

氏 名	藪崎 努 やぶ さき つとむ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 634 号
学位授与の日付	昭 和 48 年 9 月 25 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	DOUBLE RESONANCE OF ATOMS AND ITS APPLICATION TO WEAK MAGNETIC FIELD MEASUREMENTS (原子の二重共鳴とその弱磁場測定への応用)

論文調査委員 (主 査) 教授 小 川 徹 教授 木村 磐 根 教授 加 藤 進

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、光領域および高周波領域の二種の電磁場内におかれた原子がそれぞれの電磁場に対して同時に共鳴状態にある場合についての基礎的研究、またその応用としての高感度磁場測定装置の開発および超高層磁場の観測研究につきのべたもので7章から成っている。

第1章は全般的な序論であってまず二重共鳴の原理的説明を行った後、光を原子のポンピング電磁波として利用した場合、極めて近接したエネルギー準位間に大きな原子分布数の差を作ることが出来ること、その準位間の遷移を光領域の遷移として観測することが出来ること、および光照射に対する準位の移動等を高感度で観測し得ること等を説明している。つぎに本研究開始に至るまでのこの分野の進展状況につき概観し、問題点を指摘するとともに本論文の概要を述べている。

第2章では高周波磁場を極めて強くした場合即ち気体原子が多量の高周波フォトンに囲まれた場合は原子の見掛けのg因子が極端に変化する現象を述べている。高周波磁場と静磁場の方向関係が任意でしかも、気体の緩和効果をも含めた一般的取扱いを行っている。その結果気体原子においても、結晶中の金属イオンと同様にg因子に異方性の現われることを明らかにしている。また、基底状態セシウム原子のゼーマン副準位につき実験を行い理論を検証している。

第3章はレーザー発振を行っている励起状態のネオン原子についての二重共鳴の研究結果を述べている。即ちレーザー光および下のレーザー準位からの自然放出光を利用して原子の磁気共鳴を観測し、上下のレーザー準位の寿命を別々に測定する方法を考案し実験を行っている。その結果、従来間接測定に頼っていた準安定状態の寿命が直接測定された。著者はまた、ヘリウムとネオンの混合気体につきヘリウムの圧力変化によるネオンの磁気共鳴スペクトルの幅およびシフトを初めて測定している。

第4章は二重共鳴の応用として基底状態セシウム原子のゼーマン効果による弱磁場の精密測定装置の誤差についてのべている。即ち、温度変化、ポンピング光強度変化および磁場の方向変化による誤差を詳細に解析し、スペクトルの形の非対称性および原子核スピンによるスペクトルの分離の影響を理論的に明ら

かにし実験的にも証明している。

第5章は磁場測定装置の誤差を小さくする具体的方法を説明している。まずポンピング光の偏光の種類を適当に組合せることにより磁気共鳴スペクトルを対称になし得ることをのべ誤差を大幅に減少させ得ることを示している。またポンピング後の光につき偏光方向を選択することにより一層の改善がなし得ることを示している。次に著者は宇宙飛翔体に搭載する磁場3成分の測定装置につきのべている。著者の方式は飛翔体のスピン軸に垂直な方向のバイアス磁場を適当な時間間隔で断続するもので、予備実験によりその有用性を確かめている。

第6章はロケットによる磁場観測、特に高度約 100 km 附近にある電離層E領域の電流系の観測につきのべている。著者はロケット搭載可能な高感度磁場観測装置および機上データ処理装置を開発するとともに地上データ処理システムを考案している。これらの装置を用いて、夕方の比較的弱い電流系を精密に観測し電流の高度分布を明らかにするとともに地上観測の結果と対応させることにより地球磁場日変化の基準線を求め得ることを示している。

第7章では以上の各章の主要な結果をまとめて今後の問題点を指摘している。

論文審査の結果の要旨

原子・分子の二重共鳴は、周波数の異なる二種類の電磁場にこれらの粒子を同時に共鳴させることである。この現象を使うと特定のエネルギー準位の粒子数を熱平衡状態のそれより大幅に変化させて利用出来るので電子・核二重共鳴 (ENDOR), メーザー, レーザーなどに関して基礎および、応用にわたり、多くの研究がなされている。本論文で取り扱われた二重共鳴は電磁波の周波数比が極端に大きい点の特徴である。即ち一方は光波領域であり、他方は高周波領域であるので周波数比は 10^{10} にも達している。従って高周波領域での極めて微弱な信号が光領域では容易に識別検出出来て粒子と電磁波との高次の相互作用を観測し得ることとなる。本論文はこの手段により基底状態および励起状態の原子のゼーマン遷移に関し g 因子の変化、非共鳴衝突によるエネルギー準位のシフト等の基礎的研究を行うとともに、それらの結果を用いて精密な弱磁場測定装置を開発し超高層磁場の観測を行ったもので主な結果は次の通りである。

1. 強い高周波電磁場、即ち極めて多量の高周波フォトンでとりまかれた原子は g 因子の大幅な変化が見出されるが、本論文においては静磁場に対する高周波磁場の方向が任意で原子の緩和時間をも考慮した一般論が導かれた。その結果気体原子においても条件によっては g 因子が異方性を呈することおよび励起状態では極めて多くのフォトンが必要なことを初めて明らかにした。

2. レーザー発振を行っている原子のゼーマン副準位間遷移を観測することにより上下のレーザー準位の緩和時間を初めて分離して測定し、また光波領域遷移の結合と推定される高周波領域での異常に大きいスペクトルシフトを初めて見出した。

3. 二重共鳴の応用として光ポンピングされたアルカリ原子の基底準位のゼーマン効果を利用した高感度磁場測定装置の誤差につき詳細な解析を行った。特に従来明らかでなかったアルカリ原子の種類、光源の温度・光量・吸収槽の温度・光軸と磁場とのなす角などの変化による誤差を定量的に検討した。現在精密な弱磁場測定装置には著者の指摘した如く主としてセシウム原子が使用されるようになった。また誤差

を約一桁小さくし得る対称スペクトル方式を開発し、さらに地球磁場の3成分測定法を考察し、基礎実験に成功した。

4. ロケットによる超高層磁場の高精度測定システムを開発し比較的微弱な夕刻の電離層電流系の高度分布を初めて精密に観測した。得られた結果と地上における観測とを対比させて地球磁場の基準線を求めることが出来た。

以上要するに本論文は二種類の周波数の電磁波と原子との二重共鳴につき、主としてアルカリ金属のゼーマン効果に関して、基礎的研究を行ない、その結果を応用して弱磁場測定装置を開発し、又実際に超高層磁場の測定に利用したものであり、量子エレクトロニクス、超高層計測技術、超高層物理学などの広い分野にわたり数々の新しい知見を加えたものであって学術上、實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。