

論文審査の結果の要旨

氏名 山崎 高幸

この論文は、高強度サブテラヘルツ波を用いたポジトロニウムにおける超微細構造間遷移の直接測定を行った研究の結果をまとめたものである。

論文は全5章からなり、第1章では、導入としてこれまでのポジトロニウムにおける超微細構造測定実験について概説している。第2章では、実験装置の詳細について記している。第3章では、取得したデータの解析方法の実際が述べられており結果を導出している。第4章で結果について細部の検討を行い、理論との比較をしている。最後に第5章で結論を導いている。

ポジトロニウムは電子と陽電子の束縛状態であり、純粋にレプトンのみが関与する系なので量子電気力学(QED)の研究には最適である。ポジトロニウムには平均寿命142 nsで主として3光子に崩壊するスピン三重項状態のオルソポジトロニウム(O-Ps)と主として2光子に崩壊する一重項状態のパラポジトロニウム(P-Ps)がある。電子と陽電子のスピン間相互作用により、O-Psの基底状態方がP-Psの基底状態よりエネルギー準位が高い。両者のエネルギー差はポジトロニウムの超微細構造(Ps-HFS)とよばれ、水素原子などの超微細構造と較べてかなり大きく、約203 GHzである。

ポジトロニウムは、理論上不確定性の少ない系であるにもかかわらず、既存のPs-HFSの精密測定値はQEDの計算値とかなり(3.9σ , 15ppm)ずれていることが大きな問題であった。このずれが本当であれば、未発見の中性粒子の存在が影響している可能性もある。一方、これまでは高出力のサブテラヘルツ光源が存在しなかったため、既存の実験ではすべて磁場中でのゼーマン効果を利用した間接測定法を用いており、磁場の不均一性などの系統的誤差が食い違いの原因となっている可能性もある。

そこで、論文提出者は近年開発されたジャイロトロンサブテラヘルツ光源を用いて、既存の実験のような系統的誤差のない、Ps-HFSの直接遷移を測定した。新しく開発した光学系とエネルギーを蓄積するFabry-Pérot空洞共振器を用いて11kW(尖頭強度 $8.3 \times 10^7 \text{ W/m}^2$)のサブテラヘルツ光を蓄積し、世界で初めてPs-HFSの直接遷移を観測した。実験で得られた遷移強度はQEDの理論計算と一致した。

論文提出者は、ジャイロトロン以外の実験装置の開発および準備、実験実施、測定データ解析のすべての段階で深く貢献し、世界で初めてPs-HFSの直接遷移を観測することに成功した。これにより、Ps-HFSの直接の精密測定とそれによるQED理論計算との比較に大きな一歩を進めたものである。

この論文は、学問的に大変有用なものであり、また論文提出者の独創性も十分であると認められる。また、この論文は実験グループの他の共同研究者との共同

研究に基づくものであるので、論文提出者がどのような主導的な寄与があったのか審査委員会において念入りに審査した。その結果、この研究は、論文提出者が中心となり行なったものであることが明らかであることから論文提出者の主導性が十分であると判断した。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。