

## 希土類を添加した GaN 薄膜の相境界付近における巨大圧電性 Giant piezoelectricity near phase boundary in rare earth doped GaN thin films

名工大 ○鈴木 雅視, 伊藤 一也, 柳谷 隆彦

Nagoya Inst. Tech.<sup>1</sup>, ○Masashi Suzuki<sup>1</sup>, Kazuya Ito<sup>1</sup>, and Takahiko Yanagitani<sup>1</sup>

E-mail: cir16504@stn.nitech.ac.jp

### 1. はじめに

GaN などの III 族系窒化物は、発光ダイオードやトランジスタに応用されている。GaN と AlGaN ヘテロ接合電界効果トランジスタ (HFET) では圧電性により 2 次元電子ガスの密度が高くなり、性能が向上することが知られている。近年、GaN に Sc を添加すると圧電性が上昇するという予想が第一原理計算によりなされている[1]。

本研究では粒スパッタ法を用いて、希土類添加 GaN 薄膜を作製し、薄膜の電気機械結合係数  $k_t$  値を測定した。

### 2. 試料の作製

添加する材料の粒を Ga ターゲットの上に置きスパッタ成膜を行った。Ga ターゲットは、Ga 粒を Cu 皿上に均等に並べ、1 Pa の窒素雰囲気中で真空溶解することで作製した。添加した希土類材料は Y, Dy, Yb であり、粒の重さを 0.02-0.03 g のものを選別した。基板には、石英基板上に下部電極として Ti (100-120 nm, ロッキングカーブ(R.C.)半値幅 2.5° - 3.0° 程度)をスパッタ成膜したものを使用した。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/N<sub>2</sub> = 2, ターゲットと基板の距離 24 mm, 膜厚 2 - 5 μm 程度とした。このままでは金属光沢を持つ導電性膜が形成されるが、基板に 1-5 W, 60 MHz の 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を照射することができる。これにより窒化した絶縁性薄膜が形成される。

X 線回折法によって薄膜の結晶配向性を評価し、すべての試料においてウルツ鉱の (0002) ピークが観測されたことから、c 軸が基板に対して垂直に配向していることが確認されている。

### 3. 圧電特性

希土類添加 GaN 薄膜の  $k_t$  値を評価するため、試料上に Cu (80-110 nm) の上部電極を蒸着し、上部電極/圧電薄膜/下部電極/基板構造の共振子を作製した。共振子の変換損失をネットワークアナライザを用いて測定し、Mason の等価回路モデルにより計算した理論曲線と実測曲線を比較することで電気機械結合係数  $k_t$  値を決

定した。表 1 に示すように、YGaN, DyGaN 膜では圧電性( $k_t$  値)が多少上昇したが明確なものとはいえない、それに対して Yb の添加では明らかに  $k_t$  値が増加していることがわかる。

図 1 に成膜時の Yb 量に対する薄膜の  $k_t$  値を示す。Yb の添加量の増加に伴い、 $k_t$  値も増大し、1.2 g 添加した試料において  $k_t$  値は 0.18 と純 GaN 薄膜の約 2.5 倍を示した。しかし、1.5 g を添加した試料では  $k_t$  値の測定が出来ない微弱の音波が観測され、2.0g を添加した試料では音波の励振がまったく確認されなかった。これらの結果から Yb を 1.5-2.0 g 添加した試料ではおそらく六方晶から立方晶への相転移し、圧電性が消失してしまったのに対して、Yb を 1.2 g 添加した GaN 薄膜は相境界付近となり圧電性が増加したと考えられる。

表 1 各試料の電気機械結合係数

	GaN	Y <sub>0.10</sub> Ga <sub>0.90</sub> N	Dy <sub>0.14</sub> Ga <sub>0.86</sub> N	Yb <sub>0.17</sub> Ga <sub>0.83</sub> N
粒	なし	Y(2.5g)	Dy(1.5g)	Yb(1.0g)
膜厚 (μm)	2.5	1.65	2.7	5.2
$k_t$ 値	0.07	0.08	0.09	0.14
R. C. 半値幅	6.5°	7.0°	7.3°	5.5°
c 軸長さ (nm)	0.518	0.521	0.531	0.527

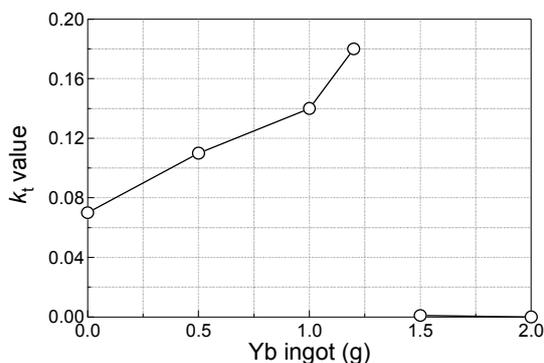


図 1 成膜時の Yb 量に対する膜の  $k_t$  値

### 4. まとめ

粒スパッタ法を用いて希土類を添加した GaN 薄膜を作製し、圧電性の評価を行った。相境界付近まで Yb が添加せられた GaN 薄膜において電気機械結合係数  $k_t$  値は純 GaN の約 2.5 倍の 0.18 を示した。

[1] A. Alsaad and A.M., Ahmad, Eur. Phys. Rev J. B 54 (2006) 151.