

非平衡マグノン系の放射マイクロ波による研究

量子物質物理学講座 41417114 藤川克巳

ここ数十年の間に、磁気共鳴の非線形現象に関する研究が盛んになっている。その中でも、非平衡マグノン系はカオス等の観測される系として知られている。マグノン系における非線形現象を研究する目的としていくつかの理由がある。その一つに磁性の原因となる交換相互作用など微視的相互作用が良く研究されているので、新しい現象を研究するのに最適な力学系である点が上げられる。しかし、非平衡領域での緩和現象にはまだ不明な点が多い。そこで、本研究は緩和過程を放射マイクロ波によって実験的に解明することを目的として行った。

強磁性体である YIG(イットリウム鉄ガーネット) に大電力マイクロ波を用いてマグノンをパラメトリック励起する。励起電力がある閾値を越えると、熱平衡状態にあったマグノンのうち特定の波数を持つマグノンが熱平衡を越えて急激に増加する。さらに励起電力を増加すると図 1 に示すように多くのモードが不安定化増大してマイクロ波放射が観測される。本研究では、YIG 薄膜について熱平衡を大きく越えた領域での、放射マイクロ波スペクトルの静磁場変化、励起電力変化を測定した。さらに、デジタルオシロスコープによる放射時系列データの直接測定、及びそのフラクタル次元解析を行った。その結果、強磁性体である YIG 薄膜に大電力マイクロ波を加えることで生じる非平衡マグノン系は、以下の特徴を持つことを明らかにした。

1. 放射マイクロ波スペクトルの測定では、直接励起される周波数 $\omega_p/2$ 、静磁モードからの放射があらわれ、高励起下ではフォノン系への緩和だけでなく、マイクロ波放射による緩和も顕著になる。
2. 放射スペクトルと強磁性共鳴による静磁モード測定との比較から、放射には、静磁モードが大きく関与している (図 2)。
3. フラクタル次元解析から、相関次元が 4~5 に収束し、 $\omega_p/2$ (共鳴モード) から放射静磁モード(非共鳴モード) へのエネルギー緩和は、少数のマグノンモードのみが関与している可能性が高い。

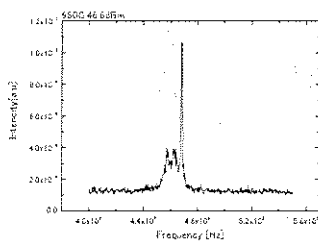


図 1:放射マイクロ波スペクトル

$H_0=980\text{G}(H_0\parallel\text{膜面})$

$\omega_p/2=4.682\text{GHz}$ 以外にもピークを持つ。

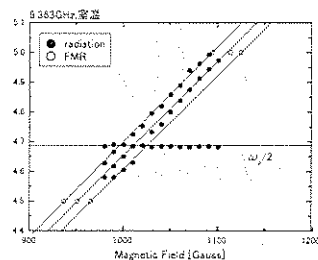


図 2:放射周波数と強磁性共鳴の磁場変化

$(H_0\parallel\text{膜面})$

静磁モード○と放射ピーク●は一致する。