The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Study on Compact Millimeter-Wave Free-Electron Lasers and Metallic Reflector Gratings for Single-Mode Operation
Author(s)	タンボンサクン, ティプヤダー
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43435
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【80】

氏　　名	タンボンサクン　ティプヤダー（たんぼんさくん　てぃぷやだー）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　17053　号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科通信工学専攻
学　位　論　文　名	Study on Compact Millimeter-Wave Free-Electron Lasers and Metallic Reflector Gratings for Single-Mode Operation （ミリ波自由電子レーザのコンパクト化および単一モード動作金属グレーティング反射器に関する研究）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　塩澤　俊之 （副査） 教　授　河崎善一郎　　教　授　森永　規彦　　教　授　小牧　省三 教　授　元田　　浩　　教　授　北山　研一

論　文　内　容　の　要　旨

本論文は、「ミリ波自由電子レーザのコンパクト化および単一モード動作金属グレーティング反射器に関する研究」の成果をまとめたもので、以下の6章により構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景、目的ならびに概要について述べた。

第2章では、ミリ波において高出力を得ることを目的として、金属グレーティング反射器により構成される共振型スミス・パーセル自由電子レーザを提案し、電磁波の増大および飽和特性を調べ、また装置のコンパクト化について議論した。数値解析により、このような共振型スミス・パーセル自由電子レーザは、single-pass型スミス・パーセル自由電子レーザに比べて得られる出力電力は小さくなるが、装置を小型化できることを明らかにした。また、デバイスの効率的な動作のためには、両端における金属グレーティング反射器の寸法が重要な役割を果たすことを示した。

第3章では、高密度プラズマを注入したチェレンコフレーザにおける電磁波の増大特性およびエネルギー変換効率の改善について述べた。数値解析により、相対論的電子ビームからプラズマへのエネルギー変換は十分無視できる程度に小さく、従来の真空デバイスに比べて、エネルギー変換効率が改善されることおよび装置のコンパクト化が可能であることを定量的に示した。

第4章では、第3章で述べた高密度プラズマを注入したチェレンコフレーザにおいて、ミリ波帯では無視できなくなるプラズマ中での電子－イオン間衝突の効果を考慮に入れ、また現実の実験モデルに近い、密度が不均質なプラズマを注入したモデルを用いて解析した。その結果、電子－イオン間衝突の効果による損失により、電磁波の増大特性が劣化するが、適切なパラメータを選択することにより、従来の真空デバイスの場合より、改善されることを明らかにした。また、解析を簡単化するためのプラズマモデルについても議論した。

第5章では、第2章で述べた金属グレーティング反射器の電磁波に対する反射特性を、モード整合法および一般化された伝達行列法を用い、厳密に解析を行った。まず、単一モード動作のもとで、金属グレーティング反射器にTE波が入射した場合を取り上げ、反射特性のパラメータ依存性、および周波数選択性を有する反射器を得るための適切なパラメータについて議論した。次に、モード競合が存在する場合の例として、TM波入射の場合を取り上げ、自由電子レーザへの応用を目的として、所望のモードのみの反射について考察するとともに、波長可変領域での広帯域特性および装置をコンパクトにするグレーティングパラメータについて議論した。

第6章は、結論であり、本研究で得られた結果の総括を行った。

論文審査の結果の要旨

いろいろの応用を目的として他方面において電磁波が用いられ、使用可能な周波数資源が少なくなるにつれて、ミリ波・サブミリ波という周波数帯における研究、特に発振器に関する研究が活躍に行われている。高出力の発振器の一つとして、自由電子レーザがあるが、この装置は大きく、高価であるため、まだあまり実用化されていない。

そこで、本論文では、自由電子レーザの実用化のため、装置のコンパクト化およびエネルギー変換効率の改善を計るために、装置の背景に高密度プラズマを注入する方法および共振器を利用する方法に関する研究を行っている。本研究の主要な成果として以下の事項を明らかにしている。

(1)共振型スミス・パーセル自由電子レーザは、single-pass 型の場合に比べて得られる出力電力は小さくなるが、装置を小型化できる。また、デバイスの効率的な動作のためには、両端における金属グレーティング反射器の寸法が重要な役割を果たしている。

(2)高密度プラズマを注入したチェレンコフレーザにおいて、相対論的電子ビームからプラズマへのエネルギー変換は十分無視できる程度であり、従来のプラズマを注入しない装置に比べて、エネルギー変換効率が改善され、また装置のコンパクト化が可能である。

(3)ミリ波帯では、高密度プラズマを注入したチェレンコフレーザにおいては、電子－イオン間衝突の効果は無視できなくなる。その効果による損失により、電磁波の増大特性が劣化するが、適切なパラメータを選択することにより、従来の真空デバイスの場合より改善される。また、電磁波の増大特性に主に影響を与えるプラズマパラメータは、密度のピーク値である。

(4)ミリ波帯での自由電子レーザへの応用を目的として、単一モード動作および波長可変特性を与えるコンパクトな金属グレーティング反射器が実用可能である。

以上のように、本論文は、ミリ波・サブミリ波帯における高出力発振器や関連装置の実用化に向けた有益な成果を提供するものであり、通信工学分野の発展に貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。