不揮発メモリ応用へ向けた GaN/AlN 共鳴トンネルダイオードの双安定性の評価

Evaluation of the Bistability of GaN/AlN Resonant Tunneling Diodes toward Nonvolatile Memory Application

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、高性能な共鳴トンネルダイオード(RTD)の実現を目指している。これまで、長年未解明であった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していることを明らかにした。これより、GaN系RTDの双安定性を用いることで、ピコ秒オーダー動作の高速不揮発メモリを実現できる可能性を示した[1]。また、繰り返し測定とともに生じる双安定性の劣化が、バリア層の深い準位(E'_{DL})を介した電子リークに起因していることを明らかにし、このリークを抑制することで、安定な繰り返し動作を実現できることを示した[2]。今回、我々は、GaN系RTDの不揮発メモリ応用に向けて、双安定性を用いたメモリ書き換え動作とデータ保持特性を評価したので報告する。

【実験】 図1(a)には、本実験に用いたGaN系RTDのデバイス構造を示している。図1(b)に示すように、エミッタ-コレクタ間に順方向電圧(V)を印加し、第2準位(E_{R2})を共鳴トンネルしている電子をサブバンド間遷移させ、量子井戸内に電子を蓄積させることで、メモリの書き込み動作を行った[1]。また、逆方向電圧を印加し、量子井戸内に蓄積された電子を放出することで、メモリの消去動作を行った。この書き込み及び消去動作が起こる電圧値をV_{write}及びV_{erase}として、そのサイクル依存性を繰り返し測定によって調べた。また、量子井戸内への電子閉じ込め効果を調べるために、書き込み動作後に 1 Vを印加した時の電流値をOFF電流として、データ保持特性を調べた。

【結果】 図2は、V_{write}及びV_{erase}のサイクル依存性を示している。V_{erase}にばらつきが見られたものの、再現性良く書き込み及び消去動作を実行できることを確認した。また、図3は、OFF電流の時間依存性を示している。時間経過によっても蓄積電子のリークに伴うOFF電流の上昇は見られず、良好なデータ保持特性を実現できることを確認した。また、追加実験を行った結果、9000 サイクル以上の書き込み及び消去動作と 30 時間以上のデータ保持特性を実現できることも確認した[3]。

今後は、高速不揮発メモリ実現に向けて、更なる安定動作化を検討する予定である。

[1] M. Nagase et al., JJAP **54**, 034201 (2015).
[2] 永瀬ら, 2015 年秋応物, 14p-PB2-17.
[3] M. Nagase et al., JJAP **55**, 100301 (2016).

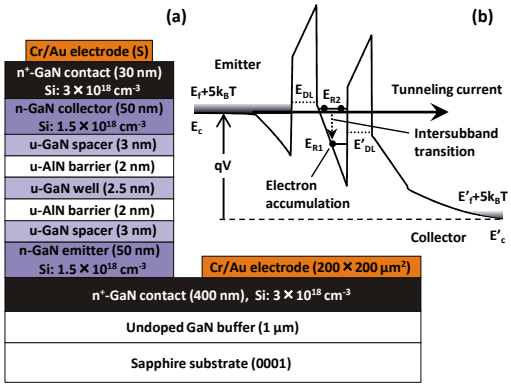

Fig. 1. (a) Device structure and (b) band structure of GaN/AlN RTD.

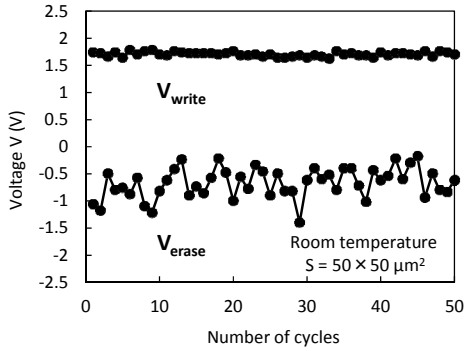

Fig. 2. Dependence of V_{write} and V_{erase} on number of cycles.

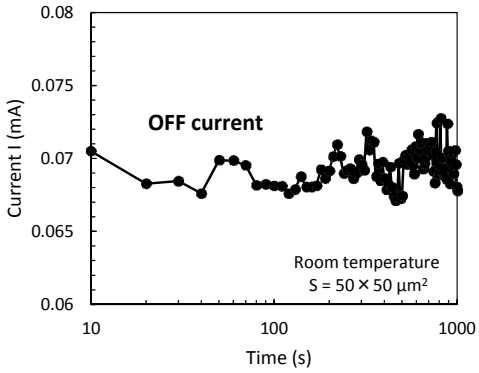

Fig. 3. Time dependence of OFF current.

© 2017年 応用物理学会