

GaN バイポーラ素子の電流/電圧特性シミュレーション向け実効アクセプタ準位の提案

Proposal of Effective Acceptor Levels for Simulating I/V Characteristics of GaN Bipolar Devices

日立¹, 日立電線², 法政大³

*現ノートルダム大

○望月 和浩¹, 三島 友義², 石田 祐也³, 畠山 義智³, 野本 一貴^{3*}, 金田 直樹²,土屋 忠蔵², 寺野 昭久¹, 土屋 朋信¹, 内山 博幸¹, 田中 滋久¹, 中村 徹³Hitachi, Ltd.,¹ Hitachi Cable, Ltd.,² Hosei Univ.³

*Present address: Univ. of Notre Dame

○K. Mochizuki,¹ T. Mishima,² Y. Ishida,³ Y. Hatakeyama,³ K. Nomoto,³ N. Kaneda,²T. Tsuchiya,² A. Terano,¹ T. Tsuchiya,¹ H. Uchiyama,¹ S. Tanaka,¹ and T. Nakamura³

はじめに n^+ 型 GaN 自立基板上 n 型 GaN(厚さ $10 \mu\text{m}$, Si 濃度: $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$)/ p^+ 型 GaN(厚さ $0.5 \mu\text{m}$, Mg 濃度(N_{Mg}): $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)エピタキシャル成長層を用いた評価(エレクトロ・ルミネセンス[1]ならびに電流/電圧特性[2])は, 外因性フォトン・リサイクリング[3]がドナー-アクセプタ発光に起因して水平距離 $10 \mu\text{m}$ に亘って起こり, 300K における Mg アクセプタのイオン化率 R が熱平衡値(15%)から 25-30%まで増加することを示唆している。ところが, 上記ダイオードの電流/電圧特性をシミュレーションする際, Mg アクセプタを密度が RN_{Mg} である浅い準位に置き換えると[図 1 (a)], シートアクセプタ密度が n 型 GaN のシートドナー密度を下回り, p^+ 型 GaN のパンチスルーがダイオード耐圧を律速してしまう問題(i)があった。また, バイポーラ・トランジスタのコレクタ電流/コレクタ-エミッタ電圧特性には, Early 効果[4]の現れる問題(ii)があった。

検討 Mg 濃度は N_{Mg} のまま, アクセプタ準位に外因性フォトン・リサイクリングによる R 増効果を反映させた実効値 $E_a^{300\text{K}}$ [図 1 (b)]を用いたところ, 上述の問題(i)(ii)を回避したデバイス・シミュレーションが可能となった。

考察 アクセプタ準位が同様に深い 4H-SiC: Al をベースに用いたバイポーラ・トランジスタと比較した場合[5], Mg を不活性化する水素をメサ側面から抜く手法が見出されたことから[6], アクセプタの活性化率に差はなくなった。GaN はキャリアの拡散長は短いものの, R を高くできるため, 伝導度変調による低オン抵抗化の点で, $600\text{-}1700 \text{V}$ 耐圧では 4H-SiC よりも有利と考える。

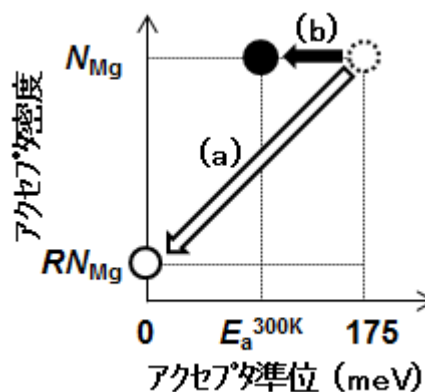


図 1. 等価的浅いアクセプタ準位と実効アクセプタ準位 $E_a^{300\text{K}}$ の比較

[1] 石田 他, 2012 秋季応用物理学会 12p-F2-15 ; Y. Ishida et al., IWN 2012, TuP-ED-16.

[2] K. Mochizuki et al., IWN 2012, TuP-LN-11.

[3] K. Mochizuki et al., IEDM 2011, 26.3.1-26.3.4 ; K. Mochizuki et al., IWN 2012, TuP-ED-17.

[4] J. M. Early, Proc. IRE 40 (1952) 1401-1406.

[5] 望月 他, 第 21 回 SiC 及び関連ワイドギャップ半導体研究会 (2012) P-99.

[6] Y. Kuwano et al., IWN 2012, ThP-OD-10.