

ミリ波・テラヘルツ波技術の動向と今後の展望

Present and Future of Millimeter- and Terahertz-wave Technologies

永妻 忠夫[†]

Tadao NAGATSUMA[†]

[†] 大阪大学大学院基礎工学研究科 〒560-8531 豊中市待兼山町 1-3

[†] Graduate School of Engineering Science, Osaka University 1-3 Machikaneyama, Toyonaka, 560-8531 Japan

E-mail: [†] nagatsuma@ee.es.osaka-u.ac.jp

Abstract

With steady advance in the operation frequency of electronic devices, together with the combination of contemporary photonic devices such as lasers and detectors, millimeter waves and terahertz waves, whose frequencies range from 30 GHz to 300 GHz, and from 100 GHz to 10 THz, respectively, have started to be utilized in industrial applications such as non-destructive testing, security, communications, etc. This paper overviews the latest trend and prospect of millimeter- and terahertz-wave technologies in terms of enabling devices and system applications.

1. はじめに

1864 年 Maxwell によって存在が予言され、1888 年 Hertz によってその存在が実験的に確認された電磁波は、その後 20 世紀において、通信をはじめ様々な分野に応用され、私たちの生活に無くてはならない存在となった。ミリ波(30GHz~300GHz)ならびにテラヘルツ波(THz 波: 100GHz~10THz)は、100 年余の電磁波開拓の歴史において、今世紀に至るまで利用が進まなかった最後の電磁波領域であるが、近年の半導体エレクトロニクス技術やフォトンクス技術の進歩によって、私たちの生活に中にも浸透しつつある。最近の代表例を挙げるとすれば、76GHz 帯を利用した車載ミリ波レーダであろう。システムとしての高機能化ならびに低コスト化が進み、今後、「カーナビ」並みに普及すると思われる。THz 波の利用においては、コンシューマ向けのプロダクトはもう少し先になるが、分光、イメージングシステムの実用化が進んでいる。

最近発表された市場調査レポートによると、ミリ波システムの市場規模は、2013 年に 1 億 1,600 万ドル、2018 年に 11 億万ドルで、年平均成長率 59%と予測している[1]。一方、THz システムについては、2013 年 5,130 万ドル、2018 年 1 億 9,530 万ドル、2023 年には 9 億 4,200 万ドルを超える規模に達すると予想されている[2]。これらの市場予測では、いずれも通信やコンピュータ市

場での伸びが鍵を握っているようである。

本稿では、技術シーズである部品材料・デバイス技術と、セキュリティや情報通信市場に向けた応用技術の動向について、最近のトピックスの一端を紹介する。

2. 部品材料・デバイス技術の進展

2.1. 電子デバイス技術の進歩

30GHz~80GHz 帯においては、およそ 10 年の時を経て、GaAs あるいは InP を基板とする化合物半導体 HBT/HEMT に代わり、Si-Ge HBT や Si CMOS デバイスが無線通信やレーダ応用において主役の座に着いている。

100GHz を超える周波数領域では、高いチャネル移動度を生かした化合物半導体が、トランジスタのカットオフ周波数ならびに IC の動作周波数において、常に最高記録を塗り替えている。米国ノースロップグラマン社は、2010 年に、ゲート長 30nm の InP-HEMT($f_T \sim 670$ GHz)で、620GHz~670GHz 帯で動作する受信機 IC、増幅器 IC を試作、2012 年には、850GHz 帯の受信器 IC の開発に成功したと発表している[3]。また、フラウンホーファー研究機構の応用固体物理研究所(IAF)が、ゲート長 20nm の GaAs メタモルフィック HEMT を用いて、220GHz~480GHz までの通信用 MMIC チップセットを開発している[4]。