

氏名・(本籍)	堀	岡	一	彦
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	4970	号	
学位授与の日付	昭和55年3月25日			
学位授与の要件	基礎工学研究科 物理系専攻			
	学位規則第5条第1項該当			
学位論文題目	気体力学的炭酸ガスレーザの研究			

論文審査委員	(主査)	教授 角谷 典彦
	(副査)	教授 今市 憲作 教授 有本 卓

論文内容の要旨

気体力学的炭酸ガスレーザ (CO_2 GDL) は連続発振の大出力レーザとして代表的なものであるが、本論文はこれに関して次の3点を取り上げている。まず第一は、GDLの性能予測の基礎となる、急冷過程の振動緩和時間の検討である。たとえば、 CO 分子の振動緩和速度が、急冷過程のときに急熱時より $10^2 \sim 10^3$ 倍程度はやくなるという報告がある。一方、これらの速度間に差がないという実験結果や、逆に理論的にその差を説明しようとする試みもあるが、現状は未だ定説を得るに到っていない。第二は、レーザ装置自体の比出力を増大させることである。GDLは構造が簡単で、規模を大きくすることによって比較的簡単に大出力化がはかれるが、効率が低く、その改善が望まれる。第三は、GDLの性能の簡便な見積り法を開発することである。すなわち、GDLの性能に影響する因子は数多くあり、最適な作動条件を数値計算によって見つけようすると、これらの変数の広い範囲にわたる膨大な量の計算が必要となる。そこで、性能の全体的な見通しを得るために、その簡単な見積り法が是非とも必要である。

本論文は、これらの諸課題を解決するため、まず第一章では、 CO_2 分子の振動準位のモデル化、振動緩和方程式の導出、GDL流れのモデル化を行い、GDLの数値的な取扱い法について述べている。さらにまた、後混合型GDLの新しい解析法も提案している。次に第二章では、衝撃波管を用いて $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$ 混合気体の二次元ラバールノズル膨張流中での微小信号利得係数を詳細に調べ、混合気体の急冷過程の場合の振動緩和時間と急熱時での測定値から得られたものとの間に差がないことを述べる。その際、ノズルによる実効的な膨張比を見つめるために、静圧測定に基づく半実験的な計算法を混合気体の流れにはじめて適用している。また第三章では、GDLの比出力および効率の上昇の可

能性を持つ後混合型GDLの性能に影響する諸因子を取り上げ、理論と実験の両面から項目別に詳しく検討している。その結果、後混合型GDLの性能は、貯気槽温度を上げるとともにノズルの形状を工夫すれば大幅に改善される可能性のあること、また予混合型GDLに不可欠なHeなどが、後混合型GDLの場合にはむしろ有害となる場合があることなど、いくつかの新しい知見を得ている。さらに、第四章では、GDLの性能の簡便な見積り法を新しく開発し、詳細な数値計算結果との比較により、この方法がGDLの最適作動条件を搜し出す方法として十分な正確さを持つことを示している。最後に結論では、以上第一章から第四章までに得られた結果をまとめ全体の総括を行っている。

論文の審査結果の要旨

本論文は気体力学的炭酸ガスレーザ（CO₂GDL）に関する三つの研究をまとめたものである。まずGDLの特性決定に重要な因子となる気体の急冷過程中での振動緩和速度定数の値を検討するため、圧力駆動型衝撃波管内にラバールノズルをもうけ、P(20)発振線についての微小信号利得係数を詳細に測定した。一方ノズル壁面の境界層の影響を考慮したノズル有効断面積を用いた解析と数値計算を行なうことにより、CO₂GDLの場合、その緩和速度は気体の急熱時におけるそれと大差なく、アンダーソン等によって定式化されている緩和時間の値が妥当なものであることを示した。ついで、GDLの効率改善の試みとして、種々の条件下で後混合型GDLの利得係数や出力を測定し、CO₂分子の混合法としてはレーザキャビティ部での流れ方向の混合が優れていること、貯気槽温度（1000K～1500Kの範囲）の上昇と共に出力がほぼ直線的に増加すること、予混合型のGDLでは不可欠であったHeガスの混合が二次的な効果または逆効果しかもたらさないことを示し、高効率化が期待される後混合型GDLの諸特性をあきらかにした。最後に、GDLの最適作動条件を見出す簡便法として、急速凍結近似を用いる方法を提案し、従来の龐大な数値計算による結果と比較し、この簡便法が実用上十分の精度をもつことを確めた。

以上CO₂GDLに関し、三つの重要な知見をつけ加えたことは学位論文としての価値があるものと認められる。