高周波アプリケーション向け HEMT の現状と将来

Current Status and Future of HEMTs for High-speed Applications

富士通研 [1]，富士通 [2]　○高橋剛 [1, 2]，牧山剛三 [1, 2]

Fujitsu Labs. [1], Fujitsu [2], ○Tsuyoshi Takahashi[1,2], Kozo Makiyama[1,2]

E-mail: takahashi.tsuyo@jp.fujitsu.com

1979 年に発明された GaAs HEMT は優れた低雑音特性を持つため、最初の高周波アプリケーションは電波天文であった。25K まで冷却した 23GHz 帯の低雑音増幅器を用いて、未知の星間分子 C_6H の発見につなげた。さらにマイクロ波受信アンテナの小型化に成功し、衛星放送や GPS を爆発的に普及させた実績がある。GaAs HEMT が高性能化したのは、チャネルをより移動度が高い $In_xGa_{1-x}As$（x～0.2）に置き換えた pseudomorphic HEMT (p-HEMT)によるところが大きい。

2000 年代に活発に研究開発され始めた GaN HEMT は、GaAs HEMT を超える電力増幅を実現する固体デバイスとして普及してきた。マイクロ波帯での電力増幅特性に優れるため、携帯基地局やレーダーとしての用途が広がった。近年は 5G などの、ミリ波帯を用いた高速大容量無線通信向けアプリケーションを目指す動きが活発化しており、ミリ波帯で大きな出力を得られる増幅器の開発が進んでいる。今後は 100GHz 超のサブテラヘルツ帯を利用する研究も広がると予想される。また GaN HEMT は高効率の電力変換器としても優れているため、電力用途にも普及が期待されている。

一方、GaAs HEMT を超える高周波特性を持つデバイスとして発展したのが InP HEMT である。1980 年代の初めには、InP 基板に格子整合した $In_{0.52}Al_{0.48}As/In_{0.53}Ga_{0.47}As$ HEMT が登場した。In 組成が高い InGaAs ほど電子飽和速度が高いため、InP HEMT にも pseudomorphic 構造を持つバリエーションが多数存在する。特に優れた高周波特性により、主にミリ波からテラヘルツ波（300GHz～）の増幅に用いられる。最大発振周波数（f_{max}）は 1THz を超えた報告が複数あり、1THz 付近の増幅ではシリコンデバイスの追従を許していない。今後、テラヘルツ帯のアプリケーションを普及させるには、テラヘルツ波を直接増幅できる InP HEMT の役割が注目される。テラヘルツのアプリケーションには、例えば近距離の無線ダウンローダ、イメージング、宇宙空間の無線通信、電波天文などがある。テラヘルツ波は水分に敏感であるため、医療用の細胞診断、気象や農業に関連した水分のリモートセンシング等への応用も期待される。

以上のように、高周波用 HEMT は無線通信をはじめ、多方面のアプリケーションに用途が広がると考えられるため、将来の展開が楽しみである。

謝辞

・本研究の一部は、独立行政法人 情報通信研究機構（NICT）の委託研究「高い臨時設営性を持つ有無線両用通信技術の研究開発」によって行われた。

・本研究の一部は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度の支援を受けたものである。

・本研究の一部は、総務省委託研究「超高周波搬送波による数十ギガビット無線伝送技術の研究開発」の一環として実施した。

© 2018年 応用物理学会