

# 半導体ナノ構造による テラヘルツデバイスの研究

浅田 雅洋 研究室 (Masahiro Asada)

専門分野：テラヘルツデバイス、ナノエレクトロニクス、  
ナノデバイス

HomePage：http://www.pe.titech.ac.jp/AsadaLab/Asada\_Lab.html



## ● 研究目的

電波と光の間にある約 0.1~10THz の周波数はテラヘルツ帯とよばれ、これまで未開拓な領域でしたが、最近、超高速無線通信、イメージング、分光分析、物性・天文・生体などいろいろな分野にわたる計測など、非常に幅広い応用の可能性が明らかになり、盛んに研究が行われるようになってきました。しかしながら、テラヘルツ波を発生できる光源や検出器はまだ十分に開発されているとはいえない状況にあります。特に、室温で動作するコンパクトな高出力・高効率の半導体光源や高感度・低雑音の半導体検出器は未だに実現していません。本研究室では、半導体ナノ構造の中で生じる新しい現象を使って、テラヘルツ波を発生・検出する微細デバイスやその集積回路の実現、さらにはそれらの応用展開を目指しています。これまでに半導体電子デバイスで初めての室温テラヘルツ発振の達成や、それを使った無線伝送実験などを行ってきました。

## ● 研究テーマ

### 1. テラヘルツデバイス

テラヘルツ帯（あるいはサブミリ波帯、遠赤外）とよばれる、周波数が 1 THz 前後の領域は光と電波の中間の未開拓領域で、半導体による光源で満足なものはまだ存在しません(図 1)。

ところが、この周波数帯が開拓されれば、超高速通信・情報処理やイメージング、分光分析、計測など非常に広い分野で種々の新しい応用が期待されており、光源や検出器などのキーデバイスの開発は必要不可欠となっています。

テラヘルツ帯の高性能な光源や検出器を実現するには、ナノメートルオーダーの半導体極微細構造を形成し、電子の走行時間を大幅に短縮するとともに、ナノ構造に生じる新たな電子物性を用いることが有力な方法の一つと考えられます。

本研究室では、テラヘルツ波に対する半導体ナノ構造の新しい現象の追求や、ナノ構造による高性能テラヘルツ発振・検出デバイスの実現を目指した研究を行っています。

### 半導体テラヘルツ光源の現状

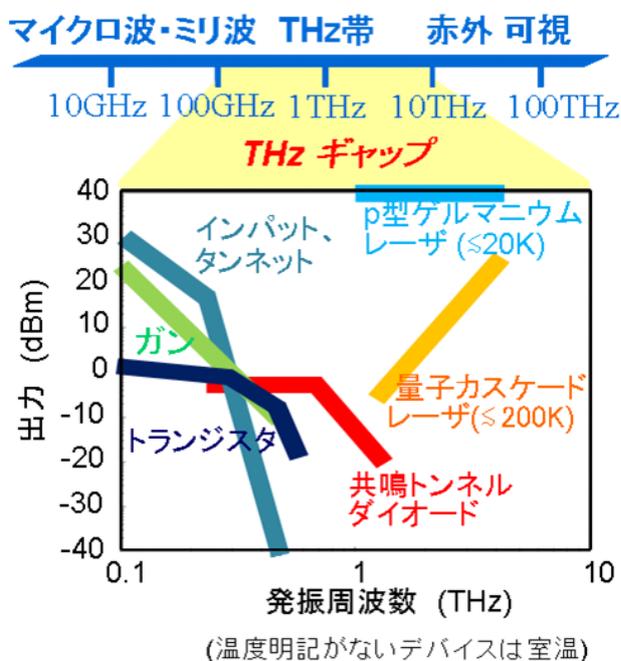


図 1 半導体単体のテラヘルツ増幅・発振素子の現状。  
現在、周波数 1 THz 周辺には満足な光源がなく谷間になっており、テラヘルツギャップと呼ばれています。

本研究室では、最近、ナノ構造の一つである共鳴トンネルダイオードを用いて、電子デバイスでは初めての室温テラヘルツ発振に成功しました(図2)。現在、室温で 1THz を超える周波数を単独で発生できるのは共鳴トンネルダイオードしかなく、テラヘルツギャップを埋める素子として期待されています。しかし、まだ出力が小さいため、高出力化やさらに高い周波数での発振を目指して研究を行っています。

