

# Au-Au 熱圧着転写による AlGaN/GaN HEMT の DC 特性の向上

## Improvement of DC characteristics of AlGaN/GaN HEMT by substrate transfer using Au-Au thermocompression bonding

NTT 物性研 廣木正伸、熊倉一英、山本秀樹

NTT Basic Research Labs., M. Hiroki, K. Kumakura, and 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には、自己発熱に起因す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層状 h-BN を挿入する剥離・転写技術(MeTRe 法)[1,2]を開発した。この方法により、AlGaN/GaN HEMT をサファイア基板から熱伝導率の高い銅板へ転写でき、その結果、自己発熱効果が抑制され、DC 特性が向上することを報告してきた[3]。しかしながら、SiC とほぼ同等の熱伝導率を持つ銅板上へ転写しても、熱抵抗は期待していたほど低減せず、SiC 基板上に直接形成した HEMT における熱抵抗の約 3 倍であった。その一因として、圧着金属として、熱伝導率の低い In (~1  $\mu\text{m}$  厚) を使用したことが考えられる。今回、銅板への熱圧着に In を用いず、熱伝導率の高い Au を用いた結果、DC 特性がさらに向上したので報告する。

**HEMT の銅板への転写** h-BN/サファイア基板層上に成長した AlGaN/GaN ヘテロ構造を用いて HEMT を作製した。その後、HEMT を基板から剥離し、Au-Au 熱圧着により銅板上へ転写した(Fig. 1)。Au-Au 熱圧着は、真空中 200°C において数 MPa の圧力を印加することで行った。

**転写 HEMT の特性** Fig. 2 に、サファイア基板から剥離する前と Au-Au 熱圧着により銅板に転写した後の HEMT の  $I_D$ - $V_{DS}$  特性を示す。銅板への転写により、飽和領域でのドレイン電流の低減(負性抵抗)が大きく抑えられた。負性抵抗は、In 熱圧着による転写 HEMT と比較しても小さく、さらに Fig. 3 に見られるように SiC 基板上 HEMT とほぼ同等の DC 特性が得られた。これらの結果は、Au-Au 熱圧着により、転写 HEMT の放熱性が改善したことを示している。

ゲート電圧 2 V における、最大ドレイン電流は、0.72 から 0.91 A/mm へと大幅に増大した。これは、銅板への転写後にヘテロ界面の 2 次元電子ガス(2DEG)濃度が増大したことを示唆している。その要因については現在検討中である。

**結論** Au-Au 熱圧着による AlGaN/GaN HEMT の銅板転写により、DC 特性が大幅に向上した。放熱性の向上に加え、2DEG 濃度の増加が寄与していると考えられる。

[1] Y. Kobayashi et al., Nature **484** (2012) 223. [2] T. Makimoto et al., Appl. Phys. Express **5** (2012) 072102. [3] M. Hiroki et al., Appl. Phys. Lett. 1050(2014) 193509.

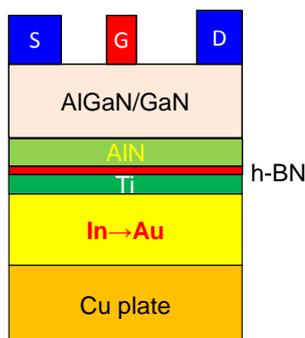


Fig. 1 Schematic cross-sectional view of a transferred HEMT using Au-Au bonding.

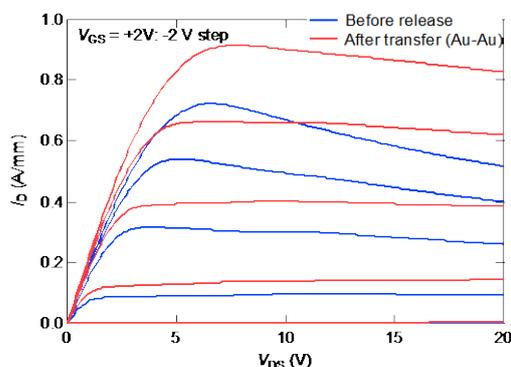


Fig. 2  $I_D$ - $V_{DS}$  characteristics of an AlGaN/GaN HEMT before release and after transfer.

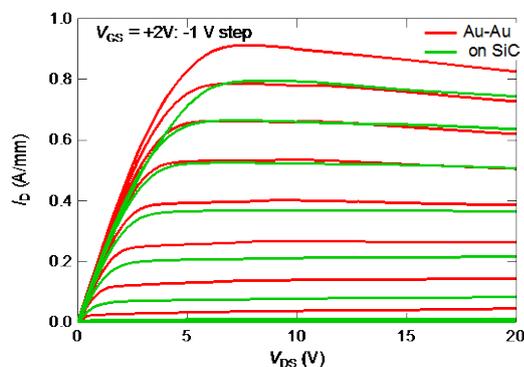


Fig. 3  $I_D$ - $V_{DS}$  characteristics of an AlGaN/GaN HEMT on SiC substrate and a transferred HEMT using Au-Au bonding.