

【 19 】

氏 名	山 本 元 種 やま もと もと かず
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 69 号
学位授与の日付	昭 和 38 年 12 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 専 攻
学位論文題目	Study on Ammonia Beam Maser (アンモニア・ビーム・メーザーの研究)
論文調査委員	(主 査) 教授 高橋 勲 教授 内田洋一 教授 田中憲三 教授 富田和久

論 文 内 容 の 要 旨

吸収型アンモニア原子時計の中心周波数が shift することが見出され、その実際上の確度は 10^{-9} が限度であることが分かった。一方アンモニア・ビーム・メーザーの発振周波数の安定であることが提唱されたが、その振舞を精密に研究することは、出力の小さいこと、高精度の比較標準が必要なこと等のため、きわめて困難な仕事であり、詳細な研究は十分にはなされていなかった。

著者山本元種は、主論文においてアンモニア・ビーム・メーザーの基本的性質を実験的に明らかにし、また高分解能分光器としてのメーザー装置の改良にも成功したのである。

第一部においては、アンモニアの反転スペクトルの 3・3 線に基づくビーム・メーザーの、特に発振振幅対 focuser 電圧特性が分子の速度分布を考慮した理論と一致することを確認し、また発振振幅対 source pressure 特性において、source pressure の或る値以上では、アンモニア分子の衝突が増加し、その結果かえって振幅が減少することを実験的に明らかにした。このことは従来理論的にも実験的にも確認されていなかったのである。

第二部においては、二台のメーザー装置を使用し、一台を比較標準とし他方を種々の動作条件の下で 3・3 線の発振周波数を測定した結果、発振振幅対周波数特性が、 N^{14} 核の電気四重極能率による三つの hyperfine components の相対強度を考慮した理論と一致することを示し、また周波数の絶対測定を行なうことにより、初めて最大振幅の発振周波数 (23870.1295 MC/S) が吸収線で測定された周波数 (23870.1300 MC/S) よりも低いことを明らかにした。このことは、3・3 線が N^{14} 核の電気四重極能率によって超微細構造を持ち、その components の相対強度がメーザー発振においては熱平衡の場合とは異なるとの解釈の妥当なことを示している。次に中心周波数の focuser 電圧による shift を従来他の人々の行なったより一桁高い精度 (10^{-11}) で観測し、その shift が理論と一致することを初めて明らかに示した。従来 source pressure の変化による発振周波数の shift に関しては、その shift の有無について相反する結果の報告がなされていた。著者は発振周波数対 source pressure 特性を種々の cavity tunings の下で測

定し、 10^{-10} の精度では、source pressure の変化による発振周波数の shift の有無は、cavity が 3・3 線の中心に同調しているかしていないかによることを確認し、上記の相反する結果は著者により統一的に解釈されたのである。

第三部においては、レーザー型分光器の改良を行なった。この型の分光器が吸収型分光器に比し、非常に高い分解能を持っていることは Gordon によって示されたが、著者は構造を簡単にしたこの型の分光器を試作し、これによって、アンモニアの反転スペクトルの 3・3 線とその magnetic satellites とまた Helmholtz コイルを取付けて、3・3 線の Zeeman 効果とを観測した。このようにして性能を確かめている。

参考論文その一では $N^{15}H_3$ の 6・6 線の発振を確認した。 $N^{15}H_3$ は N^{14} 核の電気四重極能率によるスペクトル線の超微細構造を持たず、時間および周波数の標準としてすぐれた性質を持っていることが期待されているものである。サンプルは $N^{15}H_3$ を 68% に濃縮したものを使用しているが、発振強度は計算から予想したものよりかなり弱いことが分かった。

参考論文その二はトランジスター化した副標準器としての水晶発振器を試作し、周波数変化を $\pm 1 \times 10^{-8}/\text{day}$ におさえた報告である。

参考論文その三では、アンモニアの 2・2 線に基づくレーザーの発振開始電圧と 3・3 線のそれとの比が 1.9 ± 0.02 となり、理論値とよく一致することを示した。また 2・2 線の発振振幅対 focuser 電圧特性について 3・3 線のそれと同様である結果を得た。次に 2・2 線の中心周波数を測定し、 23722.636 ± 0.005 MC/S の値を得ている。

論文審査の結果の要旨

レーザーは新しい研究分野である量子エレクトロニクスの重要な部分である。

近来、時間および周波数の標準としてスペクトル線を基準とする方式が研究されているが、我が国では主としてアンモニアの吸収線に基づく原子時計が取り上げられてきた。しかし、アンモニアの吸収線の中心周波数が shift することが見出され、実際上の確度は 10^{-9} が限度であることが分かった。一方アンモニア・ビーム・レーザーの発振周波数が非常に安定であることが Townes 等によって提唱されたが、その発振の諸特性を精密に調べることは、実際上きわめて困難であり、詳細な研究は十分にはなされていなかった。

著者は主論文においては、アンモニア・ビーム・レーザーの装置を二台使用し一方を比較標準とし他方を種々の動作条件の下で測定することを特徴とする研究を行ない、アンモニア・ビーム・レーザーの振舞を高い精度で測定し、アンモニア・ビーム・レーザーの基本的性質を実験的に明らかにしたのである。成果の主なものは次のごときものである。

- 1) アンモニアの反転スペクトル 3・3 線に基づく発振振幅対 focuser 電圧特性は分子の速度分布を考慮する理論とよく一致する。
- 2) source pressure の或る値以上では分子の衝突が増加しその結果、かえって発振振幅が減少する。
- 3) N^{14} 核の電気四重極能率による三つの hyperfine components を考慮する理論の正しいことを示し、また周波数の絶対測定によって、最大振幅周波数が吸収線で測定した周波数より低いことを明らかに

し、3・3線が超微細構造を持ち、その components の相対強度がメーザー発振においては熱平衡の場合と異なっていることを示した。

- 4) 中心周波数の focuser 電圧による shift を従来の他の人より一桁高い精度 (10^{-11}) で測定し理論との一致を初めて明らかにした。
- 5) source pressure による発振周波数の shift に関し、従来その有無について二つの相反する報告がなされているが、shift の有無は 10^{-10} の精度では cavity の同調、不同調によることを確認し、shift に関して統一的な解釈を与えた。

またメーザー型分光器を簡単化し、その性能をアンモニアの反転スペクトルの3・3線、その magnetic satellites および Zeeman 効果を観測することによって確かめた。

参考論文その一は $N^{15}H_3$ の6・6線の発振を初めて確認したものである。 $N^{15}H_3$ は N^{14} 核の電気四重極能率によるスペクトル線の超微細構造を有しないので、標準としてすぐれた特徴を有することが期待されたものである。その三はアンモニアの2・2線に基づくメーザー3・3線に基づくものと比較して理論との一致を確かめ、また2・2線の中心周波数を確定したものである。その二は長時間運転可能構造簡単な周波数の副標準器の報告である。

要するに、山本元種はアンモニア・ビーム・メーザの基本的諸性質を実験的に明らかにし、分光学的ならびに、その標準器としての応用上、重要な新知見を得たものであって、量子エレクトロニクスの分野の発展に寄与し、この分野にすぐれた研究能力を有することが認められる。

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。