

世界初、単結晶ダイヤモンド基板を用いたマルチセル構造の GaN-HEMT を開発

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は、三菱電機（株）、産業技術総合研究所と共同で、放熱基板として高い熱伝導率を持つ単結晶ダイヤモンドに直接接合することで、高出力・高効率化を実現したマルチセル構造の窒化ガリウム高電子移動度トランジスタ（GaN-HEMT）を世界で初めて開発しました。今回開発した GaN-HEMT を搭載することにより、高周波電力増幅器の出力密度・電力効率が向上し、移動体通信基地局や衛星通信システムなどの低消費電力化に貢献します。

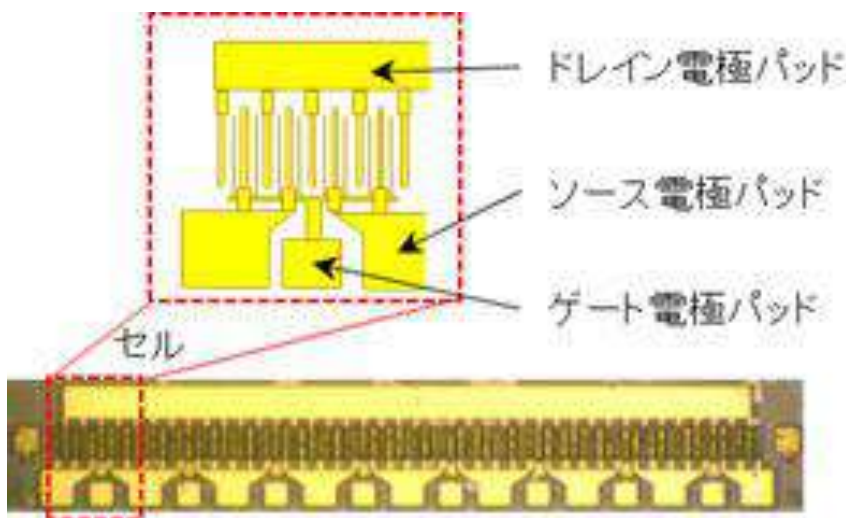


図1 開発した GaN-HEMT（上：セル構造、下：上面写真）

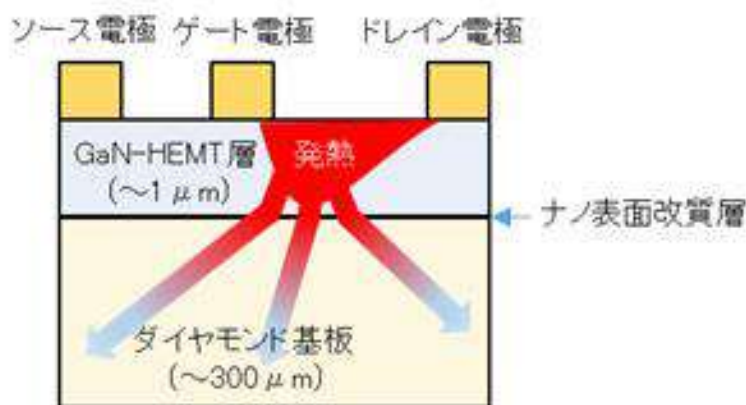


図2 開発した GaN-HEMT の断面構造

今回の成果

(1) 世界で初めて、マルチセル構造の GaN-HEMT を単結晶ダイヤモンド基板へ直接接合

ダイヤモンドを放熱基板に用いた GaN-HEMT は、現在、薄膜化した GaN にダイヤモンドを製膜してウエハーを作製し、トランジスタを作りこむ方法が主流ですが、GaN とダイヤモンドの熱膨張係数が異なるため、製造過程でウエハーが大きく反るという課題があり、サイズが大きいマルチセル構造の GaN-HEMT 作製は困難でした。今回、シリコン基板を用いて作製したマルチセル構造の GaN-HEMT からシリコン基板を除去し、GaN-HEMT の裏面を研磨して薄く平坦に加工した後で、ナノ表面改質層を介した直接接合法によってダイヤモンド基板と接合しました。今回は、8つのトランジスタセルを並列に組み合わせ合わせたマルチセル構造を採用しました。放熱性の高い単結晶ダイヤモンドを放熱基板に用いて、マルチセル構造の GaN-HEMT を作製したことは、世界初です。

(2) GaN-HEMT の出力密度・電力効率が向上し、低消費電力化に貢献

GaN-HEMT 内で発生する局所的発熱密度は、 $100\text{MW}/\text{m}^2$ にも達するため、高温化による性能や信頼性の低下を抑制するには GaN-HEMT からの放熱が重要となります。そこで、GaN-HEMT の基板として、従来の SiC (シリコンカーバイド) 基板 (熱伝導率 $370\sim 490\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$) やシリコン基板 (熱伝導率約 $150\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$) に代えて、自然界で最高の熱伝導率を持つダイヤモンドを用いた構造が開発されています。今回、単結晶ダイヤモンド (熱伝導率約 $1900\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$) を基板に用いて放熱性を高め、GaN-HEMT の高温化による性能や信頼性の低下を抑制することに成功しました。これにより、シリコン基板を放熱機材に用いた場合と比較して、GaN-HEMT の最大温度を 211.1°C から 35.7°C に低減でき、トランジスタ当たりの出力が $2.8\text{W}/\text{mm}$ から $3.1\text{W}/\text{mm}$ に増加、電力効率が 55.6% から 65.2% に向上し、移動体通信基地局や衛星通信システムの低消費電力化に大きく貢献します。

日文新聞发布全文 https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101185.html

文：JST 客观日本编辑部翻译整理