

氏 名	古 濱 洋 治
	ふる はま よう じ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 278 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 電 子 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	共焦点球面レーザ共振器の研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 池 田 淳 一 教 授 前 田 憲 一 教 授 高 木 俊 宜

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、レーザ用共焦点球面共振器に関する解析、とくに反射鏡の配置が共焦点状態よりわずかな場合および励振源を考慮に入れた場合の解析結果をまとめたもので、6章からなっている。

第1章は序論であって、本論文の内容梗概を述べている。

第2章においては、まず、レーザ共振器の理論的研究においてこれまでに使用された解析法を簡単に説明し、共焦点球面共振器の場合にはその形状が複雑であるため、通常、干渉計理論を基礎にして解析が行なわれていること、また、励振問題の場合にも干渉計理論またはそれを拡張したものをわざわざ用いるを得ないことを述べている。

つぎに、干渉計理論による解析法を説明し、その特徴および妥当性を検討した後、共焦点球面共振器についての基礎方程式を誘導している。

最後に、これまでに発表されたレーザ共振器に関する解析結果について解説している。

第3章は傾斜変形に関するものである。球面反射鏡が共焦点配置の状態から鏡面に沿ってわずかに移動した場合には反射鏡は相対的に傾斜することになるので、この状態を傾斜変形と名づけ、解析している。共焦点配置にある球面反射鏡において、仮想的な場合として、反射鏡が無限に大きい場合を干渉計理論をもとにして解析すると Laguerre の陪多項式を使用して表わされる解析解が求まることが判っているので、この解をもとにし、反射鏡が有限であることおよび軸ずれ状態にあることは無限大の反射鏡の一部を切り抜くことにより生ずる摂動によって表わされると考えて、摂動論を適用して解を求める方法について述べている。

鏡の形状を表わす量としてフレネル数 N あるいは $C(=2\pi N)$ を、傾斜変形のパラメータとして $\rho(=\rho_0 \sqrt{k/L})$ 、 ρ_0 : 鏡の中心の共焦点配置からのずれ、 L : 鏡間距離、 k : 波数) あるいは $K^1(=\phi a/\lambda = \rho N/\sqrt{C})$ 、 ϕ : 鏡の傾角、 a : 鏡の半径、 λ : 波長) を導入して、低次の数個のモードに対して N , ρ と回折損失との関係を数値計算により求めている。また、この場合の鏡面上の振幅および位相分布の例も示し

ている。この解析の結果、傾斜変形により $\cos$ モードと $\sin$ モードとの縮退が解けること、共焦点球面共振器は平行平面共振器に比べて傾斜変形に対して安定であることなどを指摘している。

最後に、変形のない場合について、他の研究者達によって数値計算された回折損失と著者の方法で変形パラメータを零としたときの結果とを比較し、よく合うことを示している。

第4章では反射鏡の曲率が変化することによって共焦点状態からずれた場合について、これを球面変形と名づけ、摂動論を適用して解析している。共焦点球面共振器の解析において Slepian が長軸回転楕円体関数を定義して求めた解を無摂動の解として採用することにして、この解の求め方について述べ、低次の二三のモードについてCと回折損失との関係および鏡面上の振幅分布を数値計算して図示している。

つぎに、反射鏡の変形を表わす球面変形パラメータ $g(=1-L/R, R: \text{反射鏡の曲率半径})$ を導入して摂動論により変形した場合の解を求めている。

解析結果によると、回折損失一定の状態は g_1-g_2 平面において原点を中心にして $+45^\circ$ および -45° 方向にそれぞれ長軸および短軸を有する楕円で表わされるが、低次の数個のモードに対して数値計算を行い、回折損失一定の楕円を求め、球面変形と回折損失との関係を明らかにしている。また、鏡面上の振幅分布および位相分布をも g をパラメータとして求めて検討している。

第5章では、一方の鏡面上に励振源がある場合を検討している。

通常の共振器の場合成立する近似の下に、与えられた励振源分布に対する両鏡面上の界を与える連立積分方程式を導いている。この積分方程式は励振源がないとき第4章の基礎式と同形のものとなるから、この積分方程式を前章で使用した長軸回転楕円体関数で展開することにより解を求めている。

