

氏名	谷 口 一 郎 たに ぐち いち ろう
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論工博第521号
学位授与の日付	昭和47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	He-Ne レーザの諸特性ならびに変位計測への応用に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 福田國彌 教授 奥島啓式 教授 小川 徹

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は He-Ne ガスレーザの諸特性の向上とくに工業用計測機器に使用する場合に必要となる出力および周波数安定化と放電管の長寿命化に関する研究結果と工業用変位計測機の基礎および性能に関する研究成果を述べたもので9章からなっている。

第1章緒論では He-Ne レーザに関する従来の研究の発展を概説し、とくに工業用計測機にガスレーザを応用する場合の問題点を挙げ本研究において取扱う主題を明らかにするとともに研究目的を述べている。

第2章では He-Ne レーザ放電管のガス組成、ガス圧、放電管内径と小信号最大不飽和利得との関係、管内径と最大利得時の放電電流との関係、共振器配置とスポットサイズ、共振器損失等の諸点を定量的に検討して、横方向単一モードレーザ光出力を最大にする条件を明らかにしている。また封入ガスとして He³ アイソトープを使用すると 6328Å レーザ出力が10%増加し、不均一磁界を印加すると 3.39μm レーザ出力の抑制と 6328Å レーザ出力の増加が見られることを実験的に示している。

第3章は He-Ne レーザにおける 6328Å および 3.39μm 線の同時発振単一モードレーザ出力の競合について研究を行ったものである。すなわち Ne-5 準位系に関する速度方程式を解いて出力算定式を導出し、まず 6328Å 線のみが発振する場合の出力について計算と実験を比較して方程式に用いた未知パラメタの値を決定して任意の放電条件のもとでの出力計算法を与えるとともに放電電流増加に伴う出力の飽和と減少を説明できることを示している。次いで同時競合発振状態において 3.39μm 発振線スペクトル中心からの周波数のズレに対する 6328Å 出力の変動を実測し計算結果と比較して理論の正当性を証明している。

第4章は He-Ne レーザ管の長寿命化に関する研究であるが、レーザ放電管用材料、陰極、ブリュスター窓板あるいは共振器反射鏡の接着剤等について詳細な調査検討を行い、その結果に基づいて高力アルミニウム冷陰極を用いた硬質ガラス製小形レーザ管を試作して寿命検査を行い、4,000時間経過後もその出

力が殆ど減少しないことを示している。

第5章では第2章および第4章の結果に基づいて工業用計測器機用の信頼度の高い光源として He-Ne 同軸形内部鏡レーザ管を提案し、これに使用する同軸形冷陰極の電流密度分布を測定して陰極の最適形状と配置を決定し、試作レーザ管が出力 1mw 以上、ビーム径 $0.8\text{mm}\phi$ 、広がり角 1.2mrad を持つ長寿命かつ安定な光源であることを示している。さらにこのレーザ管の環境試験を行い、くり返し 30g 衝撃、50Hz-3g の振動 5 分間、 $-20^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{C}$ の温度変動サイクル等によっても出力変動が 1% 以下であることを実証している。

第6章では干渉測長機用周波数安定化 He-Ne レーザ光源を製作するために、正および負の熱膨張係数を持つ材料をスペーサに用いて温度変化による共振器の伸縮を防止した正負形共振器を考案し、これに温度制御回路を附加して、第4章で述べた小形長寿命レーザ管に適用し、温度変動 $18\sim 30^{\circ}\text{C}$ の条件で周波数安定度 $\pm 5.6\times 10^{-7}/30$ 時間が得られることを示している。

第7章では自動焦点合わせ機構を採用した単一ビーム方式無接触ならい計測装置を考案して動作原理の解析を行うとともに装置を試作して基礎実験を行い、センサーの検出感度を規定する要因および計測精度と光学系に起因する誤差の関係について計算と実験の結果を比較している。また計測精度を向上させるために被測定面上での計測速度をほぼ一定にする準2次元ならい計測装置の研究を行い、計測例についてその有効性を明らかにしている。さらに以上の結果に基づいてセンサーの小形化、自動利得制御回路の附加、低収差レンズの採用等によって計測精度を高め、反射率の角度分布に指向性が大きいため計測精度の得難い鏡面状被測定物についても $\pm 70^{\circ}$ の入射角の範囲で $10\mu\text{m}$ 以内の精度がえられることを実証している。

