

サブピコ秒光電子素子ラボ (THz Radiation Device Spectroscopy Lab.)

研究項目：サブピコ秒光電子素子の基礎研究
研究期間：平成9年度～14年度

1. 当該研究の背景

現在急速な勢いで通信技術の変革がなされている。多くの場合、それは、ファイバを伝送線路とした光通信であるが、同時に、携帯電話などに見られるように無線通信技術の発達も著しい。ファイバ通信と、従来の同軸ケーブル・ツイストペア線による電気通信を有線通信として一括りにすると、現在進行している技術トレンドは、「近距離は無線通信で、遠距離は有線通信で」の言葉に表される。これは、過去の多くのシステムで見られた「近距離は有線通信で、遠距離は無線通信で」の対極に位置する。このような背景を考えると、超高周波デバイスに関する研究の推進は大変重要であり、実際多くのテーマのもとに、研究開発が進められている。

本ラボでは、テラヘルツ領域電磁波の周波数軸での計測を行うための遠赤外フーリエ分光器と、テラヘルツ電磁波の時間軸での計測を行うための空間電気光学サンプリング装置を整備すると共に、光電子素子等のテラヘルツ空間電磁波との相互作用を研究し、超高速度信号処理素子に関する基盤技術を開拓する事を目的とする。

2. これまでの研究経過と現状

初年度と第2年度に、フーリエ分光器と低温試料台を整備した。具体的には、分光器の仕様、特に走査波長範囲、分解能、測定モードの種類等に関して検討を行い整備すると共に、それに付加する低温試料台として、ヘリウム温度での測定を可能とするクライオスタットの整備を行った。

一方、THz電磁波を時間軸で高感度に計測する手段として、当面の測定対象のTHz電磁波源が、極端なパルス状であることを利用して、空間電気光学サンプリング装置を整備した。この方法は、電気光学効果を有す

る結晶に光とTHz電磁波を並行に入射させると、THz電磁波が作る電場によって光の偏光状態が変化することを原理としている。光と電磁波の相互作用が進行波形式で行われるので感度が高くなる反面、進行速度の違いによる時間分解能の劣化という厳しいトレードオフを考慮しなければならないが、パルス状にエネルギーの集中した電磁波では有利であると判断した。現在は大気中に予備的に形成した段階であり、大気による吸収の効果に強く影響されているが、初期の成果は得られる段階となった。

以上の測定手段を用いて、現在までに半導体基板からのTHz電磁波、ダイポールアンテナからのTHz電磁波、結合量子細線からのTHz電磁波などが計測されている。

半導体にパルスレーザーを照射するとTHz電磁波がパルス状に放射されることは良く知られているが、その現象に、従来試みられているバルク半導体にレーザーを照射する方法の他に、pin接合の空乏層中に超格子構造を有するダイオードにレーザーを照射する方法を試みた。超格子構造を導入することによりアパランシェ効果を考慮せずに高電界を印加でき、より強い電磁波発生が期待できる。実験の結果、光吸収に伴う量子井戸内のダイポール発生による電磁波と、電子が強い電場で超格子から引き抜かれるのに伴って生ずる電磁波が観測できた。

また、ダイポールアンテナ構造と光導電素子を併せた素子構造を作製して、光導電素子へのパルス光照射によるTHz電磁波の測定を行った。測定によると、アンテナ構造を通して空間に放射される成分と同時に、基板方向に放射されて、基板の表面と裏面を両端面とする共振器で共鳴した放射成分が非常に多いことがわかった。

一方、光と電磁波が同時に半導体内を進行するのに伴って生じる空間電気光学効果による、THz電磁波検出を試みた結果、時間原点付近に量子井戸構造から発

生じたTHz電磁波波形が観測され、これは、超短光パルス励起に伴う量子井戸中での瞬時的分極形成によるものであると解釈できることが分かった。更に、重い正孔と軽い正孔の干渉によると思われる量子ビートから来る電磁波を観測することに成功した。観測されたTHz電磁波の周波数は、量子細線間の電界に敏感に影響されることも明らかとなり、この測定方法が、量子効果由来のTHz電磁波計測に極めて有効であることがわかった。

3. 期待される波及効果

THz周波数帯利用技術は、通信のための周波数帯域拡大技術として重要であるだけでなく、大気中の微量ガスの計量手段としても注目されており、通信と地球環境技術双方にとって重要な要素技術となっている。

4. 今後の研究展開の方向

計測技術の進展としては、空間電気光学サンプリングについて、空気中の吸収による擬似スペクトル除去のために、真空中もしくは窒素中での実験ができるように検討中である。

THz電磁波発生素子については、結合量子細線からの電磁波について、より一層理解を深めると共に、制御電極による電磁波周波数のチャージングなど、THz電磁波シンセサイザと言える装置の基礎に位置付けられるデバイスに関する研究と、大出力パルス電磁波発生源としての、ダイポールアンテナ(またはコプラナ導波路)装着光導電素子について研究開発を進める。

当該研究担当者等

ラボ構成員(総数6名)

職員(3名) 中川 格*(電子デバイス部)、小森和弘(光技術部)、板谷太郎(電子デバイス部)

職員以外(3名) 諸橋 功、金井裕貴、清水俊行

* ラボリーダー