

- **世界最高速の窒化ガリウムトランジスタの開発に成功**
- **平成17年4月7日**

独立行政法人 情報通信研究機構(以下NICT。理事長: 長尾 真)は、窒化ガリウム(GaN)トランジスタとして、世界最高速記録にあたる電流利得遮断周波数152 GHz(ギガヘルツ)の性能を有するGaNトランジスタの開発に成功しました。従来、GaNトランジスタは高耐圧、高出カトランジスタとして知られていましたが、この結果はそれらの特性に加えて、ミリ波周波数帯での動作を可能にする高速性を併せ持たせることに成功したものです。これにより50-75 GHz帯の高出カトランジスタの実現と、それに伴う超高速無線通信システムや、高度道路交通システム(ITS)などの様々なミリ波無線システムへの応用が期待されます。

<背景>

情報通信研究機構(NICT)では、ミリ波周波数帯(30-300 GHz、ギガヘルツ)において動作する窒化ガリウム(GaN)トランジスタの研究開発を行っています。一般的にミリ波トランジスタでは、高周波特性を実現するために極微細な構造が必要となります。そして、極微細化はトランジスタの耐圧の減少につながり、高い周波数特性を得ることと引き替えにトランジスタの扱える電力は急速に減少するという問題点があります。そのため従来のシリコン、ガリウム砒素(ひそ)、インジウム燐(りん)などの半導体を材料とするミリ波トランジスタでは、低電圧動作による低出力を余儀なくされていました。トランジスタを高出力化することは、結果として広い周波数帯域における増幅器の実現や、回路構成自体の簡便化による低コスト化を可能にします。これらの理由から、現在、高出力なミリ波トランジスタの開発は、ミリ波帯の超高速無線通信システムを実現、普及する上で重要な技術課題です。また、そのミリ波帯の中でも特に50-75 GHzの周波数帯は、近い将来様々な利用が予定されています。GaNトランジスタは、GaN自身の半導体としての性質から高出力用途に適しており、また、高温や放射線などの過酷な環境に耐える特徴があります。現在GaNトランジスタについては、2 GHz帯の携帯電話基地局などへの応用を目指し、国内外の大学、企業などの多くの研究機関で活発な研究が行われています。しかし、30 GHz以上のミリ波帯での応用を目指した研究開発はほとんど報告されていませんでした。

<今回の成果>

トランジスタの高周波特性を向上させるためには、微細加工により電流をコントロールするゲートの長さを短縮すると同時に、ゲートから電子が走行するチャンネル領域までの距離を短縮することが重要です。しかしGaNトランジスタの場合、チャンネル上に形成され、ゲートとチャンネルの距離を決める障壁層を薄くすると、チャンネルを走行する電子の密度が著しく減少し、素子全体の電気抵抗が上がり、性能が落ちるという問題がありました。

今回、RFプラズマ分子線エピタキシー法による結晶成長技術およびプラズマを用いない低ダメージな表面保護膜形成プロセスの開発により、障壁層を薄くすることによるチャンネル中の電子密度の減少を抑制し、膜厚10 nm(ナノメートル)の極薄障壁層にもかかわらず、低抵抗チャンネルを有するトランジスタ構造の実現に成功しました。そして、これらの結果をふまえて、電子ビーム露光技術によりゲート長60 nmの微細T型ゲートGaNトランジスタを作製し(図1,2)、GaNトランジスタにおける世界最高速動作記録に相当する電流利得遮断周波数152 GHzを記録しました(図3)。これは、2002年に米国イリノイ大のグループが報告したこれまでの最高記録121 GHzを大きく上回るものであります。一般的にトランジスタにおいては、実際に利用する動作周波数で十分な増幅利得を得るためには、その動作周波数の2-3倍の電流利得遮断周波数が必要となります。そのため今回の成果は、50-75 GHz帯における高出カトランジスタが初めて現実のものとなってきたことを意味します。なお本件は、株式会社富士通研究所(代表取締役社長: 村野 和雄)との共同研究の成果です。

<今後>

本成果は、60 GHz帯でのGaNトランジスタの実用化のめどが立ったことを意味し、高速無線LAN、次世代の高度道路交通システム(ITS)、人工衛星の搭載機器用として信頼性の高い無線装置の実現など、様々な高速無線通信分野での応用が期待されます。今後、結晶成長技術、素子構造、作製プロセスの改善により更なる高速、高耐圧、高出力化が可能であると考えられます。なお、本成果の詳細につきましては、Japanese Journal of Applied Physics (Express Letters)に掲載されます。

<問い合わせ先>

情報通信研究機構 総務部 広報室
栗原 則幸、大野 由樹

Tel: 042-327-6923、Fax: 042-327-7587

<研究内容に関する問い合わせ先>

情報通信研究機構 無線通信部門
ミリ波デバイスグループ

東脇 正高

Tel: 042-327-6092、Fax: 042-327-6669

窒化ガリウム

化学式GaNで表される窒素とガリウムからなる化合物半導体。光デバイス用途としては、青色発光ダイオード、青色レーザーダイオードが有名。

ミリ波

波長が10～1 mmの電波。周波数に直した場合、30ギガ～300ギガヘルツに相当。

耐圧

トランジスタにおいて、入力可能な最大の電圧。

チャネル

トランジスタにおいて電子が走行する領域(図1参照)。

RFプラズマ分子線エピタキシー法: 半導体結晶成長技術のひとつ。超高真空下に設置され熱せられた基板上に、原料をるつぼ内にて加熱し蒸発させることで得られる分子線を供給することで半導体結晶薄膜を作製する技術。RFプラズマ分子線エピタキシー法の場合、窒素は窒素ガスをRFプラズマにて分解することで得ている点の特徴。