第8章は He-Ne 横方向単一モードレーザビームと4象限光検出器を用いたアライナーに関する研究結果を述べている。すなわち4象限光検出法における変位対出力の関係と最小検出変位について計算を行い、試作アライナーによる基礎実験と比較している。さらにこのアライナーを長大構造物、建造物の真直度測定と変位の時間的変化の連続測定に用いこの方法の有効性について述べている。

第9章は結論であって本研究によって得られた成果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

He-Ne ガスレーザの計測への応用に関しては多くの新しい方法の提案がなされてきたが、これらの方法を工業用計測機として具体化し実用上確立させるためには、まず He-Ne レーザ光源の出力安定化、周波数安定化および長寿命化を行うことが基礎的な課題となる。つぎにコヒーレントなレーザ光源を用いたことによる特徴としての工業用計測機の高い性能と精度を発揮させるために、計測方式の開発とともに実用上の諸問題の解決が要求される。

本論文は He-Ne レーザの発振機構と諸特性に関する研究結果に基づいて工業用計測機に用いる安定光源として同軸形内部鏡 He-Ne レーザ管および簡易形周波数安定化装置を提案してその動作特性について報告し、ついでレーザ光源を用いた新しい変位計測方式の提案と解析を行い、これを工業用変位計測機として実際に用いた場合の性能と精度について述べたもので、その成果は次の通りである。

1. He-Ne レーザにおける横方向単一モード発振の出力特性を規制する諸要素とこれら諸要素の関連を定量的に検討し、レーザ光出力を最大にする最適条件を明らかにした。

2. 上記最適条件で動作する He-Ne レーザ放電に He³ アイソトープを用いるときレーザ出力が増加すること、また 200G 程度の不均一磁界を印加するとき 3.39 μ m レーザ発振の抑制と 6328Å レーザ発振出力の増加が見られることを指摘した。

3. Ne-5 準位系の速度方程式を解いて 6328Å および 3.39 μ m レーザ同時発振の場合の出力競合を解析し、6328Å 線のみが発振する条件のもとで計算と実験を比較することにより出力算定式に含まれる未知量の値を決定し、任意の放電条件での 6328Å 単一モードレーザ発振出力の算定式を与えた。またこの算定式が放電電流の増加に伴う出力の飽和と減少について定量的な評価を与えることを示した。さらに可視・赤外同時発振時の出力競合に関する定量的な実験を行い理論の正当性を証明した。

4. 放電管用管材料、陰極材料、ブリュスター窓板あるいは共振器反射鏡と放電管の接着剤等について特性検査を行い、その結果に基づいて 4,000 時間以上にわたって出力安定な長寿命レーザ放電管を製作した。

5. 工業用レーザ応用機器の光源に適した小形堅牢な He-Ne 同軸形内部鏡レーザ管を考案し、試作レーザ管について衝撃、振動、温度変化および湿度に対する環境試験と寿命試験を行い出力変動 1% 以内の長寿命・安定レーザ光源であることを証明した。

6. 工業用レーザ干渉測長機用の周波数安定化レーザ光源を開発するために温度変化による共振器長の伸縮を防止する正負形共振器を考案し、これに温度制御回路を附加して 4 項で述べた He-Ne レーザ管に適用することにより温度変化 18~30°C の環境下で高い周波数安定度 ($\pm 5.6 \times 10^{-7}/30$ 時間) が得られることを示した。

7. レーザビーム軸方向の変位計測の応用として、自動焦点合わせ機構を採用した単一ビーム無接触ならい計測装置を提案してその動作特性と計測誤差の解析を行い、試作機についての実験結果を解析結果と比較して計測精度の向上に必要な問題点を明らかにした。さらにこれら問題点を解決すると同時に被測定面上での計測速度を一定に保つ 2 次元ならい計測装置を開発して強い反射指向性を持つ鏡面被測定物においてさえビーム入射角 $\pm 70^\circ$ の広範囲で計測精度 10 μ m 以下が得られることを示した。

8. レーザビーム軸垂直面内での変位計測の応用として He-Ne レーザと 4 象限光検知検から成るアライナーを考案しその特性を計算と実験の比較から明らかにし、実際構造物の変位計測に適用してこのアライナーの有効性を証明した。

以上のように、本論文は He-Ne ガスレーザの出力特性を解明して長寿命安定レーザ光源を製作し、さらに新しい変位計測方式を考案して安定レーザ光源を用いた高性能工業用変位計測機の製作に成功したものであり、学術上、工業上寄与するところ少なくない。

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。