窒素イオン注入チャネル層を有するノーマリオフβ-Ga_2O_3 MOS トランジスタ

Normally-off β-Ga_2O_3 MOSFET with a Nitrogen-ion implanted channel layer having a maximum field effect mobility of 52 cm^2/Vs

ノベルクリスタルテクノロジー　○宮本 広信，小石川 結樹，脇本 大樹，佐々木 公平，倉又 朗人
Novel Crystal Technology　°H. Miyamoto, Y. Koishikawa, D. Wakimoto, K. Sasaki, and A. Kuramata
E-mail: h.miyamoto@novelcrystal.co.jp

β-Ga_2O_3 は、4.5 eV と大きなエネルギーバンドギャップを有し、5 MV/cm 以上の高い絶縁破壊電界を有することが予測され、SiC、GaN を凌ぐ電子物性を有するパワーデバイス用半導体材料として注目されている。しかしながら p 型導電層形成技術が未確立であるため、ノーマリオフトランジスタを作製する際には、n 型導電層を空乏化させてノーマリオフ特性を得るリセス構造[1]、Fin 構造[2]がこれまで主に適用されてきた。一方、反転チャネル型 MOS 構造に関しては、深いアクセプタ準位を形成する窒素を含むエピタキシャル層を用いた検討がなされたが、しきい値電圧以下のサブスレシュホールド領域のドレイン電流-電圧特性が報告されるにとどまっている[3]。今回、イオン注入を用いて意図的に窒素をチャネル層にドーピングして作製した MOS トランジスタにおいて高いしきい値電圧+6.2 V と良好な電界効果移動度 52 cm^2/Vs を得たので報告する。

窒素イオン注入チャネル層を有する MOS トランジスタは、n 型β-Ga_2O_3(001)基板上にハライド気相成長（HVPE）法を用いて形成したエピタキシャル層(ドナー濃度 2.0×10^{16} cm^{-3}, 膜厚 12 μm)の全面に窒素のイオン注入(濃度 1×10^{18} cm^{-3}, 深さ 0.8 μm)と熱処理(酸素雰囲気中, 900℃)、ソース、ドレイン領域に Si のイオン注入(濃度 1×10^{19} cm^{-3}, 深さ 0.1 μm)と熱処理(窒素雰囲気中, 900℃)を順次行い、ゲート絶縁膜として原子層堆積法を用いて厚さ 55 nm の Al_2O_3 を成膜、ゲート電極として Ni/Au、ソース電極、ドレイン電極及びウエハ裏面のバックゲート電極として Ti/Au を形成して作製した。作製したトランジスタの断面構造図を Fig.1 に、ドレイン電流-ドレイン電圧特性を Fig.2 に、電界効果移動度-ゲート電圧特性(図中にドレイン電流-ゲート電圧特性)を Fig.3 に示す。ドレイン電流-ゲート電圧特性から求めたしきい値電圧は+6.2 V、電界効果移動度の最大値は 52 cm^2/Vs と良好な値が得られた。今後、深いアクセプタ準位の振る舞いを調べて反転チャネル型 Ga_2O_3 MOS トランジスタとしての検討を更に進める。

本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度 JPJ004596 の支援を受けたものである。

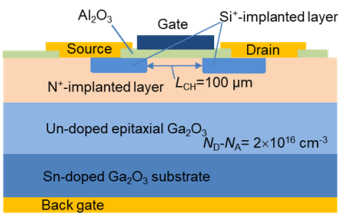

Fig.1. Structure of ion-implanted β-Ga_2O_3 MOSFET.

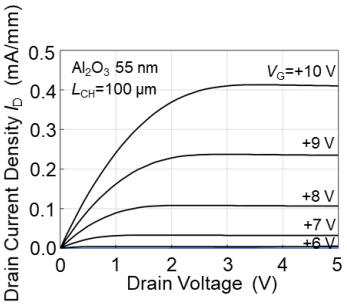

Fig.2. I_D-V_D characteristics.

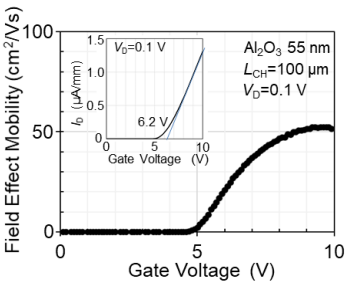

Fig. 3. μ_{FE}-V_G characteristics

[1] K. Chabac et al., IEEE EDL., 39, 67 (2018).
[2] Z. Hu et al., IEEE EDL., 39, 869 (2018).
[3] T. Kamimura et al., IEEE EDL., 40, 1064 (2019).