一例として、鏡面上の励振源の振幅は一定で、位相が一方方向に一定の割合で変化している場合を斜入射と名づけ、この場合について、励振入力周波数特性を求め、角度方向のモード次数 m の偶数および奇数に対応する2種類の共振状態があらわれることを示している。また、両鏡面上の振幅分布および位相分布を斜入射パラメータ $K(=kra/C, kr: \text{鏡面上で位相のおくれの最大の方向の波数})$ の種々の値に対して、共振状態および共振状態からわずかにずれた場合について詳細に計算し、図示している。また、回折損失を表わす式を求め、Fox と Li の数値計算結果と比較しよく合うことを示している。

第6章は結論であって、本研究の成果を各章毎にとりまとめて述べている。

論文審査の結果の要旨

ファブリ・ペロー共振器はレーザ共振器として広く使われており、これに関する理論的解析も数多く発表され、正常な配置状態における特性はほとんど解明されている。しかし、鏡面が変形した場合の解析は、平面鏡などのように簡単な形状の共振器以外についてはほとんど見受けられない。本論文は共焦点状態に配置された球面鏡が変形した場合を理論的に解析し、回折損失の増加などの特性を明らかにしたものである。

また、励振源を考慮に入れた解析を行い、入力周波数特性などを解明することは共振器使用上重要であるが、本論文では共焦点球面共振器への斜入射の場合を検討している。

本研究で得られた成果の主なるものを要約すると次の如くである。

(1) 球面鏡が共焦点状態から鏡面に沿ってわずかに移動することにより傾斜した場合を傾斜変形と名づけて、鏡面が無限に大きいときの解を無摂動解にとり、摂動理論を適用することにより解を求めることに成功した。

(2) 上記の解を数値計算して、種々のフレネル数の共振器に対して、傾斜変形と回折損失との関係を明らかにした。これにより傾斜変形による回折損失の増加は平面鏡共振器の場合よりも少ないこと、傾斜変形により $\cos$ モードと $\sin$ モードとの損失が分離することなどが数値的に明らかになった。円形球面共振器の傾斜変形を取扱った論文はこれまでに見受けられない。この意味において著者の得た結果は貴重なものである。

(3) 共焦点球面共振器に対して Slepian が示した解に検討を加え、重要な低次のモードについて詳細な数値計算を行い、共振器のフレネル数と回折損失との関係および鏡面上の振幅分布、位相分布を具体的に求めた。

(4) 上記の解を無摂動解とし、鏡面の曲率の変化を表わすパラメータ $g(=1-L/R, L: \text{鏡間距離}, R: \text{反射鏡の曲率半径})$ を導入し、摂動理論を適用して球面変形の場合の解析を行った。この結果、回折損失一定の状態は、 g_1-g_2 平面において原点を中心にして $+45^\circ$ および -45° の方向にそれぞれ長軸および短軸を有する楕円で表わされることを示し、低次の数個のモードに対してこの楕円を具体的に図示し、球面変形が回折損失に与える影響を明らかにした。

また、球面変形のある場合の鏡面上の振幅および位相分布を図示し、共振器の動作を明らかにした。

(5) 共焦点球面共振器の一方の鏡面上に励振源が分布している場合に対して、両鏡面上の界を求める方法を示した。

(6) 一例として、鏡面上の励振源の位相が一方向に一定の割合で変化している場合を斜入射と名づけ、この場合について励振入力周波数の特性を検討し、角度方向のモード次数 m の偶数のグループおよび奇数のグループに対する共振状態が存在することを明らかにした。

(7) 斜入射の角度の種々の値に対して鏡面上の振幅および位相分布を詳細に計算し、共振状態および共振からわずかにずれた状態における共振器の動作を把握することが出来る図を作った。

これを要するに、この論文はレーザ共振器として使用される共焦点球面共振器について、鏡面がわずかに変形した場合の共振器の特性を理論的に解析し、また、共振器の励振特性を理論的に解析し、共焦点球面共振器の特性に関し新しい知見を加えたもので学術上、実際上奇与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。