

層状 BN 剥離層を用いた AlGaIn/GaN HEMT の銅板への転写

Mechanical transfer of AlGaIn/GaN HEMTs to a copper plate using layered BN as a release layer

NTT 物性研 廣木正伸、熊倉一英、小林康之、赤坂哲也、山本秀樹、牧本俊樹

NTT Basic Research Labs., M. Hiroki, K. Kumakura, Y. Kobayashi, T. Akasaka, H. Yamamoto and T. Makimoto

E-mail: hiroki.masanobu@lab.ntt.co.jp

はじめに サファイア基板は、GaN 薄膜の成長に幅広く用いられているが、Si、SiC 基板と比較して高出力 GaN 系電子デバイスの層構造成長用の基板として使用されることは少ない。これは、主に、サファイア基板の熱伝導率が低く自己発熱等により素子特性が劣化するためである。しかし、サファイア基板上に作製した素子を熱伝導率の高い異種基板に転写できれば、基板を再利用できることも相まって、高出力 GaN 系電子デバイスを低コストで作製することが可能となる。このような観点から、我々は、サファイア基板と窒化物半導体成長層との間に、剥離層として機能する層状 BN 層を挿入した剥離・転写技術(MeTRe 法)を提案している[1,2]。今回、MeTRe 法により AlGaIn/GaN HEMT をサファイア基板から熱伝導率の高い銅板に転写し、その特性を評価したので報告する。

転写 HEMT の作製 MOVPE によりサファイア基板上に、層状 BN 層を成長し、その上に $\text{Al}_{0.36}\text{Ga}_{0.74}\text{N}(20\text{ nm})/\text{GaN}(1.5\text{ }\mu\text{m})/\text{AlN}(300\text{ nm})$ 構造を成長した。Hall 効果測定により見積もったシート電子濃度と電子移動度は、それぞれ $1.1 \times 10^{13}\text{ cm}^{-2}$ 、 $700\text{ cm}^2/\text{Vs}$ であった。転写 HEMT の作製は以下の手順で行った。はじめにゲート長 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ 、ゲート幅 $100\text{ }\mu\text{m}$ の HEMT を作製した。ゲート電極は Ni/Au、オーミック電極は 800°C で 30 秒間熱処理した Ti/Al/Ti/Au である。次に、HEMT を BN 剥離層においてサファイア基板から剥離した。剥離した HEMT 裏面および銅板表面に In メッキを施した後に、熱圧着により HEMT を銅板に転写した。Fig. 1 に、転写 HEMT の模式図を示す。

転写 HEMT の特性 Fig. 2 に、サファイア基板から剥離する前と銅板に転写した後の HEMT の I_D - V_{DS} 特性と伝達特性を示す。転写の前後において相互コンダクタンスは 80 mS/mm であり変化しなかった。このことから、転写による顕著な電子移動度の低下はないことが分かる。一方、転写後の HEMT ではしきい電圧が剥離前より 1.5 V 負方向にシフトした。また、 $V_{GS} = 2\text{ V}$ におけるドレイン電流が 0.4 から 0.5 A/mm へ増加した。このことは、転写した HEMT のシート電子濃度の増加を示している。これは、基板からの剥離による格子緩和、あるいは GaN バッファ層裏面側のポテンシャル状態の変化によるものと考えられる。

[1] Y. Kobayashi et al., Nature **484** (2012) 223.

[2] T. Makimoto et al., Appl. Phys. Express **5** (2012) 072102.

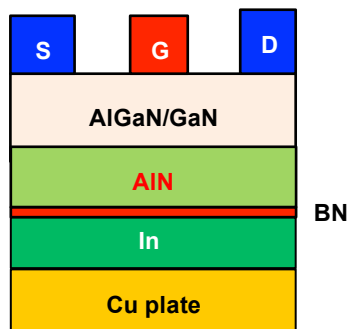


Fig. 1 Schematic view of a transferred HEMT to a copper plate using MeTRe method.

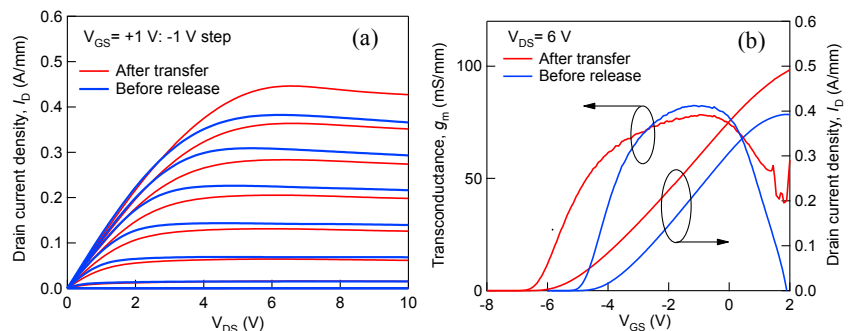


Fig. 2. (a) I_D - V_{DS} characteristics and (b) transfer characteristics of AlGaIn/GaN HEMT before release from a sapphire substrate and after transfer to a copper plate.