

## C-4

スパッタ成膜した  $Mg_2Si$  膜の組成分析Composition Analysis of  $Mg_2Si$  films fabricated by Sputtering Method○遠藤孔輝<sup>1</sup>, 高野慧祐<sup>1</sup>, 呉研<sup>2</sup>, 高橋芳浩<sup>2</sup>\*Koki Endo<sup>1</sup>, Keisuke Takano<sup>1</sup>, Yan Wu<sup>2</sup>, Yoshihiro Takahashi<sup>2</sup>,

Abstract: We investigated composition rate of  $Mg_2Si$  film on Si substrate by sputtering method to realize  $Mg_2Si/Si$  tunnel junction. Mg film deposited on Si substrate has been also analyzed. It is found that the deposited both  $Mg_2Si$  and Mg films contains oxygen with high density.

## 1. 序論

近年の半導体デバイスには低消費電力化が求められている。従来の MOSFET では、キャリア注入が拡散現象によるため、原理的に S 値を 60 mV/dec. 以下にすることは出来ないため、電源電圧の低減に伴い待機時のリーク電流が増加し、消費電力が増大する。よって、更なる低消費電力化には急峻な立ち上がり特性を有するデバイスが必要となる。その有力候補の一つとして、トンネル FET (TFET) が提案されている。TFET では Gate 電圧印加により Source から Body へキャリアをトンネル効果により注入することにより動作するため、60mV/dec. 以下の S 値が達成でき、待機時の低消費電力化が可能となる。しかし、Source- Body 間のトンネル障壁により大きな駆動電流が得られないという問題がある。

一方、Si に対して正方向のバンドオフセットを持つ  $Mg_2Si$  を Source 材料として用いることにより、駆動電流が増大することがシミュレーションにより確認されている[1][2]。しかし、 $Mg_2Si/Si$  接合の作製プロセスはまだ確立していない。そこで本研究では、スパッタ法により  $Mg_2Si$  膜を成膜し、その組成について評価した。

## 2. 実験方法

n 型 Si 基板(抵抗率 1~10 $\Omega$ cm, 面方位<100> 寸法 1×1cm)を RCA 洗浄後、マグネトロンスパッタ装置により  $Mg_2Si$  ターゲットを用いて、出力 50W, 圧力 0.5Pa, Ar 流量 10ccm, 時間 40min の条件で製膜した。また、比較のため、Mg ターゲットを用いた成膜も同条件で行った。なお酸化防止のため、各膜の成膜後大気開放することなく、シリコン窒化膜 (SiN 膜) を 30min 成膜した。Fig.1 に素子構造(断面図)を示す。成膜後の基板に対し、RTP 装置を用いて 1~10Pa のフォーミングガス (4%  $H_2+N_2$ ) 雰囲気中において、400°C で 1min の熱処理を行った。作製した試料の断面構造を走査形電子顕微鏡 (SEM) で観察し、また、X 線光電子分光装置 (XPS) を用いて深さ方向に対する組成分析を行った。

## 3. 結果・考察

Fig.2 に SiN/Mg/Si 試料の断面 SEM 像を示す。深さ 1 $\mu$ m および 2 $\mu$ m 付近で横方向に筋が入っているのが確認できた。ただし、同条件で成膜した SiN の膜厚は 50~100nm と確認しており、これらの横筋は堆積膜を反映したものではないと考えられる。なお、SiN / $Mg_2Si$  /Si 試料でも層構造は確認できなかった

