

- HEMT(高電子移動度トランジスタ)の世界最高速記録更新  
—産・学・官の連携による研究の成果—
- 平成13年4月10日

通信総合研究所(理事長:飯田尚志)は、富士通研究所(代表取締役社長:藤崎道雄)、大阪大学大学院基礎工学研究科(総長:岸本忠三)との共同研究により、ミリ波周波数帯全域で実用できるHEMT(高電子移動度トランジスタ)の開発を進めています。

このたび、増幅限界周波数がほぼ400GHzの世界最高速トランジスタの開発に成功し、一年前に達成した362GHzの最高速記録をさらに上回る特性を実現しました。HEMTはミリ波周波数帯の実用化と将来の超高速通信システムの実現には欠くことのできない重要な半導体デバイスです。高い周波数特性を持つHEMTは、増幅器として用いた場合、一段の増幅でより大きな利得と低雑音特性が得られるため、より高い周波数帯のミリ波通信装置の高性能化を可能にします。今後90~96GHz帯ミリ波等の新しい周波数利用技術の開発や、ミリ波を利用した超高速通信システムの実現に向けた技術開発への発展が期待されます。

## <本成果の位置づけ>

ミリ波~サブミリ波の周波数帯は、光とマイクロ波の間に残されたあまり利用の進んでいない電波の周波数帯ですが、近い将来の超高速通信システムの実現には欠くことのできない重要な技術領域です。この周波数帯を有効に利用するため、高い周波数のミリ波で働くトランジスタは重要なキーデバイスですが、実際には技術開発が十分には進んでいませんでした。通信総合研究所では、富士通研究所、大阪大学大学院基礎工学研究科の研究グループと共同し、1998年4月からミリ波よりも高い周波数のサブミリ波で動作するHEMTの開発を目指し、研究開発を進めてきました。

## <本成果の特徴>

HEMTの高周波特性を向上させるためには、二つの方法が考えられます。一つは電子の走行距離、つまりゲート長を短縮することであり、もう一つは、半導体結晶中を走行する電子の速度を増加させることです。昨年の世界記録達成後、この二つの研究方法を並行して進め、このたび、いずれの場合についても増幅限界周波数がほぼ400GHzに達する世界最高速トランジスタを実現することに成功しました。

第一の方法として、半導体材料として従来と同じものを用い、微細ゲートを形成する電子ビーム露光条件を最適化することで、HEMT素子としては世界最小のゲート長25nmの微細T型ゲートを作製し、安定した動作を実現しました。また、第二の方法として、これまでとほぼ等しいゲート長(45nm)ですが、電子が走行する層であるインジウム・ガリウム・ヒ素中のインジウムの割合をこれまでの53%から70%へと大きくし、電子の走行速度(電子移動度)を25%大きくすることに成功しました。その結果、いずれの場合もこれまでの限界を更新し、増幅限界周波数として397(±2)GHzの新しい世界最高速記録を達成できました。

最高速記録は、1998年にNTTから発表されたゲート長30nmでの350GHzから、2000年に我々のグループの362GHz(ゲート長50nm)へと塗り替えられてきましたが、今回、これらを大きく上回る高速特性を実現することができました。

## <今後の発展>

今後は、これらの2つの方法を組み合わせることで、400GHzを大きく越える超高速のHEMTの実現が期待されます。このHEMT技術により、90~110GHz帯の高性能ミリ波装置開発も十分可能となるほか、ミリ波全域の通信装置の高性能化が期待されます。さらに小型軽量で低コスト化が可能な新しいミリ波装置技術の研究開発を進める上で重要な基盤技術となります。また、光とミリ波を結ぶ超高速素子の実現にも展望が得られ、さらに、ミリ波・サブミリ波天文学や地球環境のリモートセンシング分野への技術的波及効果も期待されます。

(問い合わせ先)

- 独立行政法人通信総合研究所ミリ波デバイスグループ長 松井敏明 Tel: 042-327-7527, Fax: 042-327-6669
- 株式会社富士通研究所 フェロー 三村高志 Tel: 0462-50-8830, Fax: 0462-48-5192
- 大阪大学大学院基礎工学研究科教授 冷水佐壽 Tel: 06-6850-6455, Fax: 06-6850-4632

