Cr ドープが c 軸配向 AIN 薄膜の結晶配向性と

電気機械結合係数に及ぼす影響

Effect of Cr doping on crystal orientation and electromechanical coupling coefficient of c-axis oriented AlN films

山梨大学,⁰(B)高野佑成,早川竜盛,鈴木雅視,垣尾省司

Univ. of Yamanashi, °Yusei Takano, Ryusei Hayakawa, Masashi Suzuki and Shoji Kakio E-mail:masashis@yamanashi.ac.jp

1. あらまし

高音速,低音響減衰な窒化アルミニウム (AIN)を用いた AIN 薄膜バルク波音響共振子 (AIN FBARs)は、高い周波数帯(2 GHz 以上) かつ高Q値(1,000 程度)で動作可能,また良 好な温度特性(TCF = -27 ppm/℃)をもつこと から,移動体通信端末内の周波数フィルタとし て産業応用されている.しかし、AIN FBAR は フィルタの帯域幅を決定する電気機械結合係 数 k² が約6%程度と小さい.

2018 年, S.Manna らは AlN 膜に Cr をドー プすると, 圧電定数 d_{33} が向上することを報告 した[1].ただし, CrAlN FBAR の GHz 帯の k^2 及び縦波速度といった圧電特性は報告されて いない.

そこで本研究では、c 軸配向 Cr ドープ AlN 膜を RF マグネトロンスパッタ法で作製した. 薄膜の結晶配向性は X 線回折法を用いて評価 した. CrAIN 膜の k_i^2 は CrAIN 膜バルク音響共 振子の変換損失周波数特性から推定し、CrAIN 薄膜の k_i^2 と Cr 濃度の関係を調査した.

2. 実験結果

粒スパッタ成膜法によって Cr ドープ AIN 薄膜を作製した. EPMA による濃度測定の結果 から、Cr 粒量を調整することで薄膜中の Cr 濃 度制御が可能であることを確認した.

X 線回折法を用いて薄膜の結晶配向性を評価した(Fig. 1(a)). すべての試料で,36°付近の(0002) AlN ピークが観察され, c 軸配向薄膜が形成されていることが確認された.また,Cr 濃度の増加に伴い,ピークが低角側にシフトし, 16%を超えると再び高角側に戻る現象がみられた.これは, k^2 が増幅したScドープの場合 と同様の傾向である.40°付近のピークはCrド ープした膜のみに現れていることから,薄膜中の(111) CrN 粒によるものと考えられる.c 軸 長さ $d_{(0001)}$ (Fig. 1(b))については,Cr濃度x < 0.04のCr_xAl_{1-x}N薄膜で濃度増加に伴い $d_{(0001)}$ の 増加することを確認した.一方,Cr濃度x > 0.06では.濃度増加に伴い $d_{(0001)}$ の減少を確認した.

電気機械結合係数 k_i^2 は、ネットワークアナラ イザで測定した HBAR の変換損失と、Mason 等 価回路モデルで計算した理論値を比較するこ とで推定した. Fig. 2 に CrAIN 膜の Cr 濃度に対 する電気機械結合係数 k_i^2 を示す. Fig. 2 より、 高配向な試料 (●プロット、FWHM <3°) につい て、Cr_{0.01}Al_{0.99}N 膜の k_i^2 (5.48%) は純 AIN 膜の k_i^2 (4.37%) の約 1.2 倍であった. 一方、Cr 濃度 x=0.04 以降は、Cr 濃度の増加とともに k_i^2 は減 少した. さらに, x=0.10 以降ではバルク波の励 起は観察されなかった. これは薄膜が AlN の絶 縁性から Cr ドープにより導電性へと変化した ことに起因する.







Fig. 2 Relationships between the electromechanical coupling coefficient k_t^2 and Cr conc. x in $Cr_{0\le x\le 0.21}Al_{1-x}N$ films.

1. S. Manna, et al.: Phys. Rev. Applied., 9, (2018) 034026.