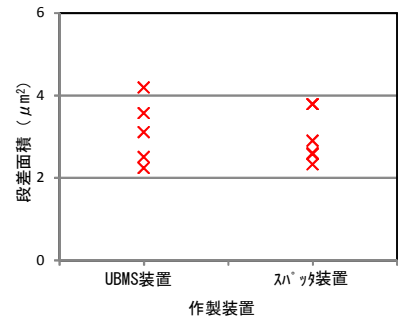


図5 段差面積

### 3.3 ラマン分光測定

図6に、DLC膜のラマンスペクトルをピーク分離することで求めた構造比( $I_d/I_g$ )の結果を示す。作製条件を変えることでUBMS装置、スパッタ装置とも幅広い範囲となった。この範囲は、両装置とも作製出力による影響が大きく、作製出力を上げるにつれ、 $I_d/I_g$ 値は小さくなった。 $I_d/I_g$ 値は膜中の欠陥に由来するとされており、作製出力を大きくすることで、薄膜構造が改善されることが分かった。

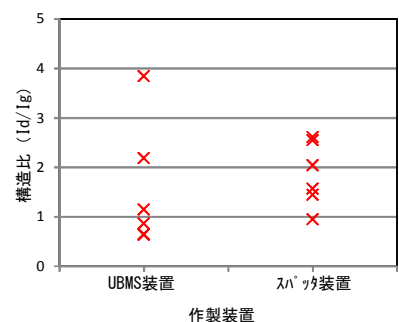


図6 構造比

## 4. おわりに

2種類の薄膜作製装置を用いて、DLC膜の試作と膜質の比較を行った結果、スパッタ装置でもUBMS装置と同程度の物性が得られた。このことから、当センターの装置において、耐摩耗性を持つDLC薄膜を作製できる可能性が示唆された。

### 謝辞

本研究を遂行するにあたって、成膜装置や測定装置の使用およびご指導、ご助言をいただきました長崎県工業技術センター所長の馬場恒明氏に感謝申し上げます。