熱処理による c 軸平行配向 ZnO 膜のすべりモード電気機械結合係数の向上

Improvement of shear-mode electromechanical coupling of c-axis-parallel-oriented ZnO film by annealing treatment 同志社大 ¹, 早稲田大 ² ○紀本 佳苗 ¹, 高柳 真司 ¹, 柳谷 隆彦 ²

Doshisha Univ. ¹, Waseda Univ. ², °Kanae Kimoto¹, Shinji Takayanagi¹, Takahiko Yanagitani²

E-mail: stakayan@mail.doshisha.ac.jp

1. はじめに

厚みすべりモード共振子は、液体の粘度測定 や液中での分子間相互作用の検出が可能であ る.すべりモード共振子の圧電材料として薄膜 を用いると、厚みを薄くでき高周波で駆動する ことから、より高感度なセンサを実現できる.

我々はこれまでに、スパッタ法を用いて圧電 軸 (c 軸) が基板面に対して平行な(1120)面に配 向した ZnO 薄膜を形成し、すべりモードの励 振に成功した[1]. しかし、その圧電性は低く、 単結晶 ZnO の 6 割程度であった^[2]. その原因の 一つとして, 成膜初期に結晶性が悪く圧電に寄 与しない層(不活性層)の形成が挙げられる. (1120)面配向は成膜中に基板に高エネルギーの 負イオンを照射することで得られる[2].この際, スパッタされた ZnO 粒子が基板上で運動し安 定な(0001)面配向をしないように、基板を冷却 して成膜する. そのため, 成膜初期は結晶が形 成されにくく歪みを持ち不活性層ができやす いと考えられる. そこで, 本研究では, 材料に 熱エネルギーを与えることで結晶の歪みを緩 和する熱処理に着目し, 圧電性の向上を試みた.

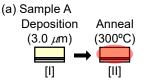
2. ZnO 膜の作製方法

RF マグネトロンスパッタ装置を用いて、Fig. 1 に示す手順で Al 膜付きの合成石英基板上に 2 つの ZnO 試料を作製した。Sample A では、一度に $3.0~\mu m$ 成膜した後に熱処理を行った。また Sample B では、いったん $0.7~\mu m$ 成膜した後に熱処理を行い、さらに $2.3~\mu m$ 成膜した後に再び熱処理を行い、さらに $2.3~\mu m$ 成膜した後に再び熱処理を行った。ここで、ターゲット材として ZnO 焼結体を用い、RF 電力 50~W、雰囲気ガス圧 0.1~Pa (Ar: $O_2=1:3$)、基板冷却水 $5^{\circ}C$ で成膜した。また、雰囲気ガス圧 0.1~Pa (Ar: $O_2=1:3$)、基板加熱 $300^{\circ}C$ で、2~時間熱処理した。

3. ZnO 膜の結晶性, 圧電性の評価

作製した試料の結晶性を XRD により評価した. Sample A では、熱処理後に $(11\overline{2}0)$ 面のピーク強度が 2倍以上になり半値幅も小さくなった. また、ピーク位置も高角側にシフトし、粉末

XRD の参照値 2θ =56.6° に近づいた. よって, 熱処理により歪みが緩和したことが判る. Sample B の XRD パターンを Fig. 2 に示す. Sample B でも最初の成膜後の熱処理では同様 の変化が見られた、その後、再び成膜すると 2θ =56°付近にピークが2つ観測された.これは 熱処理後の ZnO 膜上に歪みを持った膜が堆積 したためだと考えられ、 最終的な熱処理によっ て再び歪みが緩和したことが判る. 続いて, 作 製した ZnO 膜上に Cu 電極を蒸着して HBAR を構成した.この HBAR の横波変換損失を測定 することで、すべりモード電気機械結合係数 k を推定した. その結果, k は Sample A では 0.17, Sample B では 0.23 となった. 熱処理を行わな かった試料では k が 0.15 であったため、熱処 理により結晶性だけでなく, 圧電性も向上した.



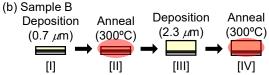


Fig.1 Sample preparation procedures.

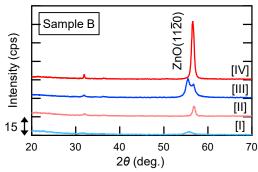


Fig.2 XRD patterns of sample B.

参考文献

[1] T. Kawamoto, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 46, 4660 (2007).

[2] S. Takayanagi, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **101**, 232902 (2012).