



Title	自由電子レーザーの理論的研究
Author(s)	車, 信一郎
Citation	大阪大学, 1987, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/35365">https://hdl.handle.net/11094/35365</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> 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

【24】

氏名・(本籍)	車 信 一 郎
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 7 7 3 0 号
学位授与の日付	昭 和 6 2 年 3 月 2 6 日
学位授与の要件	工学研究科電磁エネルギー工学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	自由電子レーザーの理論的研究
論文審査委員	(主査) 教授 三間 罔興 教授 山中千代衛 教授 渡辺 健二 教授 横山 昌弘 教授 石村 勉 教授 中井 貞雄 教授 山中 龍彦 教授 井澤 靖和 教授 加藤 義章 教授 三宅 正宣 教授 権田 俊一 教授 西原 功修 教授 望月 孝晏 教授 平木 昭夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、周波数可変で高効率レーザーを目標に開発が進んでいる自由電子レーザーについての理論的研究をまとめたものであり、次の5章より構成されている。

第1章は緒論であり、自由電子レーザーの全体的視野から、この論文で取り扱う高電流密度の相対論的電子ビームを用いたラマン領域自由電子レーザーの問題を明らかにしている。

第2章では、電子ビームのエネルギー拡がり放射光の成長率に与える影響を解析し、許容されるエネルギー拡がりの臨界値を評価している。

第3章では、大電流電子ビームに伴う電磁場(自己場)が粒子軌道及び放射光の成長率に与える影響を解析している。解析のため、一次元自由電子レーザーシミュレーションコードを開発し、自己場が放射光の成長過程に与える影響を追跡している。特に、シミュレーション結果から、高成長率を得るためのビーム電流の最適値を調べている。

第4章では、より現実的な条件下での自由電子レーザーの動作状態を解析するため、円形導波管中の放射光の成長と電子ビームの運動を記述する三次元数値解析擬似粒子コードを開発している。そのシミュレーションコードにより、入射部のウイグラー磁場の立ち上げ方と導波管モードの選択励起の様子を研究している。また、上記三次元シミュレーションにより、自由電子レーザーの実験結果を解析している。

第5章は結論であり、以上の研究において得られた結果をまとめ、本論文の総括を行っている。

## 論文の審査結果の要旨

本論文は、自由電子レーザーに関する諸問題、特に高電流密度の相対論的電子ビームを用いるラマン領域での動作に関する問題の理論的解析を行ったものである。得られた主な成果は次の通りである。

- (1) 電子ビームのエネルギー拡がり放射光の成長率に与える影響を評価し、エネルギー拡がりの許容範囲を明らかにしている。特に、エネルギー拡がりが臨界値以上になると高周波放射光よりも低周波放射光の成長率が大きくなり、短波長での動作が困難なることを示している。
- (2) 高電流密度の電子ビームではウイグラー中でのビーム伝搬に自己場が影響し、自由電子レーザー発振に適した軌道が乱される。
- (3) 一次元の自由電子レーザーシミュレーションコードを用いて、自己場による軌道の乱れのため放射光の成長率が抑制されることを調べている。その結果、電流密度の許容限界（上段）が明らかになっている。
- (4) 導波管をもつ自由電子レーザーの解析のため、三次元数値解析擬似粒子コードを開発し、導波管中での放射光増幅・発振の解析を可能にしている。
- (5) この計算機シミュレーションコードを用いて、自由電子レーザーでの横モードを解析し、断熱立ち上り部を持つウイグラーでは電子ビームがスパイラルになること、及び $TE_{11}$ と $TM_{11}$ モードが選択的に励起・成長することを見出している。
- (6) 上記の三次元数値解析シミュレーションコードはラマン領域の自由電子レーザーの実験結果の解析にも応用され、放射光の成長及び周波数について実験結果とのよい一致を得ている。

以上のように本論文は自由電子レーザーにおける、電子ビームとウイグラー磁場及び放射光との相互作用に関し多くの知見と提案を含み、レーザー工学及びプラズマ理工学に寄与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。