

● 472GHz世界最高速トランジスタの開発に成功 —ミリ波の実用化に向けたHEMT研究の成果—

● 平成13年10月18日

独立行政法人通信総合研究所(理事長:飯田尚志)は、株式会社富士通研究所(代表取締役社長:藤崎道雄)及び大阪大学大学院基礎工学研究科(総長:岸本忠三)と共同で、増幅限界周波数が472GHzの世界最高速トランジスタ(HEMT:高電子移動度トランジスタ)の開発に成功しました。これは、当研究グループが半年前に達成した400GHzの世界最高速記録を大きく上回るもので、ミリ波通信装置の大幅な高性能化が可能となります。今回の成果により、90~110GHz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、今後、世界を先導していくことが期待されます。

<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、周波数の高いミリ波で性能が発揮できる超高速のトランジスタは重要なキーデバイスです。高い周波数特性を持つトランジスタは、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ほか、より高い周波数変換性能が期待でき、ミリ波通信装置の大幅な高性能化が可能です。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産学官の協力体制により、1998年4月からミリ波よりも周波数の高いサブミリ波で動作するトランジスタ(HEMT:高電子移動度トランジスタ)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、電子の走行距離、つまりゲート長を短縮することが有効です。これまで当研究グループでは、微細ゲートを形成するための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25 nm(ナノメートルは10⁻⁹メートル)の微細T型ゲートを作製し、増幅限界周波数が400 GHzに達する世界最高速のトランジスタを実現しました。しかし、ゲート長がこの程度にまで小さくなってくると、ゲート長とゲートから電子走行層までの距離が同程度になるため、電流を変化させるために印加したゲート電圧が効果的に働きにくくなります。このため、ゲート長短縮に伴う高周波特性の改善はそれほど大きくありませんでした。

本研究では、ゲート長の短縮と同時にゲートから電子走行層までの距離(図1中d)を従来よりも短縮した構造を採用することによって、ゲート長短縮の効果をより有効にしました。さらに、摂氏200度以下の低温プロセスを導入することによって寄生抵抗を小さく抑えました。その結果、ゲート長30 nmのインジウム・リン系HEMTにおいて増幅限界周波数が472 GHzの世界で初めて400 GHzを大きく上回る記録を達成しました。

最高速記録は、1998年にNTTから発表されたゲート長30 nmでの350 GHzから、今年4月に当研究グループの398 GHz(ゲート長25 nm)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、このHEMT技術により、90~110 GHz帯の高性能ミリ波通信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通信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。

【お問い合わせ先】

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

【用語説明】>

- **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10~3 cmの電波。(周波数では、3GHz~10 GHz)、または、波長が10 cm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10~1 mmの電波。(周波数では、30GHz~300GHz)
- **サブミリ波:**
波長が1~0.1 mmの電波。(周波数では、300GHz~3THz)
- **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。
- **インジウム・リン:**
インジウムとリンの化合物半導体。
- **寄生抵抗:**
ソース抵抗やドレイン抵抗など、素子の真性領域以外の抵抗成分(摂氏200度以下の低温プロセスにより、結晶中へのフッ素の侵入が抑制され、電気的特性の劣化が抑えられる。)

【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、100 GHzで14 dB、60 GHzで19 dB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。

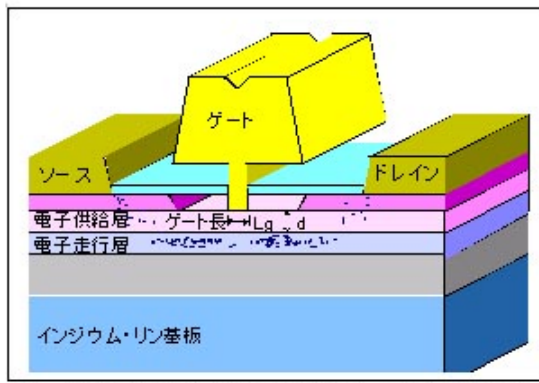


図1：HEMT（高電子移動度トランジスタ）の構造

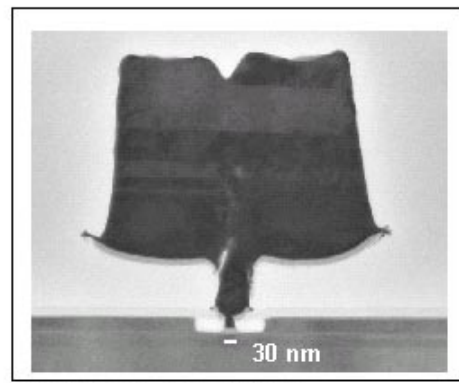


図2：T型ゲートの断面写真

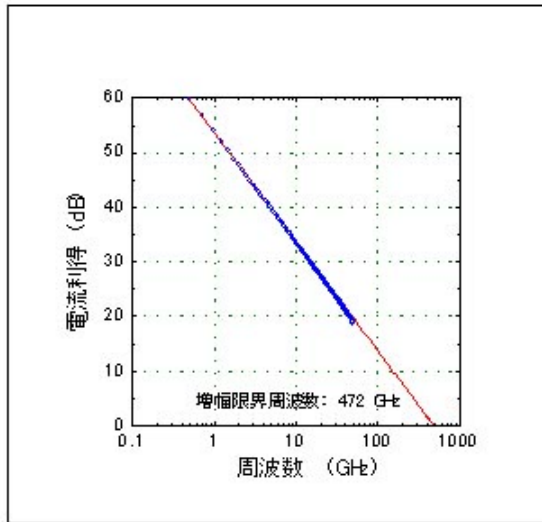


図3：HEMTの電流増幅利得の周波数特性

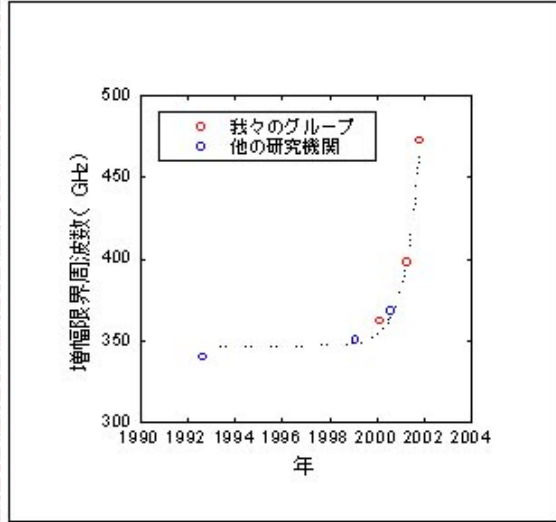


図4：増幅限界周波数の推移