

課題番号 : F-15-AT-0060
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 高品質 ScAlN 薄膜の実現
 Program Title (English) : Realization of High Quality ScAlN Films
 利用者名(日本語) : 橋本研也、山崎健太、上野修平、山越正悟
 Username (English) : K.Hashimoto, K.Yamazaki, S.Ueno and S.Yamakoshi
 所属名(日本語) : 千葉大学大学院工学研究科電気電子系コース
 Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Chiba University

1. 概要(Summary)

最先端通信システムには、弾性表面波(SAW)やバルク弾性波(BAW)を用いた弾性波素子が多用されており、より一層の性能向上が渴望されている。これらの素子の性能は利用する圧電材料によって本質的に制限される。商用の素子では既にその限界に近い性能が得られており、格段の性能向上には新規材料の開拓が必須である。

2009 年に産総研並びにデンソーのグループから $Sc_xAl_{1-x}N$ (以下、ScAlN と記す)が Sc 濃度 x と共に圧電性が大きくなり、 $x \sim 43\%$ で $LiTaO_3$ に匹敵する大きな圧電性を示すことが報告されている。

本研究は、高品質の ScAlN 圧電薄膜を大面積にわたって均一に堆積する技術を構築することを目的とした。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

蛍光 X 線分析装置

【実験方法】

高周波マグネトロンスパッタ装置に $Sc_{0.43}Al_{0.57}$ と $Sc_{0.32}Al_{0.68}$ の組成比を持つ 4 インチ径合金ターゲットを装着し、高 Sc 濃度 ScAlN 薄膜の堆積を試みた。Table 1 に堆積条件を示す。なお、この装置には超高真空仕様のターボ分子ポンプとロードロックシステムを備えている。

Table 1 Deposition Condition.

Back Pressure [Pa]	$< 5 \times 10^{-5}$
Total Gas Pressure [Pa]	5×10^{-1}
N ₂ Flow Rate [sccm]	12.0
Ar Flow Rate [sccm]	24.0
Substrate Temperature [°C]	200
RF Power, P_{RF} [W]	250
Pre-Sputter Time [Min.]	10
Sputtering Time [Min.]	130

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 に蛍光 X 線分析により計測された $Sc_{0.43}Al_{0.57}$ ターゲットを利用した場合の 3 インチウェハー中の Sc 含有率分布を示す。合金ターゲットの利用を反映して、Sc 含有率の分布がかなり均一なことが判る。ただし、測定された含有率は約 32% で、ターゲットのそれに比べてかなり小さい。

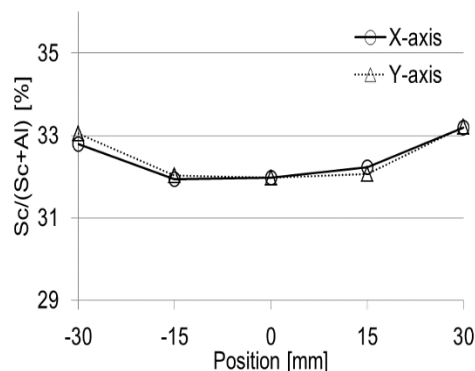


Fig. 1 Variation of Sc content in 3 inch wafer when $Sc_{0.43}Al_{0.57}$ target was used.

Fig. 2 に $Sc_{0.43}Al_{0.57}$ ターゲットを利用した場合の Sc 含有率と X 線回折(0001)面ロッキングカーブの半値全幅 FWHM が積算スパッタ時間 T によりどのように変化するか

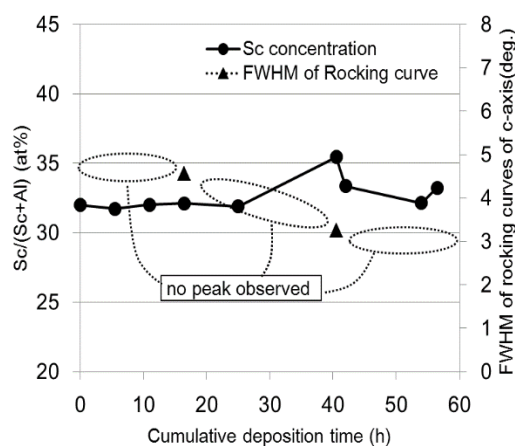


Fig. 2 Variation of Sc content and FWHM with T when $Sc_{0.43}Al_{0.57}$ target was used.

