



Title	誘導加速器の開発と自由電子レーザーへの応用に関する研究
Author(s)	秋葉, 龍郎
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1767
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	秋 葉 龍 郎
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 9 1 5 4 号
学位授与の日付	平成 2 年 3 月 24 日
学位授与の要件	工学研究科電気工学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	誘導加速器の開発と自由電子レーザーへの応用に関する 研究
論文審査委員	(主査) 教授 加藤 義章 教授 青木 亮三 教授 松浦 虔士 教授 村上 吉繁 教授 白藤 純嗣 教授 平木 昭夫 教授 鈴木 胖 教授 辻 毅一郎 教授 中井 貞雄 教授 山中 龍彦 教授 中島 尚男 教授 黒田 英三 教授 三間 圏興

論文内容の要旨

本論文は、パルスパワー装置を用いた大出力自由電子レーザーの開発を目的として、電子ビームの発生、伝播及び自由電子レーザーの增幅、発振に関する研究についてまとめたもので、以下の 6 章より構成されている。

第 1 章は緒論であり、自由電子レーザー開発の意義及び本論文の構成について述べている。

第 2 章では、自由電子レーザーの原理と特徴について述べ、自由電子レーザー開発において特に重要なパラメーターの目標値を設定している。

第 3 章では、高出力でかつエネルギー広がりの少ない電子ビームを発生、加速するための電子ビーム源及び誘導加速器の開発について述べている。非晶質磁性体を誘導絶縁材料として用いた誘導加速器及び高輝度ダイオードの開発を行い、エネルギー 4 MeV、電流 40 k A、パルス幅 100 n s、規格化輝度 10^4 A / rad² cm² の電子ビームの発生に成功したことを述べている。

第 4 章では、ヘリカルウィグラー内に円形導波管を組込んだ分布帰還形自由電子レーザーの研究について述べている。電磁波の波長 1 mmにおいてスペクトル広がり 5 % 以内の発振を得、この結果が電磁波の結合方程式により解析できることを示している。

第 5 章では、大出力自由電子レーザーの基礎研究について述べている。高精度平面ウィグラー内を、簡易四極子型コイルを用いて収束させた電子ビームを伝搬させ、エネルギー 3 MeV、電流 200 A の電子ビームにより 100 W の超放射光が得られたことを述べている。利得はおよそ 30 dB と見積もられ、この装置を光増幅器として用いることにより 10 MW 以上の出力が得られる見通しがたったことを示している。

第6章では、この研究で得られた主な結果と知見をまとめている。

論文の審査結果の要旨

高エネルギーの電子ビームと電磁波との共鳴的な相互作用によりコヒーレントな輻射を発生させる自由電子レーザーは、波長可変性、効率、出力などの面で従来のレーザーに無い特徴を有する可能性を秘めたレーザーとして、開発が最近世界的に進められつつある。しかし、電子ビームの発生と伝搬、高精度ウィグラーの開発等において解決すべき理論的、技術的課題が山積している。本論文は誘導加速器を電子発生源として用いた高出力自由電子レーザーの開発に関するもので、得られた主な成果は次の通りである。

- (1) 8段直列型の誘導加速器を開発し、エネルギー4 MeV、電流40 kA、パルス幅100 nsの電子ビームを発生することに成功している。誘導加速キャビティにバイパスロードを附加することにより、電子ビームの電圧変動を70 nsにわたって3%以内に安定に保ち得ることを示している。また電子ビーム発生用のダイオード部の開発を行い、規格化輝度 $10^4 \text{ A/rad}^2 \text{ cm}^2$ の高輝度電子ビームの発生に成功している。
- (2) 4段誘導加速器とヘリカルウィグラーを組合せた自由電子レーザーを開発し、特に分布帰還形共振器を導波管内に組込むことにより、波長約1mmの電磁波において周波数広がり5%以内の特定の波長における発振に成功している。この発振特性を電磁波の結合方程式を用いて理論的に解析できることを示している。
- (3) 更に大出力の自由電子レーザーを開発することを目的として、テーパ化が可能な高精度平面ウィグラーの開発を行い、簡易四極子型コイルを用いて電子ビームを集束することにより、エネルギー3 MeVで200 A以上の伝搬電流を得ている。これにより100 Wの超放射光を得ることに成功し、これが利得30 dBに相当することを示している。

以上のように本論文は大出力自由電子レーザー開発に関する多くの技術的問題を解決したことを示し、また自由電子レーザー発振特性に関する実験及び理論解析を示したものであり、電気・電子工学の発展に大きく寄与するものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。