



Title	開放型チェレンコフ・レーザの発振機構に関する理論的研究
Author(s)	堀之内, 克彦
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37914
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

氏 名	堀 之 内 克 彦
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 0 2 5 3 号
学位授与年月日	平成 4 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	開放型チェレンコフ・レーザの発振機構に関する理論的研究
論文審査委員	(主査) 教 授 倉 藺 貞 夫 (副査) 教 授 長 谷 川 晃 教 授 手 塚 慶 一 教 授 森 永 規 彦 教 授 北 橋 忠 宏

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、開放型チェレンコフ・レーザの発振機構に関する研究の成果をまとめたものである。

第 1 章は序論であり、本研究に関連する分野において従来行われてきた研究について概括し、本研究がその分野において占める地位を明らかにした。

第 2 章では、有限静磁界を印加した開放型チェレンコフ・レーザのモード解析を行った。その結果、まず、増大率は静磁界の強度が大きくなるにつれて次第に減少し、特に電子のサイクロトロン周波数が電子のプラズマ周波数に等しくなるような静磁界の値の近傍において大きく減少することがわかった。また、増大率の減少は静磁界が印加されていない場合の空間電荷波の最低次のモードが、静磁界の強度が大きくなるにつれて電子サイクロトロン波のモードに移行し、静磁界の強度が無限大になる極限においてこのモードが最終的に消滅することによってもたらされることが明らかとなった。さらに、静磁界を印加した相対論的電子ビームに沿って伝搬する波動のモードは一般にハイブリッドとなるが、数値的に検討した結果、大部分のエネルギーは TM 波成分によって運ばれ、TE 波成分の寄与は小さいことがわかった。

第 3 章では、無限大静磁界を印加した開放型円形チェレンコフ・レーザの特性について考察した。その結果、次のことが明らかとなった。まず、誘電体と電子ビームの間隔が大きくなると増大率は指数関数的に減少すること、電子ビームの密度が大きくなるに従い増大率は大きくなること、電子ムービのドリフト速度に増大率を最大にするような最適値が存在すること、電子ビームの速度を変化させることにより増大波の周波数が変化させられることなどがわかった。また、無限大静磁界が印加されている場合と静磁界が印加されていない場合の特性を比較することにより、増大率は無限大静磁界を印加すると減

少すること、それ以外の特性はどちらの場合もほぼ同じになること、誘電体の厚さに対する導体円柱の半径の比を増加させると、増大波の増大率および周波数は次第に増加し、この比が十分大きくなるとこれらの値は一定値に近づくことがわかった。特に、誘電体の厚さが導体円柱半径の10分の1以下になる場合の特性は平板状のモデルにおいて得られる特性にほぼ等しくなることがわかった。

第4章では、結論として本研究で得られた成果を総括し、今後の課題について述べた。

論文審査の結果の要旨

電子ビームの運動エネルギーを電磁波のエネルギーに直接変換することによりレーザ発振を行う自由電子レーザの一つとして、誘導チェレンコフ効果を利用したチェレンコフ・レーザがある。本論文は二種類の開放型チェレンコフ・レーザの発振機構について論じたものであって、得られた研究成果を要約すると次のとおりである。

- (1) 有限静磁界を印加した開放型チェレンコフ・レーザのモード解析を行い、増大率は静磁界の強度が大きくなるに従って次第に減少し、特に、電子のサイクロトロン周波数がプラズマ周波数に等しくなるような静磁界の値の近傍において、大きく減少することを示している。また、増大率の減少は静磁界が印加されていない場合の空間電荷波の最低次のモードが、静磁界の強度が大きくなるに従って次第にサイクロトロン波のモードに移行し、最終的に消滅することによってもたらされることを明らかにしている。
- (2) 静磁界が印加された相対論的電子ビームに沿って伝搬する波動のモードは一般にハイブリッドとなるが、数値解析の結果、大部分のエネルギーはTM波成分によって運ばれ、TE波成分の寄与は小さいことを明らかにしている。
- (3) 無限大磁界が印加された開放型円形チェレンコフ・レーザを提案するとともにその特性について考察し、誘電体と電子ビームの間隔ならびに電子ビームの密度およびドリフト速度が増大率に与える影響を明らかにしている。また、電子ビームの速度を変化させることにより、増大波の周波数を変化し得ることを理論的に明らかにしている。

以上のように、本論文は開放型チェレンコフ・レーザの発振機構について多くの知見を得ており、通信工学、特に電磁波工学の発展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。