

層状 BN 剥離層を用いた銅板転写 AlGaIn/GaN HEMT の放熱性評価

Investigation of heat dissipation in AlGaIn/GaN HEMTs transferred to a copper plate using layered BN release layer

NTT 物性研 廣木正伸、熊倉一英、山本秀樹

NTT Basic Research Labs., M. Hiroki, K. Kumakura, H. Yamamoto

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

はじめに 窒化物半導体電子デバイスの高出力動作のためには、自己発熱による素子特性劣化の抑制が必要である。この抑制策の一つとして、素子を熱伝導性の高い基板へ転写することが考えられる。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)[1,2]を用いて、AlGaIn/GaN HEMT をサファイア基板から熱伝導率の高い銅板へ転写し、自己発熱効果の抑制による DC 特性の向上を確認した[3]。今回、銅板転写 HEMT の放熱性評価を行ったので報告する。

実験 サファイア基板上および銅板上へ転写した HEMT の 2 試料を作製した。銅板へ転写した HEMT の断面模式図を Fig. 1 に示す。HEMT のドレイン電流を、窒素雰囲気中で室温から 200°C まで測定した。また、室温において、ドレイン電圧 20 V までの飽和ドレイン電流を測定した。ドレイン電圧依存性および環境温度依存性において、ドレイン電流が等しい時にチャネル温度が等しいと仮定して熱抵抗を見積もった[4]。

結果 Fig. 2(a), (b)に、サファイア基板上 HEMT および銅板上へ転写した HEMT のドレイン電流の環境温度依存性(下軸)およびドレイン電圧依存性(上軸)の結果を示す。いずれの測定においても、ドレイン電流は線形に減少した。環境温度の上昇によるドレイン電流の減少率は、基板によらず一定であるため、環境温度の上昇によるドレイン電流の減少の傾きは、1.4-1.5 °C·mm/mA と 2 試料で同等であった。一方、ドレイン電圧の増加に伴う電流の減少は、銅板上 HEMT の方が少なかった。これは、前回報告のように、銅板転写による放熱性の向上によるものである[3]。ドレイン電圧 20 V 印加時のチャネル温度は、温度依存性との対応関係から、サファイア基板上および銅板上 HEMT でそれぞれ 160°C、60°C 程度であった。また、熱抵抗は、サファイア基板上および銅板上 HEMT でそれぞれ 26.6、6.7 °C·mm/W と見積もられた。このように、銅板へ転写することで、大幅に放熱性を改善することができた。放熱性が改善された銅板上の方でも、現状では、銅板と GaN 薄膜の界面が熱抵抗として作用していると考えられる。例えば、熱融着のため電気メッキした In を高熱伝導材料に変えるなど、転写手法を最適化することでさらなる放熱性の向上が期待できる。

[1] Y. Kobayashi et al., Nature **484** (2012) 223. [2] T. Makimoto et al., Appl. Phys. Express **5** (2012) 072102. [3] 廣木正伸等 2014 応物春 19a-D8-13. [4] R. Gaska et al., IEEE Electron. Device Lett. **19** (1998) 89.

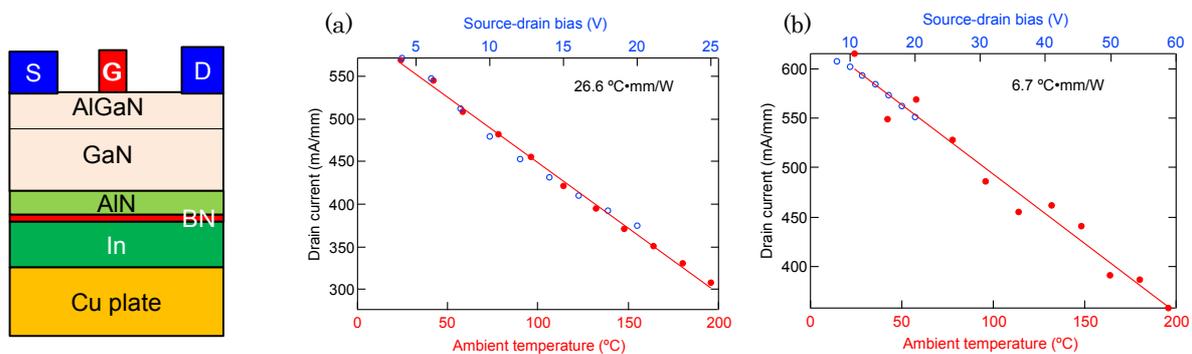


Fig. 1 Schematic cross-sectional view of an AlGaIn/GaN HEMT transferred to a copper plate.

Fig. 2 Drain current as a function of source-drain bias (open circles) and ambient temperature (closed circles) for AlGaIn/GaN HEMTs on a sapphire substrate (a) and transferred to a copper plate (b).