## 【用語解説】

- HEMT(高電子移動度トランジスタ):  
1980年、富士通研究所の三村高志、冷水佐壽(現大阪大学大学院基礎工学研究科教授)らによって開発された超高速トランジスタ。携帯電話やBS、CS等の衛星放送などの受信機等に広く実用化されている。
- 増幅限界周波数:  
トランジスタの増幅動作の周波数の上限。
- マイクロ波:  
波長が10~3cmの電波。(周波数では、30億~100億ヘルツ)、または、波長が10cm以下の電波の総称として用いるときもある。
- ミリ波:  
波長が10~1mmの電波。(周波数では、300億~3000億ヘルツ)
- サブミリ波:  
波長が1~0.1mmの電波。(周波数では、300億~3兆ヘルツ)
- インジウム・リン基板:  
インジウムとリンの化合物半導体。
- インジウム・ガリウム・ヒ素:  
インジウムとガリウムとヒ素の化合物半導体。
- 微細ゲート形成:  
超高速のトランジスタに必要な微細構造ゲートの作製。
- 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。
- 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。

## 【効果】

- 超高速HEMTの利点:ミリ波帯の高い周波数の信号の直接増幅が可能となる。同じ周波数の増幅器の場合、高い周波数特性を持つHEMTは、一段の増幅でより大きな利得と低雑音特性が得られる。このたびのHEMTでは、増幅器一段あたり、100GHzで12dB、60GHzで16dB程度の増幅が可能であり、より高い周波数帯のミリ波送受信装置の構成に有利である。また、高能率の周波数変換素子やミリ波の発振素子として利用でき、ミリ波通信装置の高性能化、小型軽量化、低コスト化技術の開発に有利である。
- 応用の可能性:百数十GHz帯までのミリ波装置の高性能化技術への応用が可能であり、ITS(高度交通システム)や無線LAN、加入者無線システム技術等への利用が期待される。また、電波天文学、環境計測技術、電波センサー等への利用も期待される。また、次世代の超高速通信ネットワーク技術として必要になる、数十Gbps以上の超高速信号の処理装置技術にも応用できる。

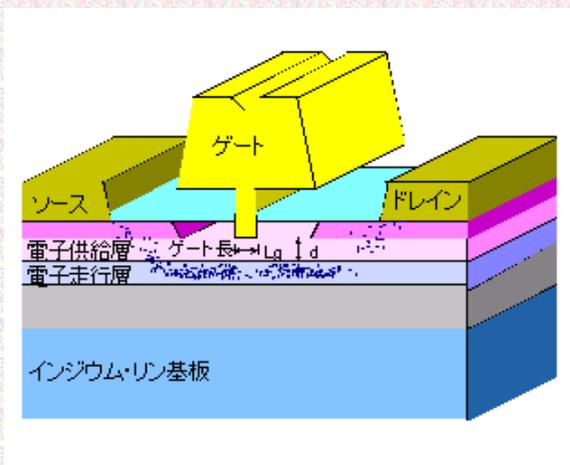


図1:HEMT(高電子移動度トランジスタ)の構造

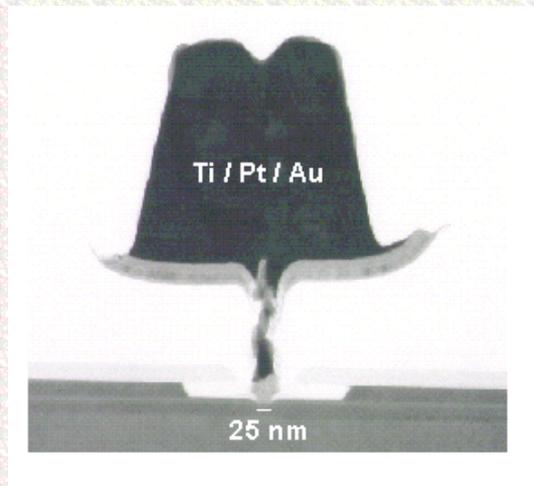


図2:HEMTのT型ゲート断面構造の透過顕微鏡写真

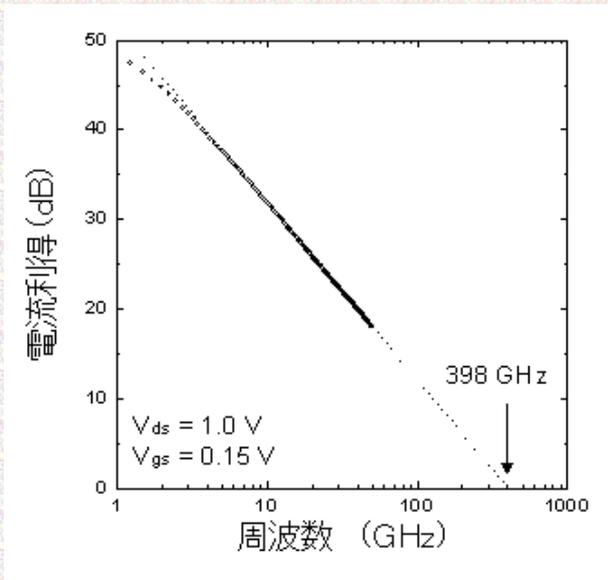


図3:HEMTの電流増幅利得の周波数特性