

| | | | |
|---------|----------------------------------------|---------|-----------|
| 氏名 | 塚 本 誠 之 | | |
| 授与した学位 | 博 士 | | |
| 専攻分野の名称 | 理 学 | | |
| 学位授与番号 | 博甲第2684号 | | |
| 学位授与の日付 | 平成16年 3月25日 | | |
| 学位授与の要件 | 自然科学研究科基盤生産システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当) | | |
| 学位論文の題目 | 非線形励起された強磁性体における静磁モードからの マイクロ波放射の研究 | | |
| 論文審査委員 | 教授 山岸 比登志 | 教授 原田 勲 | 助教授 味野 道信 |

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

YIG (Yttrium Iron Garnet) に大電力マイクロ波を加えると、励起電力がある閾値を超えたところで特定の波数を持つマグノンが不安定化を起し、マグノン数が熱平衡値を超えて雪崩現象的に増大する。不安定化を起したマグノンは緩和の過程で、他モードのマグノンと非線形にエネルギーのやり取りをする。本研究の目的は、非線形なエネルギーのやり取りによって励起されたマグノンに起因するマイクロ波放射を観測することによって、マグノンの緩和過程を調べる事である。

実験では液体窒素に浸したマイクロ波空洞共振器(キャビティ)中に YIG 単結晶を設置し、磁化容易軸[111]に対して平行に、静磁場 H とマイクロ波磁場 h を加える平行励起法によってマグノンを励起した。YIG からの放射は試料の周りに設置されたコイルによって検出され、スペクトラムアナライザーによって観測された。

入射マイクロ波によって励起されたマグノンは緩和の過程で様々なモードのマグノンと非線形な相互作用によりエネルギーをやり取りする。この過程で $k \sim 0$ モードのマグノンが励起されマイクロ波放射として観測された。つまり、放射ピークの周波数をもつ $k \sim 0$ モードのマグノンは、他のモードを介して入射マイクロ波のエネルギーを受け取っていることになる。放射の原因となる $k \sim 0$ モードのマグノンは入射マイクロ波によって最初に励起されたマグノンと結合が強く、緩和時間が長いものが選択される。本研究では、放射が静磁モードのマグノンによって現れるという実験結果を得ることができた。

今までにもマグノンからのマイクロ波放射は実験で報告されているが、この一連の研究において初めて、その放射がマグノンバンドの底に近い周波数を持ち、波数がゼロに近い静磁モードからの放射であることを明確にした。励起マグノンがいくつかのマグノン間相互作用を経て次第に周波数を落とし、バンドの底に集まってきて高密度ボーズ粒子となり、放射にいたったと考えることができる。

論文審査結果の要旨

磁性体においては様々な非線形現象が起こる。強いマイクロ波電力を使った平行励起法によって磁性体中のマグノンパラメトリック励起すると、ある閾値以上の励起により、特定の波数を持つマグノンが熱平衡値から大きくずれて大量に励起され、非平衡状態が出現する。この非平衡マグノン系が放射するマイクロ波を検出することにより、マグノン非平衡状態における非線形緩和現象を解明することが本論文の目的である。

本研究の実験ではフェリ磁性体単結晶YIG (イットリウム・鉄・ガーネット) を用いて、9 GHz 帯のマイクロ波により平行励起法によりマグノンを不安定増大させ、試料から放射されるマイクロ波を検出した。マグノンバンドの底近くから放射されるマイクロ波をスペクトルアナライザやデジタル・オシロスコープを用いて詳しく調べ、それらが複数の、指数の異なる静磁モードからの放射であることを、強磁性共鳴の結果とも比較して結論づけた。その結果、平行励起により不安定増大したマグノンが次第にエネルギーを失いマグノンバンドの底近くの静磁モードにたまり、高密度マグノンが出現して放射に至ったことを明らかにした。また放射マイクロ波の波形を直接観測し、振幅が一定でなくゆらぎ、時には停止していることを初めて観測した。これはマグノン間の非線形相互作用により、バンドの底近くにたまったマグノン数が時間的に変動していることを示している。以上のように本論文はマグノン間相互作用およびマグノン緩和機構について新しい知見を加えた。

本論文の内容、論文発表会、参考論文を総合的に審査した結果、本論文は博士学位論文に値するものと認定する。