

Si 添加ホモエピタキシャル AlN 薄膜の極低温下フォトルミネッセンス測定

Si-doped homoepitaxial AlN films studied by
low-temperature photoluminescence spectroscopy京大院工¹, 旭化成² ○石井良太¹, 吉川 陽², 小林 敬嗣², 船戸 充¹, 川上養一¹Kyoto Univ.¹, Asahi Kasei corp.² R. Ishii¹, A. Yoshikawa², H. Kobayashi², M. Funato¹, and Y. Kawakami¹

E-mail: ryota.ishii@optomater.kuee.kyoto-u.ac.jp

初期の AlN の電気伝導評価において, Si ドナーの束縛エネルギーは 250 meV と見積もられている [1]. この束縛エネルギーは束縛励起子の分光評価によっても見積もることができる. すなわち多くの半導体において, 中性ドナー束縛励起子エネルギーはドナー束縛エネルギーの 0.1 ~ 0.2 倍となることが知られている [2]. これまでに, AlN の中性 Si ドナー束縛励起子エネルギーは 28.5 meV と見積もられており [3], 束縛励起子の分光評価からも非常に大きな Si ドナー束縛エネルギー (140 meV 以上) が帰結されている. しかしながら参考文献 [3] では, 巨大であることが明らかとなっている電子正孔交換相互作用 [4] が考慮されていない. そこで本研究では, 電子正孔交換相互作用を考慮して AlN の束縛励起子構造を調べた.

測定試料には, 旭化成株式会社により作製された AlN 基板上 Si 添加ホモエピタキシャル薄膜を用いた. 図 1(a) に, ArF エキシマレーザで励起したときの弱励起条件下・11 K における AlN 薄膜の PL スペクトルを示す. Si 添加量の増大とともに 6.0110 eV ピークの発光強度が増大しており, 中性 Si ドナー束縛励起子発光と帰属させることができる. 正の電子正孔交換相互作用定数を考慮すると [4], 6.0263 eV のピークは自由励起子発光に帰属するため, これらのエネルギー差である 15.3 meV を AlN の中性 Si ドナー束縛励起子エネルギーと見積もった. また図 1(b) に示す 2 電子遷移発光 (TES) より, Si ドナーの束縛エネルギーを 64.8 meV と見積もった. 我々の分光学的見積もりによるこの浅い Si ドナー束縛エネルギーは最近の電気伝導評価結果 [5] と極めて良い一致を示し, AlN:Si による n 型ドーピングは本来素性が良いことを示す結果であると言える. 当日は, 有効質量近似計算結果や水素分子・水素化物イオンの観点から, 得られた実験結果について議論する.

[1] 例えば Taniyasu *et al.*, APL **85**, 4672 (2004), Collazo *et al.*, pss (c) **8**, 2031 (2011). など[2] 例えば Klingshirn *et al.*, “Semiconductor Optics” Second Edition (2004).

(この経験則は Haynes' rule と記されているが, Haynes の原著で示されているルールとは少し異なる)

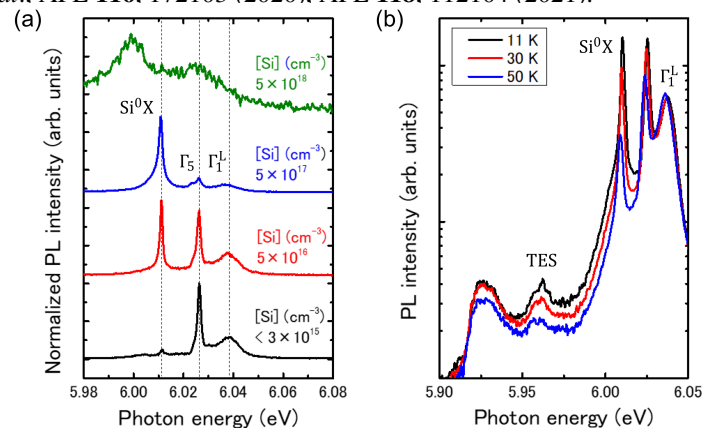
[3] Neuschl *et al.*, pss (b) **249**, 511 (2012). [4] Ishii *et al.*, PRB **87**, 161204R (2013), PRB **102**, 155202 (2020).[5] Breckenridge *et al.*, APL **116**, 172103 (2020), APL **118**, 112104 (2021).

Fig. 1. (a) PL spectra of AlN films at 11 K. (b) Temperature dependent PL spectra of a sample with a Si concentration of $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. The spectra are normalized by the intensity of Γ_1^L .