

イオンビーム照射成膜による c 軸垂直配向希土類 GaN 薄膜の形成
c-axis normal oriented rare earth GaN thin films grown by ion beam assisted deposition
 名工大 ○鈴木 雅規, 柳谷 隆彦
 Nagoya Inst. Tech., Masashi Suzuki and Takahiko Yanagitani
 E-mail: cir16504@stn.nitech.ac.jp

1. はじめに

GaN は移動通信体用フィルタに使用される薄膜共振子への応用が期待できる。しかし、GaN は電気機械結合係数が小さいため、フィルタの帯域幅が小さいことが問題となっている。一方、GaN に希土類元素 (Sc, Y) を添加すると圧電性が増幅するという予想が第一原理計算によりなされている[1, 2]。しかし、実験的な圧電性の評価はなされていない。

本研究では RF バイアス RF マグネトロンスパッタ法による c 軸垂直配向希土類添加 GaN (ReGaN) 薄膜の形成を試みた。また、その薄膜の結晶配向性、電気機械結合係数 k_t^2 値の評価を行い、GaN の圧電性を増幅する希土類材料の探索を行った。

2. 希土類 GaN 薄膜の作製

RF バイアス RF マグネトロンスパッタ法により ReGaN 薄膜の成膜を行った。成膜中、基板(Ti/SiO₂)に RF バイアスを印加することにより、基板に低エネルギーの正イオンビームが照射し、薄膜の窒化を促した。これにより従来高温下で形成されている GaN 薄膜を室温下でも形成することが可能となる。GaN 成膜条件は、ターゲットに印加する電力 10 W、成膜圧力 0.75 Pa、Ar/N₂=2、ターゲットと基板の距離 24 mm、膜厚 2-5 μ m 程度とし、基板に印加する 60 MHz の RF 電力は 1-5 W とした。ReGaN 薄膜を形成するために、希土類粒を Ga ターゲットの上に配置したターゲットを使用した。添加した希土類元素及び粒量は表 1 に示した。

3. 結晶配向性および圧電性評価

表 1 に ReGaN 薄膜中の希土類元素濃度、結晶配向性、電気機械結合係数 k_t^2 値を示す。純 GaN, Sc, Y, Gd, Dy, Tm, YbGaN 薄膜では、c 軸垂直配向を示すウルツ鉱の (0002) ピークが観測された。これらの ReGaN 薄膜で現れた (0002) ピーク角度は純 GaN 薄膜のものより低角であった。これは希土類元素で Ga を置換することで c 軸長さが伸びていることを示している。また、上部電極/圧電薄膜/下部電極/基板構造の共振子を作製し、共振子の変換損失から薄膜の電気機械結合係数 k_t^2 値を決定した[3]。YGaN と DyGaN 薄膜の k_t^2 値はそれぞれ 0.6 % , 0.8 % となった。純 GaN 薄膜の k_t^2 値 (0.45 %) よりわずかに増幅しているが、明確なものとはいえない。一方で、YbGaN 薄膜の k_t^2 値は 2.0 % となり、純 GaN 薄膜の k_t^2 値と比較すると著しく大きくなっている。このことから、Yb を添加することで、GaN 薄膜の圧電性が増幅することを発見した。

4. まとめ

成膜中の基板への RF バイアス印加により、低エネルギー正イオンビームを薄膜に照射することで、c 軸垂直配向 GaN または希土類 GaN 薄膜が低温下においても形成することができた。また、圧電性を評価したところ、Yb を添加することで GaN 薄膜の圧電性が増幅することを発見した。

- [1] A. Alsaad and A. M. Ahmad, Eur. Phys. Rev. J. B 54 (2006) 151.
- [2] F. Tasnádi, et al., Phys. Rev. Lett. 104 (2010) 137601.
- [3] T. Yanagitani, et al., JAP, 102 (2007), 044115.

Table I The properties of rare earth substituted GaN film

	Ingots (g)	Atomic ratio (%)	(0002) XRD (deg.)	RC FWHM (deg.)	k_t^2 (%)
GaN	0	0	34.62	6.5	0.4
ScGaN	1.5	1	33.95	2.6	0.3
ScGaN	0.5	13	—	—	—
YGaN	0.6	4	34.40	5.1	0.6
YGaN	2.5	10	34.36	7.0	0.6
LaGaN	1.0	8	—	—	—
PrGaN	1.0	14	—	—	—
NdGaN	1.0	10	—	—	—
SmGaN	1.0	24	—	—	—
GdGaN	1.0	8	34.34	14.5	0.0
DyGaN	1.5	14	33.82	7.3	0.8
HoGaN	1.0	6	—	—	—
TmGaN	1.0	9	34.29	7.4	—
YbGaN	1.0	17	34.07	5.5	2.0