このほかにも、極短チャネルの高電子移動度トランジスタを用いたテラヘルツ検出デバイスやその集積回路など、新しいテラヘルツデバイスを目指した研究を行っています。

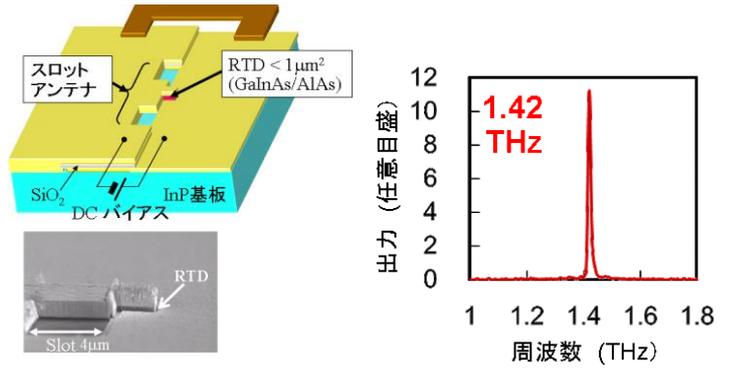


図2 共鳴トンネルダイオード(RTD)による、電子デバイスで初めての室温テラヘルツ基本波発振。素子構造(左)と発振スペクトル(右)。

## 2. テラヘルツ無線通信のための発振・受信素子、変調素子、集積構造

テラヘルツ波を用いることにより、数十～百 G ビット/秒の超高速無線通信が可能となります。本研究室では、このような無線通信応用を目指して、共鳴トンネルダイオードとショットキーバリアダイオードによるテラヘルツ送受信系(図3)や光ファイバからの信号をテラヘルツ波に乗せる新しい原理のテラヘルツ変調素子、および、それらを集積したデバイスの研究を行っています。

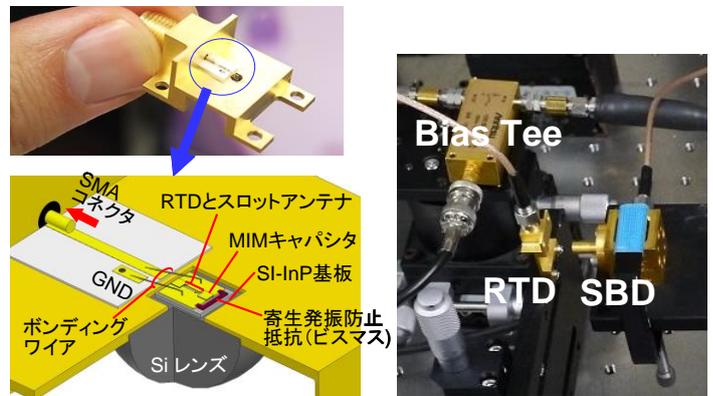


図3 通信用に作製した共鳴トンネルダイオード(RTD)送信モジュール(左)と、RTDおよびショットキーバリアダイオード(SBD)を用いた送受信系(右)。

## ● 教員からのメッセージ

研究はテラヘルツという未知の分野で、物理現象の探索からデバイス作製・応用にまで及んでおり、それぞれ実験あり理論あり。簡単ではないけれど、一歩先には今までになかった最高周波数のデバイスや新しい現象がある。メンバーが協力しあって新しい発見やデバイス実現を目指していきたいと思っています。

研究室メンバーから一言：世界初のデバイスを作れるかも?! (教員：作れます) / 電子の気持ちがわかるようになるかも / 研究するには最高の環境です / 動作時間”0”のデバイスを目指せ(教員：これは無理です) / メンバーは個性派ぞろい /

## 主な発表論文等

1. H. Kanaya, H. Shibayama, R. Sogabe, S. Suzuki, and M. Asada, “Fundamental Oscillation up to 1.3 THz in Resonant Tunneling Diodes with Thin Well and Barriers”, Applied Physics Express, vol.5, 124101 (2012).
2. K. Ishigaki, M. Shiraishi, S. Suzuki, M. Asada, N. Nishiyama, and S. Arai, “Direct Intensity Modulation and Wireless Data Transmission Characteristics of Terahertz-Oscillating Resonant Tunneling Diodes”, Electronics Letters, vol.48, p.582 (2012), and EL Highlights, vol.48, p.536 (2012).
3. 鈴木左文, 鏑木新治, 金谷英敏, 浅田雅洋, 「共鳴トンネルダイオードのテラヘルツ発振とレーザー光照射による出力の変調」, レーザー研究, vol.40, p.517 (2012).
4. 浅田雅洋, 「テラヘルツ波新産業」, 分担, 斗内政吉監修, シーエムシー出版, 2011.