

氏 名	伊 藤 寛 いとう ひろし
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 598 号
学位授与の日付	昭 和 54 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	理 学 研 究 科 物 理 学 第 一 専 攻
学 位 論 文 題 目	ナトリウム 2 原子分子からの誘導放出

論文調査委員 (主 査) 教 授 端 恒 夫 教 授 中 井 祥 夫 教 授 浅 井 健 次 郎

論 文 内 容 の 要 旨

申請者の主論文における研究は、ナトリウム 2 原子分子 Na_2 からのレーザ発振に関するものである。申請者は heat-pipe-oven 中の Na 蒸気を (緩衝気体として Ar を混入) を 600~700 nm 附近の光で強く励起すると、800 nm 近傍に從來知られていなかった数10本の誘導放出線が現われることを見出した。これらの放出光の強度は Na の密度約 $10^{14} \sim 10^{15} \text{cm}^{-3}$, 励起光の強度約 10~30 KW の所で急激に ($10^6 \sim 10^7$ 倍に) 増加し、又鋭い指向性を持つことが確められた。これらの事実は観測された誘導放出光がレーザ発振の特性を持つものであることを示している。

励起及び放出の波長範囲と多数の複雑なスペクトル線の構造から、誘導放出光は Na_2 分子の励起状態 $A^1\Sigma_u$ と基底状態 $X^1\Sigma_g$ 間の遷移に由来するものであることが推量される。しかし直接のスペクトル比較によってこれらの発振線をほぼ連続的に分布している Na_2 分子の振動回転準位に同定することは実際上不可能である。

そこで申請者は、He-Ne レーザに同調した色素レーザ (632.8 nm), 及びルビーレーザ (694.3 nm) による選択的励起によって生ずる発振線を同定することを試みた。これらの場合は励起はやや長波長寄りであり、 $A\Sigma$ の振動量子数 v' が 20 以下の準位に励起が行なわれると考えられる。これらの準位については Kusch 等によって分子定数が精しく決定されている。申請者は観測された発振線と Kusch 等のデータを比較して、632.8 nm による励起の場合は 2 組の P-R 枝が発振し、これらは $A\Sigma$ の振動回転準位 (V', J') = (14, 45) から $X\Sigma$ の振動回転準位 (V'', J'') = (28, 46), (28, 44), (27, 46), (27, 44) への遷移であることを確認した。694.3 nm 励起の場合は 3 組の P-R 枝が発振しこれらも同定することが出来た。

しかし発振線が稠密に現われるのはむしろ短波長寄りの励起の場合で、このときには $V' > 20$ の準位が発振に関与して来るものと考えられる。これらの準位については未だ精密な分光学的データが得られていない。そこで申請者は polarization labeling 法を用いた Na_2 分子の精密な分光を行なった。これは、 $X\Sigma \rightarrow B\Pi$ 遷移を既知のアルゴンレーザ線で励起し $X\Sigma$ の振動回転準位間に分布数の差を作り、これによって label された準位を始点とする $A\Sigma$ への遷移のみを probe 光の複屈折又は円偏光二色性によって観

測するものである。この方法によって申請者は、 $V'=20$ から35までの間でP-R枝の対を約30組新しく同定した。

次に色素レーザーの出力の一部を probe 光とし、一部を増巾して励起光として用い、 $A\Sigma$ のどの準位に励起されたかを常に監視しながら、その特定の準位からの発振が起るか否かを確かめた。例えば 595.7 nm の色素レーザーで $A\Sigma$ の $(V', J')=(24, 12)$ に励起した場合には、 $X\Sigma$ の $(V'', J'')=(37, 13)$ と $(37, 11)$ への遷移が発振することが確認された。同様な実験が $X\Sigma$ の別の準位を選んで行なわれ、 Na_2 分子の $A\Sigma$ - $X\Sigma$ 遷移によるレーザー発振が起っていることが確かめられた。

発振線の起因としては Na_2 分子以外に、 Na_3 分子或は緩衝気体として用いられている Ar による Na Ar 及び Ar_2 分子等も考えるが、種々の他の実験事実を併せて考えるとその可能性は殆んどないことも指摘されている。

以上を総合して、ナトリウム蒸気を 600~700 nm の強い光で励起した場合には多数のレーザー発振線が生ずること、及びこれらは 800 nm 附近に集中して現われる Na_2 分子の $A\Sigma$ バンドからの放出であることが結論されている。

参考論文その1は液晶のラマン散乱に関するもの、その2は本論文の前半の内容に関連した速報的なものである。

論文審査の結果の要旨

現在迄に種々の物質についてレーザー発振が観測されているが、申請者の主論文における研究はナトリウム2原子分子 Na_2 からのレーザー発振を始めて見出したものである。発振線は 600~700 nm の励起に対して 800 nm 附近に数多く現われるが、申請者は綿密周到な実験によって、これらの発振線が Na_2 分子の励起状態 $A^1\Sigma_u$ から基底状態 $X^1\Sigma_g$ への遷移に由来するものであることを確認している。

レーザー発振の起源を確認するためには、放出光の性質（指向性、Threshold の有無等）を調べると同時にスペクトルの同定を行なう必要がある。しかし申請者の様な場合はスペクトルは複雑で一般にその同定は容易ではない。申請者はこの困難を励起条件の単純化と精密な分光学的手段の併用によって克服している。

即ち、まず Kusch 等によって Na_2 分子の $A\Sigma$ 状態の振動量子数 v' が20以下の準位については精密な分光学的知見が得られていることに着目し、He-Ne レーザに同調した色素レーザー、及びルビーレーザーによる選択的励起を行ない、 $v' \leq 20$ の準位の関与する発振線の同定に成功している。

次に、未だ精密な分光学的知見が得られていない $v' > 20$ の準位の関与する発振線の同定にも成功している。これは申請者の研究の最も重要な部分であるが、このため申請者はまず最近 Hänsch 等によって開発された polarization labeling 法を Na_2 分子に適用し、 $v'=20$ から $v'=35$ 迄の間でP-R枝の対約30組について新しい精密な知見を得ている。ついで labeling 法によって波長をモニターしながら、 $A\Sigma$ の特定の振動回転準位 (v', J') へ色素レーザーによって励起を行ない、この準位から $X\Sigma$ への遷移に対応するレーザー発振が起っていることを確かめている。

これらの結果から申請者は観測された多数の発振線が Na_2 分子の $A^1\Sigma_u$ - $X^1\Sigma_g$ 遷移に由来するもので

あると結論している。

申請者の研究は Na_2 分子によるレーザ発振の最初の観測であると同時に、アルカリ金属分子によるレーザ発振の最初の観測でもある。申請者の研究以後に Na_2 分子による連続発振や、 Li_2 分子によるパルス及び連続発展の実験が報告され此の種のレーザが関心を集めるようになって来ている。又レーザ発振機構に関連してこれらの分子の蛍光断面積の理論的研究も行なわれている。又申請者がスペクトル同定の為に行なった polarization labeling 法による結果は、 Na_2 分子に関する新しい分光学的知見として独立の価値を持つものである。

以上を要するに申請者の研究はレーザ分光学における先駆的な研究であって、今後の同分野の発展に貴重な寄与をなすものと言える。参考論文は何れも申請者の十分な学識と研究能力を示すものである。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。