電子ビーム露光技術

集束された電子線ビームにより極微細パターンの描画を行う技術。

ナノメートル (nm)

長さの単位。1ナノメートルは10億分の1 m(メートル)に相当。

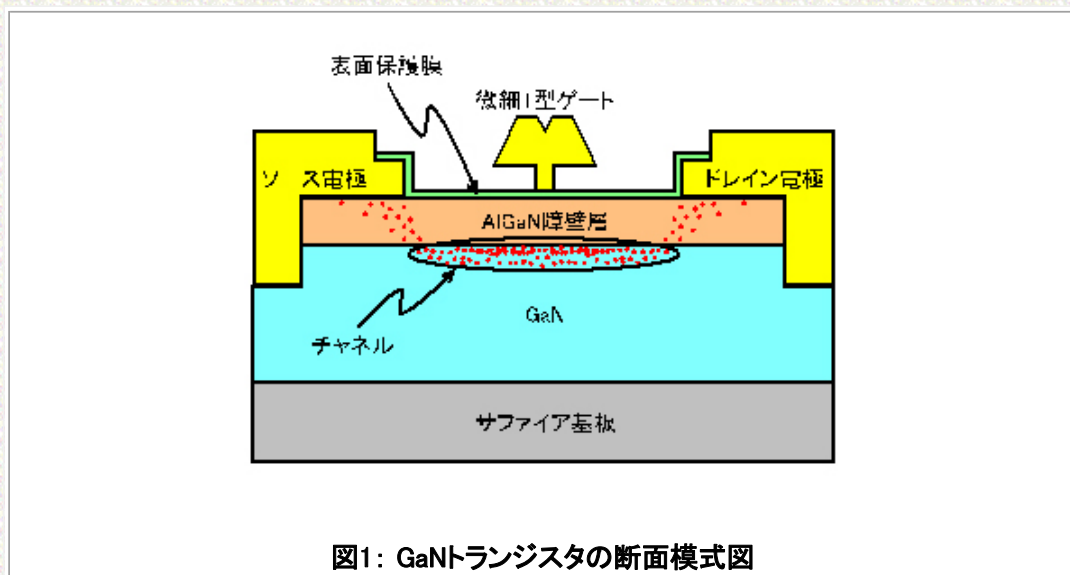
微細T型ゲート

ゲート抵抗を小さく保ち、ゲート長を短縮するためのゲート断面構造。

電流利得遮断周波数

トランジスタの電流増幅動作が可能な周波数の上限。すなわち、電流利得が0になる周波数に当たり、直接測定できない場合は外挿により算出(図3参照)。

補足資料



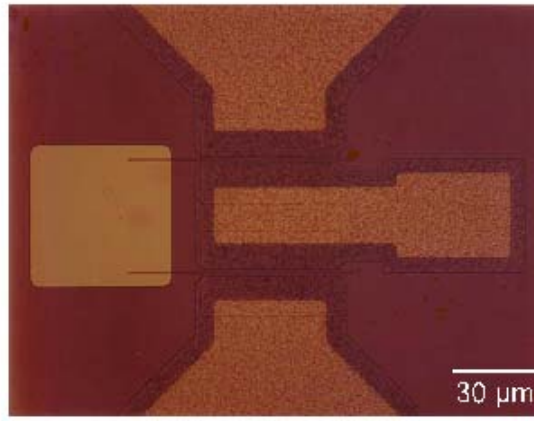


図2: GaNトランジスタの表面光学顕微鏡写真

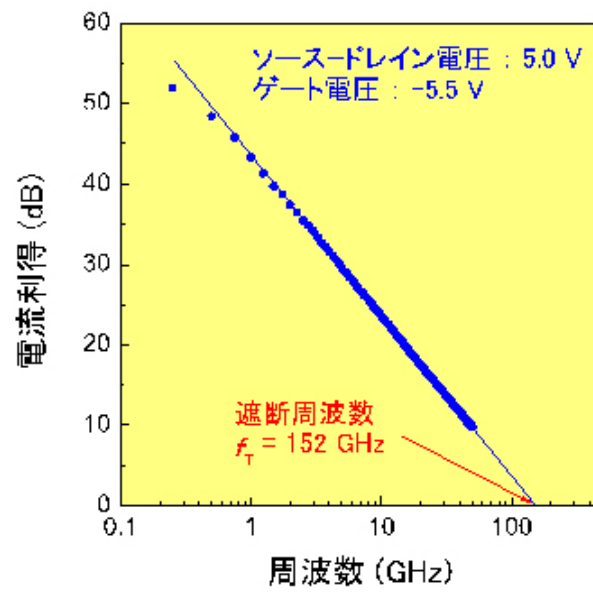


図3: GaNトランジスタの高周波特性