を示す。Sc 含有率は T と共に徐々に増加するが、ターゲットのそれと比べてかなり小さい。また、 T の増加と共に膜質は劣化し、しばしば(0002)ピークが観測されなくなる。ターゲット表面を研磨しなおしても、膜質は回復しなかった。

Fig. 3に $\text{Sc}_{0.32}\text{-Al}_{0.68}$ ターゲットを用いた場合の結果を示す。堆積された膜の Sc 含有量は 22% で、ターゲットのそれよりもかなり小さい。これは $\text{Sc}_{0.43}\text{-Al}_{0.57}$ ターゲットを用いた場合と同様である。一方、FWHM は T の増加と共に向上する。これはロードロック装荷の効果として、 T の増加と共にスパッタ中のガス放出が低下したためと考えられる。

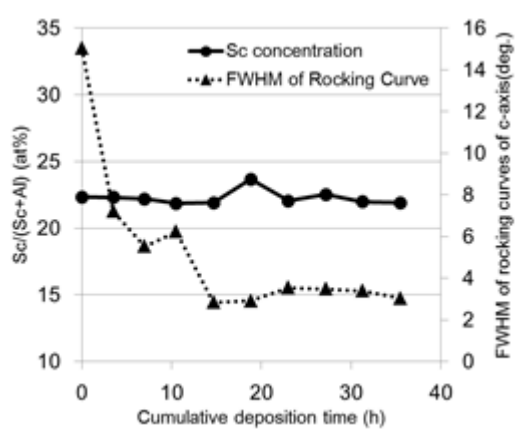


Fig. 3 Variation of Sc content and FWHM with T when $\text{Sc}_{0.32}\text{-Al}_{0.68}$ target was used.

上記の実験では薄膜の Sc 含有率がターゲットのそれと大きく乖離していたが、100% Ar ガスを用いた場合には両者の差は非常に少なかった。このことから、ターゲット表面の窒化がこの現象において重要な役割を果たしていると考え、Ar ガス流量を一定に保ったまま、 N_2 ガス流量を変化させ、その影響を調べた。ただし、その他の条件は Table 1 に示したものと同一とし、メインバルブにより全圧を変えないように調整した。

Fig. 4 に堆積速度が N_2 ガス流量によってどの様に変化するかを示す。この実験には $\text{Sc}_{0.32}\text{-Al}_{0.68}$ ターゲットを用いた。 N_2 ガス流量を上げると堆積速度が単調に減少するのが判る。なお、 N_2 ガス流量を 2 sccm 以下にすると堆積膜は金属光沢を示す。これらの振る舞いは N_2 ガス流量が大きいとターゲット表面が窒化し、 ScAlN クラスタがターゲットから放出され、基板上に堆積するのに対し、 N_2 ガス流量が小さいと ScAl クラスタがターゲットから放出され、基板上で窒化して堆積することによる。これは反応性スパッタの際によく観察される現象である。

Fig. 4 に堆積膜の Sc 含有率の変化も併せて示す。 N_2

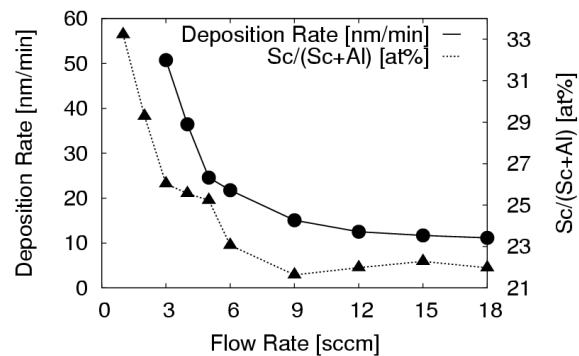


Fig. 4 Variation of Sc content and deposition rate with N_2 flow rate.

流量の増加と共に Sc 含有率が減少し、9 sccm 以上ではほぼ一定となる。また、堆積速度は Sc 含有率と強い相関がある。このことはターゲット表面の窒化が、Sc 含有率減少の原因の一つであることを示している。即ち、 ScN のスパッタ率が AlN のそれよりも小さいことによると考えられる。

なお、表面粗さ並びに X 線回折の FWHM は、値が極端に小さい場合を除いて N_2 流量依存性は少ない。

今後、膜質並びに Sc 含有率が投入電力によりどの様に变化するかを調査してゆく予定である。

4. その他・特記事項 (Others)

本研究の一部は、村田科学技術振興財団研究助成金の支援を受けた。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。