



|              |  |
|--------------|--|
| 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          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/37914">https://hdl.handle.net/11094/37914</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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について |

*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 10253 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 则 第 4 条 第 1 項 該 当<br>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 蘭 貞 夫<br>(副査) 教 授 長 谷 川 晃 教 授 手 塚 慶 一 教 授 森 永 規 彦<br>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 ベ レ ナ コ フ・レ ザ の モ 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 ネ 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 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 ネ 波 の モ 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 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 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 T M 波 成 分 に よ っ て 運 ば れ、T E 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 ベ レ ナ コ フ・レ 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 电 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 つ い て 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 变 化 さ せ る こ と に よ り 増 大 波 の 周 波 数 が 变 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は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、誘導チャレンコフ効果を利用したチャレンコフ・レーザがある。本論文は二種類の開放型チャレンコフ・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ャレンコフ・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otron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otron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ャレンコフ・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、本論文は開放型チャレンコフ・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。