

## テラヘルツテクノロジーフォーラム通信

Vol.21、 No.1

## 共鳴トンネルダイオードテラヘルツ発振器のこれまでとこれから

東京科学大学 浅田 雅洋

共鳴トンネルダイオード (RTD) によるテラヘルツ発振器が初めて1 テラヘルツ (THz) を超える発振に成功したのは2010年でした。いつのまにか十数年がたち、コンパクトな半導体テラヘルツ光源として、だんだんと興味を持ってもらえるようになってきました。その間に周波数も最高2 THzに迫り、出力も、つい最近、アレイで10 mWを超えるものまでキャノンの研究グループによって達成され、我々のグループでも単体素子で1 mWを超えるところまで来ました。ロームの研究グループも放射特性の優れた小型パッケージの開発や実用化に向けた活発な研究開発を進めています。

RTDで発振素子を作ろうと思ったのは、2001年ごろだったと思いますが、見よう見まねでマイクロ波素子をもとに発振構造をいろいろと考え、スロットアンテナを使って最初に発振したのは93 GHz、アンテナ長を短くし、RTDの構造を工夫し...といろいろやって発振周波数が上がっていきました。この間に、量子カスケードレーザのTHz発振など他のデバイスの進展も著しく、RTDの研究を続ける意味があるのか不安になったこともありましたが、とりあえず、どれくらいの周波数まで伸びるのか試してみようと決め、続けることにしました。所属する大学には半導体微細加工の設備が諸先輩先生方のご尽力でそろっており、こういう研究でも続けさせてもらえる風土もあったことが幸いしました。この研究環境は大変ありがたく、それと(ちょっと乱暴ですが)あまり神経質に先を考えないこと、また、工夫するとどういった特性が出るか楽しみながら進めることも重要と感じた次第です。とはいえ、あまり考えないための失敗も多く、たとえばアンテナの対称性のために電磁波の放射が起こるはずがない構造を一生懸命作ったり、それをうっかり落として半分に割れたものを測定したら対称性がなくなったので発振に成功したとか、高調波が高い周波数まで出ているはずと探したときには、1 THzまでしか測定せずに見逃しそうになったり(1.02 THzで高調波が出ていた)もありました。

基本波で1 THz越えの室温発振はRTDの層構造、とくに量子井戸を狭めたことが大きく効きました。発振特性もだんだん明らかになり、発振線幅は数MHz~10 MHz程度、位相同期ループにより1 Hz以下、円偏波や渦波も出せるようになり、集積アレイで400~900 GHzの周波数可変や、直接変調による無線通信やレーダーへの応用やビームフォーミングに向けた位相制御の可能性も示されました。京都大学のグループの注入同期による発振制御やモード同期によるコム発生、大阪大学のグループによる自己ヘテロダイン検出など、いろいろな機能も期待できるようになってきました。今後は様々な機能の追求に加え、やはり基本性能の向上も重要で、特に出力はまだまだ不十分であり、周波数ももう少し高いところまで欲しいところです。もっと基礎研