

氏名	小倉久直 おぐらひさなお
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第151号
学位授与の日付	昭和42年5月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	レーザー共振器の自由振動姿態の研究

論文調査委員 (主査) 教授 池上淳一 教授 前田憲一 教授 近藤文治

論文内容の要旨

この論文は円形並行平面鏡により構成された Fabry Perot 共振器の諸問題を波動方程式の境界値問題として取扱い、自由振動モード、鏡面変形の問題、励振の問題などを解析した結果について述べたもので、7章からなっている。

第1章は Fabry Perot 共振器に関する研究の歴史的概説であって、このなかで本論文の第2章以下の各章が有する意義を明らかにしている。

第2章では空洞理論を用いて円形平行平面共振器の自由振動に関する解析を行なっている。すなわち平行平面共振器の自由振動モードは、共振器の側面が閉じていると仮定した空洞の固有振動モードが側面からの輻射により振動をうけた結果生ずるとして解析し、自由振動モードのQ値、側面開口からの回折損失、周波数変化をフレネル数およびベッセル函数の根よりなる簡単な代数式として与えている。

第3章では前章の空洞理論を、変形閉空洞の固有振動モードに応用することにより、輻射振動行列の対角要素の虚部から、鏡面変形のある共振器の回折損失を求めている。その結果によると円形平行平面共振器では傾斜変形の場合の回折損失の増加は変形量の2乗に比例し、比例係数は振動モードにより異なるが、いずれも大きな値をとる。特に (lon) モードの回折損失の増加が顕著である。また、傾斜変形により角量子数 $l=1$ のモードの回転縮退が除去されることが示されている。つぎに、球面変形の場合の回折損失の変化は変形量に比例し、傾斜変形の場合に比べて非常に小さく、かつ、振動モードにはほとんど依存しないという結論を得ている。なお、Fox と Li が帯状平行平面よりなる共振器の傾斜変形に対する回折損失の増加を電子計算機によるシミュレーションによって求めているが、著者の解析結果は彼等の結果とよく傾向が一致することを示している。

第4章では平行平面共振器の励振問題を Green 函数法を用いて解析している。励振問題では励振周波数が変わることが考慮する必要があるが、励振周波数が変化すると共振器開口面の境界値が著しく変化するので、前の二章で使用した空洞理論を用いた解析は不相当であることを指摘し、導波管共振像に基づい

て解析するのがよいと述べている。すなわち、平行平面共振器を伝播方向が動径方向で遮断域に近い導波管とみなし、開口面を境として内部および外部の場を Green 関数を使用して表現し、両者の開口面における連続条件を記述する連立積分方程式を導き、これを開口面の場および場の法線微分を表わす級数の係数を未知数とする無限次元のベクトル方程式に帰着させている。この解を逐次近似法で求めることにより、共振器内部の場の分布、励振に対する共振曲線を求め得ることを示している。

第5章では第4章の励振理論の特別の場合として無励振の場合を解き、再び円形平行平面共振器の自由振動モードを厳密に論じている。これにより回折損失、共振器内部の場の振幅分布、位相分布が種々のフレネル数および振動モードに対して詳細に求められている。この解析の結果は Fox と Li が電子計算機によるシミュレーションにより求めた回折損失、振動モードのパターン、位相分布と細部にいたるまでよく一致している。さらに、第3章の空洞理論の結果を本章の解析法にもとづいて批判し、前者において近似度が低下する理由を明らかにしている。

第6章では励振理論の一つの応用として、鏡面変形の問題を再び取扱っている。すなわち鏡面変形の効果を等価励振源に置換することにより得られる励振方程式と変形鏡面上で成立する方程式とを連立して取扱い、変形量の2乗までの近似で傾斜変形に対する損失増加を求めている。第3章の空洞理論にもとづく解析において採用した零次近似解が変形共振器に対して適当な零次近似解であるかどうかの根拠はなかったが、本章の結果と比較して空洞理論による変形共振器の解析結果は係数に若干の差があらわれるのみであることを明らかにしている。

第7章は結言であって研究の成果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

この研究は著者が行なったレーザー共振器の理論的解析の研究のうち、円形平行平面鏡共振器の自由振動姿態に関する研究結果をまとめたものである。

レーザー共振器の理論的解析はレーザーの発明以来多数の研究者により行なわれているが、これらは干渉計像をもとにしている。しかし、干渉計像をもとにした理論は、特別な場合を除き、電子計算機を使用するシミュレーション以外に正確な解が知られていない。また、その理論を種々の場合に適用することは困難であったが、著者は空洞共振像をもとにした解析法を提案し、広範囲のフレネル数にわたり共振器の回折損失を表わす式を誘導している。

レーザー共振器では鏡面の仕上げ、調整誤差による鏡面の微小な変形が共振特性に大きな影響を与えるので鏡面が変形した場合の解析が要請されていたが、これに対し著者は空洞理論を変形共振器に適用して傾斜変形および球面変形のある場合の回折損失の式を求めることに成功した。この式による計算結果は Fox と Li が帯状平行平面共振器についてシミュレーションにより求めた結果とよく傾向が一致する。

共振器の一般的な問題として、励振問題および外部回路との結合問題を明らかにすることは実用的立場から重要であるが、これらの問題は平行平面共振器に関してはほとんど解決されていなかった。これに対し著者は平行平面共振器を伝播方向が動径方向で遮断域に近い導波管とみなし、Green 関数法によって励振問題を定式化し、これによりこの種の諸問題の具体的解析を可能にした。この解析法は予め自由振動

モードを知っておく必要がない点が通常の空洞励振の理論と異なる特徴である。

さらに、上記の励振理論の特別な場合として自由振動モードを再び解析し、回折損失、場の振幅、位相分布を詳しく求めている。これらの結果は従来シミュレーションによりその一部が知られていた結果と細部までよく一致している。また、鏡面の変形を鏡面上の等価な励振源とみなして鏡面変形の問題を一層正確に解析し、先に空洞理論にもとづいて求めた結果の再確認を行なっている。

以上この論文はレーザー共振器として広く使用されている円形平行平面共振器の自由振動モードの解析法として、空洞像および導波管像にもとづく二つの解析法を提案し、これらを使用して共振器の特性を明らかにしたのみならず鏡面変形の問題に定量的解答を与え、さらに、励振問題の解析法をも示したもので、学術上、実際上寄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。