GaN/AIN 共鳴トンネルダイオードで生じる双安定性の劣化メカニズム

Degradation Mechanism of Bistability Characteristics of GaN/AlN Resonant Tunneling Diodes

産業技術総合研究所 [○]永瀬 成範, 高橋 言緒, 清水 三聡

AIST, °Masanori Nagase, Tokio Takahashi, Mitsuaki Shimizu

E-mail: m-nagase@aist.go.jp

【はじめに】我々は、GaN 系材料の優れた材料特性を用いることで、共鳴トンネルダイオード(RTD)の高性能化を目指している。これまで、RTD 構造及び MOVPE 成長条件の最適化により、高品質な GaN 系 RTD の作製に成功し[1]、また、これまで未解明であった GaN 系 RTD で生じる双安定性が、量子井戸でのサブバンド間遷移と電子蓄積効果に起因することを明らかにした[2]。これにより、GaN 系 RTD の不揮発性メモリへの応用も示された。しかし、GaN 系 RTD で生じる双安定性は、わずかな回数の繰り返し測定によって劣化する。今回、我々は、GaN 系 RTD の電流電圧特性の温度依存性を調べることで、GaN 系 RTD で生じる双安定性の劣化が、バリア層での欠陥準位に起因していることを明らかにしたので報告する。

【作製】 図 1(a)は、MOVPE を用いて作製した GaN/AIN 系 RTD を示している。サファイア(0001) 基板上に、u-GaN バッファ層(1 μ m)を形成した後、 GaN/AIN 系 RTD 構造を成長した。その後、ECR エッチングと EB 蒸着を用いて、Cr/Au のオーミック電極を作製した。上部及び下部電極のサイズは、 $75\times75~\mu$ m² 及び $800\times800~\mu$ m² とした。また、図 1(b)は、その断面 STEM 像を示している。結晶欠陥と、それに伴うヘテロ界面の歪みが観測されたが、ほぼ設計通りの膜厚の GaN/AIN 二重障壁構造が形成していることを確認した。

【評価と考察】図2は、低温プローバ装置を用いて、50~300Kの温度範囲で測定した電流電圧特性を示している。各温度で、矢印で示すような順序で、10回の繰り返し測定を行うことで、双安定性の劣化メカニズムを調べた。図2に示すように、150K以下の低温では、明瞭な双安定性を観測できるが、250K以上の高温では、繰り返し測定とともに、ピーク電流(Ipeak)やピーク電圧(Vpeak)がばらつき、双安定性が劣化していくことがわかった。また、この高温での双安定性の劣化は、量子井戸に蓄積した電子のエネルギーの熱揺らぎとバリア層での欠陥準位に起因していることがわかった。

図 3 は、GaN/AIN 系 RTD のバンド構造、量子準位(E_{RI} , E_{R2})、及び、欠陥準位(E_{DL} , E'_{DL})の計算結果を示している。250K 以上の高温において、高い順方向電圧が印加されると、サブバンド間遷移によって E_{RI} に蓄積した電子(双安定の高抵抗状態を引き起こす電子)が、熱揺らぎの影響を受

けて、E'DL を介して量子井戸外へ放出されることを示している。このような電子放出により、バンド構造が複雑に変化したために、繰り返し測定とともに双安定性が劣化したと考えている。詳細は当日報告する。

- [1] M. Nagase, et al., SSDM, 2013, paper J-6-5.
- [2] M. Nagase, et al., IEEE Trans. Electron Device **61**, 1321 (2014).

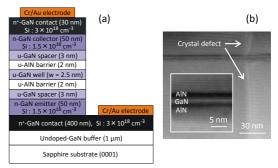


Fig. 1. (a) GaN/AIN RTD and (b) cross-sectional STEM image.

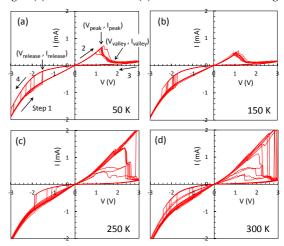


Fig. 2. Temperature dependence of bistabilty characteristics.

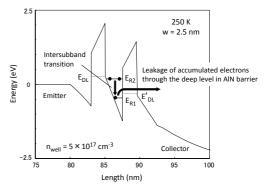


Fig. 3. Degradation mechanism.