

転写 AlGaIn/GaN HEMT の熱抵抗における転写基板の熱伝導率の影響

Influence of thermal conductivity of transfer substrate on thermal resistance of transferred AlGaIn/GaN HEMTs

NTT 物性研 廣木正伸、熊倉一英

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

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。自己発熱効果の抑制には、基板の熱伝導率が高いことが好ましい。一方、基板の熱伝導率が高くなると、デバイス全体の放熱特性における成長層の熱伝導率の影響が無視できなくなる。基板の熱伝導率と HEMT の熱抵抗の関係を知ることは、HEMT の熱設計に有用である。しかし、成長基板によりバッファ層構造が異なるため、これまで実験的にその影響を調べることは難しかった。今回、我々の提案した h-BN による AlGaIn/GaN HEMT の基板転写技術[1, 2]を用い、同じ層構造を有する AlGaIn/GaN HEMT を様々な基板へ転写し、HEMT の熱抵抗における基板の熱伝導率の影響を調べた。

実験方法 h-BN/サファイア基板上に成長した AlGaIn/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。転写に用いた基板は、サファイア(40)、シリコン(170)、炭化ケイ素(370)、銅(400)、ダイヤモンド(2000)である。[()内は熱伝導率で単位は W/mK。]動作中の HEMT のチャネル温度は顕微ラマン分光測定での A_1 モードのピーク位置のシフトから見積もった。

結果 Fig. 1 に出力と温度の関係を示す。どの基板上に転写した HEMT においても、出力増加に伴い温度が上昇した。また、基板の熱伝導率が高いほど、温度の上昇は抑えられていることがわかる。この傾きから HEMT の熱抵抗を見積もり、基板の熱抵抗率(熱伝導率の逆数)に対してプロットした(Fig. 2)。HEMT の熱抵抗は基板の熱抵抗率に線形で増加した。線形的に外挿した結果、基板の熱抵抗率が 0 での HEMT の熱抵抗は約 4 mmK/W であった。これは、基板以外の成長層および Au-Au 圧着層によるものと考えられる。Au-Au 圧着層の熱抵抗は小さく無視できると仮定し、円筒熱源モデルから計算すると、成長層の熱伝導率は 50 W/m K となる。これは予想される値よりも小さく、結晶欠陥などの影響で成長層の熱伝導率が低下したことが考えられる。高熱伝導率基板上において HEMT の高放熱性を得るためには、GaN を含めた成長層の構造や高品質化が重要であると考えられる。

[1] M. Hiroki et al., Appl. Phys. Lett. **1050** (2014) 193509. [2] 廣木正伸等 2016 応物秋 15p-4C-11.

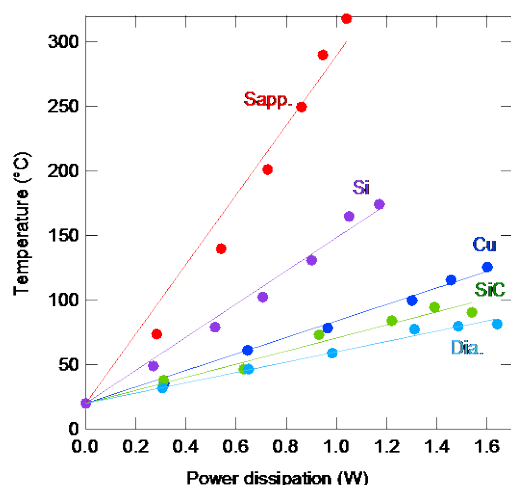


Fig. 1. Device temperatures as a function of power dissipation in AlGaIn/GaN HEMTs transferred to sapphire, Si, Cu, SiC and diamond substrates.

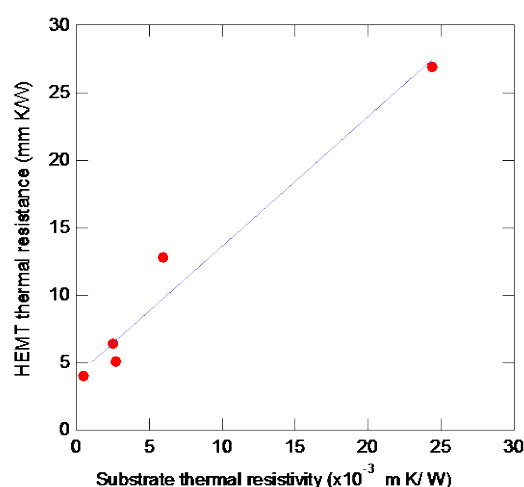


Fig. 2. Thermal resistance of transferred HEMT as a function of thermal resistivity of substrates.