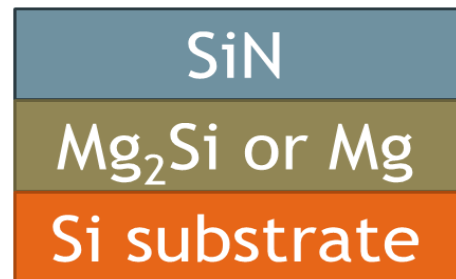


Figure 1. Schematic cross-section of sample

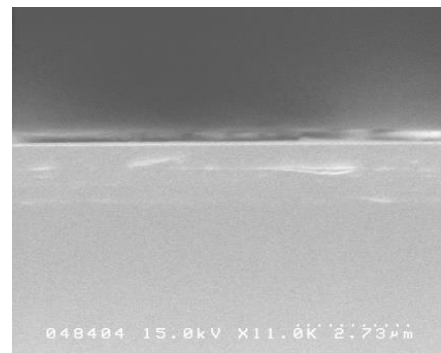


Figure 2. Cross section SEM image of SiN /Mg /Si sample

Fig. 5 に, SiN /Mg<sub>2</sub>Si /Si 試料の深さ方向に対する組成比分析結果を示す. エッチング時間 500s 以下の表層には SiN 膜が成膜されているはずだが, 窒素の組成比は 5%以下であり, ほぼ SiO<sub>2</sub> の組成となっていることがわかる. 更に Mg<sub>2</sub>Si を成膜した領域でも高い組成比で酸素が存在していることがわかった. Fig.4 にエッチング時間 300s および 705s における O 1s 電子の XPS スペクトルを示す. 300s での組成はほぼ SiO<sub>2</sub> であることから, Si と結合した酸素のピークと考えられる. 一方, 705s では結合エネルギーが 2eV 程度低エネルギー側にシフトしており, これは Mg と結合した酸素によるものと考えられる. 一方, Si 2p, Mg 2s 電子の XPS スペクトルはシングルピークであることを確認しており, Mg<sub>2</sub>Si を堆積した膜中の Si および Mg はほとんど酸化しているものと考えられる. これは, スパッタ装置内部に残留, ないしはリークにより流入した酸素による酸化が原因と考えられる.

Fig.5 に SiN /Mg /Si を用いて成膜した試料の組成比を示す. Fig.3 の結果同様, 堆積膜全体にわたり酸素の組成比が高くなっていることがわかる. また, O 1s スペクトルも Fig.4 同様, 表層に対し Mg 層では新たなピークが発現することを確認しており, ほとんどの Mg, Si が酸化状態となっていることがわかった.

4. まとめ

スパッタ法を用いて Si 基板上に Mg<sub>2</sub>Si および Mg 膜を成膜した結果, 堆積膜中に多量の酸素が混入していることを確認した. 今後は, スパッタ前の真空度向上や, ベルジャーバークなどによる酸素混入防止について検討する.

参考文献

[1] 唐鎌亮太, 他:平成 30 年度応用物理学会, 20a-PA4-7, 2018.9  
 [2] Y.Wu , 他: International Workshop on Junction Technology (IWJT) P.83 -84, 2017

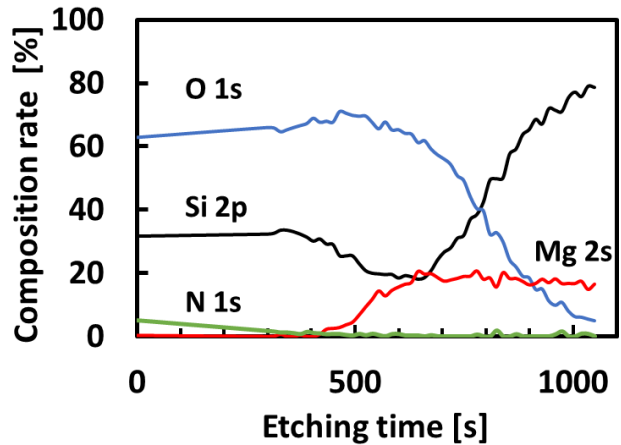


Figure 3. Depth profile of composition ratio of SiN /Mg<sub>2</sub>Si /Si sample

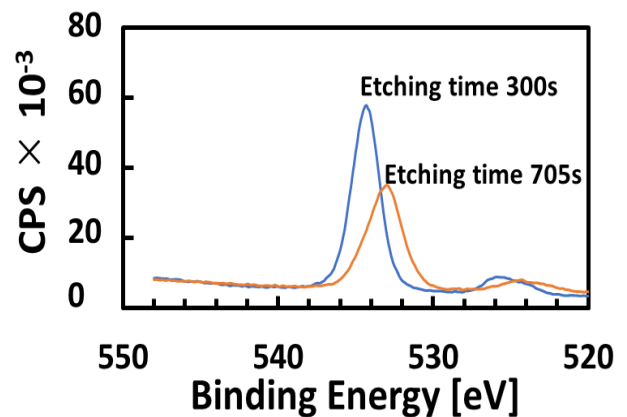


Figure 4. O 1s XPS spectrum of SiN /Mg<sub>2</sub>Si /Si sample

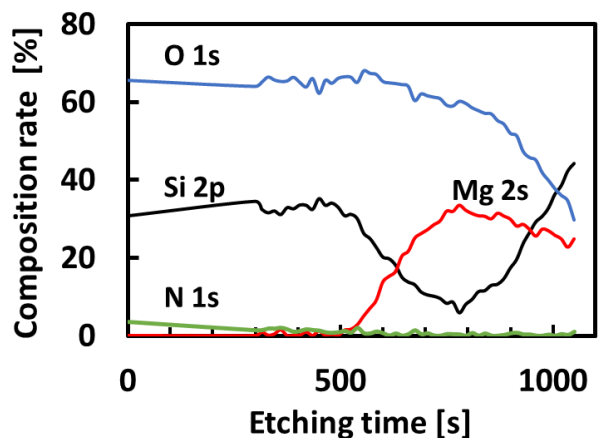


Figure 5. Depth profile of composition ratio of SiN /Mg /Si sample