SiO_x ハードマスクを用いた高アスペクト比ダイヤモンドエッチングプロセス

High-aspect-ratio dry-etching process for diamond using SiO_x hard mask

大阪大学大学院工学研究科　°別府 晟多, 毎田 修, 伊藤 利道

Graduate School of Eng, Osaka Univ., Seita Beppu, Osamu Maida, Toshimichi Ito

E-mail: s.beppu@daiyan.eei.eng.osaka-u.ac.jp

1. はじめに

ダイヤモンドは優れた半導体特性を多く有し、機械的特性、化学的安定性にも優れることから半導体デバイスや MEMS 等への応用が期待されている。ダイヤモンドをこれらの用途に応用する上で、高い異方性と高アスペクト比を有するエッチングプロセスの確立は必要不可欠である。現在、ダイヤモンドエッチング用のハードマスク材料として、Au や Al などの金属薄膜がしばしば用いられるが、これらのハードマスクではダイヤモンドとの熱膨張係数の違いに基づく熱応力によりクラックやピーリングが生じたり、ウェットプロセスによるマスク加工の精度が余り向上できない等の問題点を有する。

そこで我々は、ドライプロセスによる加工が可能で、熱膨張係数がダイヤモンドと近いハードマスク材料として、ダイヤモンドの熱膨張係数が Si と SiO_2 の間にあることから、SiO_x 膜に着目した。本研究では、組成を調整した SiO_x ハードマスクを用いたダイヤモンドエッチングプロセスの適正化を行った。

2. 実験

基板として、高圧高温合成(001)Ib ダイヤモンド基板上にマイクロ波プラズマ(MWP) CVD 法によりアンドープダイヤモンド層を成膜したものを用いた。この基板上に Si をターゲットとした反応性 RF マグネトロンスパッタにより、原料ガス流量組成をパラメータとして SiO_x 膜を形成した。得られた SiO_x 膜の組成とダイヤモンド基板(表面近傍)の応力との相関を SIMS 測定とラマン分光法により調査した。

フォトリソグラフィにより SiO_x 膜上に所望のパターンを形成後、 反応性イオンエッチング(RIE)法によって、所望の SiO_x ハードマスクを形成した。その後、作製した SiO_x ハードマスクを用いて RF バイアス印加 ECR 酸素プラズマによるダイヤモンドエッチングを行い、その形状を走査型電子顕微鏡(SEM)により評価した。各工程のプロセスパラメータ対するダイヤモンドのエッチング形状の依存性を調べた。

3. 結果と考察

Fig. 1 に、SiO_x 膜の組成と対応するダイヤモンドのラマンシフトとの相関を示す。同図より、SiO_x (x~1.3) 膜においてラマンシフトがほぼゼロとなっていることが分かる。また、同図の挿入図で示すように、アモルファス Si 膜では発生したピーリングは当該 SiO_x 膜では発生しなかった。これらのことから、当該 SiO_x 膜はダイヤモンドと同程度の熱膨張係数をもつことが示唆される。

また、Fig. 2 にダイヤモンドエッチング工程を適正化した後に得られたダイヤモン形状(十字パターン)の SEM 像を示す。同図より、5 μm 以上のエッチング深さに対し、85 度以上の高いエッチング異方性が得られていることが分かる。このことから、SiO_x ハードマスクを用いたダイヤモンドエッチングプロセスは、高い異方性並びに高いアスペクト比を有するエッチング工程である、と言える。各工程の条件等の詳細については当日報告する。

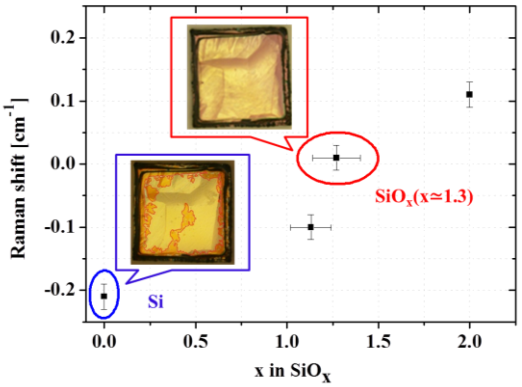

Fig. 1. Raman shifts obtained from CVD diamond substrates as a function of composition of SiO_x overlayers

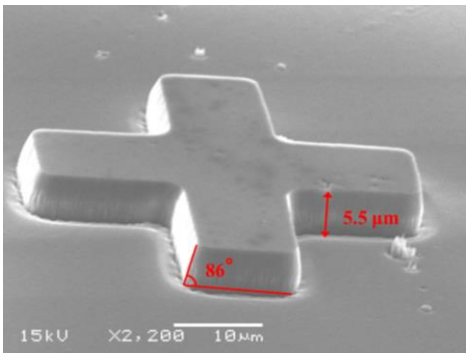

Fig. 2. Typical SEM image of a diamond cross patern etched using ECR oxygen plasma etching method with a SiO_x hard mask

【謝辞】本研究の一部は科学研究費補助金 基盤研究(B) (15H03557) による助成、並びに、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム(大阪大学ナノテクノロジー設備供用拠点) [S-16-OS-0047] の支援を受けて実施された。

© 2017年 応用物理学会