

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 MIN THU SAN
 学位 博士 (工学)
 学位記番号 新大院博(工)第477号
 学位授与の日付 平成30年3月23日
 学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
 博士論文名 **Experimental Study of Intense and Broadband Terahertz Wave Radiation by Backward Wave Oscillator**
 (後進波発振器による大強度広帯域テラヘルツ波放射に関する研究)

論文審査委員 主査 教授・小椋 一夫
 副査 教授・福井 聡
 副査 教授・加藤 景三
 副査 准教授・菅原 晃
 副査 准教授・山家 清之

博士論文の要旨

本論文では、弱い相対論的電子ビームにより駆動する後進波発振器における大強度かつ広帯域のテラヘルツ波発生を研究している。後進波発振器の高周波化により、最近、多くの分野で重要となってきたテラヘルツ帯(0.1-10 THz)の電磁波発生を実現し、さらに表面波共振器という新たな機構を取り入れることで大強度化と広帯域化を提案している。

本研究では、後進波発振器において円筒導波管表面のコルゲート周期構造により形成される円筒表面波を用いているが、実際の周期構造は有限長であり、その両端で円筒表面波が強く反射され共振器を形成することに注目している。有限の系においては、一方向に進む波動の不安定性に比して、共振器における複数の波動による定在波の不安定性であるグローバル不安定性が支配的になる。表面波共振器によるグローバル不安定性を大強度テラヘルツ波発生に応用することを提案していることが、本研究の独創的な点である。

コルゲートの周期と深さにより動作周波数を定めることが出来る特徴を生かすことで、他の電磁波源では実現が困難なテラヘルズ帯動作が可能となる。周波数範囲を絞った0.1 THz帯の表面波発振器による大強度動作では、後進波発振器動作と進行波管動作およびその境界領域の π ポイント動作を明らかにしている。さらに、周波数0.26-0.34 THzと0.31-0.39 THzにおいて表面波共振器を形成し、電子ビームを用いてグローバル不安定性を励起することで大強度かつ広帯域なテラヘルツ波を得ることに成功している。

本論文で報告されているkW級の大強度でかつ10%にも及ぶ広帯域テラヘルツ波発生は、世界的に見ても優れた成果である。テラヘルツ帯後進波発振器の発振条件を調べ、大強度動作に対してのスタート電圧と表面波共振器による大強度・広帯域動作の機構を明らかにしている。さらに有限長の効果を取り入れた定在波によるグローバル不安定性に基づいた理論を適用し、実験結果を見事に説明している。

本論文は、表面波共振器に対するスタート電圧を満たすことでテラヘルツ帯においても大幅な出力増加が得られることを示している。さらに、これまで見落とされてきた周期構造の長さにも着目し、その効果を定量的に明らかにしており、コンパクトなテラヘルツ帯電磁波源の開発において大変重要な成果を報告している。

審査結果の要旨

本論文で報告されている後進波発振器は、磁場システムの小型化・簡素化による軽量・コンパクトな大強度テラヘルツ波源の開発を目指している。周期コルゲート構造を用いた大口径遅波導波管により、これまでに実現が困難であったテラヘルツ帯という高い周波数帯域で、大強度化と広帯域化を同時に実現することを図っている。

本研究は、後進波発振器において周期構造の表面波により形成される共振器をテラヘルツ波発生に応用するという新しい発想により大強度化を実現している。有限の系におけるグローバル不安定性の研究など、基礎的・学術的にも重要な内容であるばかりでなく、大強度・広帯域テラヘルツ波源の開発にも非常に価値あるものと評価できる。また、周期構造が形成する表面波はプラズマ波動を模擬するもので疑似プラズモンと呼ばれ、その周波数は周期構造の周期長、深さ、幅で制御することができるため、物質の電子物性で決まる通常のプラズマ波動では得られないテラヘルツ帯の周波数も可能となる。この特徴が故に本研究成果は、テラヘルツ波の伝搬・制御などへの応用などにおいて期待は非常に大きく、権威ある学術雑誌に掲載されていることなどからも、研究水準も十分であると判断した。

以上のように本論文は、大強度・広帯域テラヘルツ波発生に対して独創的かつ重要な成果を報告しており、工学および科学研究等に貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の博士論文として十分であると認定した。