

光と電子の強い相互作用(3) * * * 強磁性薄膜の『強結合』状態 * * *

関連製品：電子スピン共鳴装置(ESR)

マイクロ波光子とスピンの結合定数 g_m は、Application Note ER200007の式(1)に示したように、スピン数(磁気モーメント)の平方根に比例する。そのため、スピン数の多い強磁性体で、特に線幅が細い試料を通常の方法でFMR測定すると、『Purcell effect』よりもさらに強い相互作用による『strong coupling (強結合)』の状態が達成され、正常なスペクトルが得られない。図1(a)は、そのような『強結合』状態になってしまったときの異常スペクトルの例である。図1(d)のように、充填率を大幅に下げ、『弱結合状態』にすると、図1(c)のように正常なスペクトルが得られる。

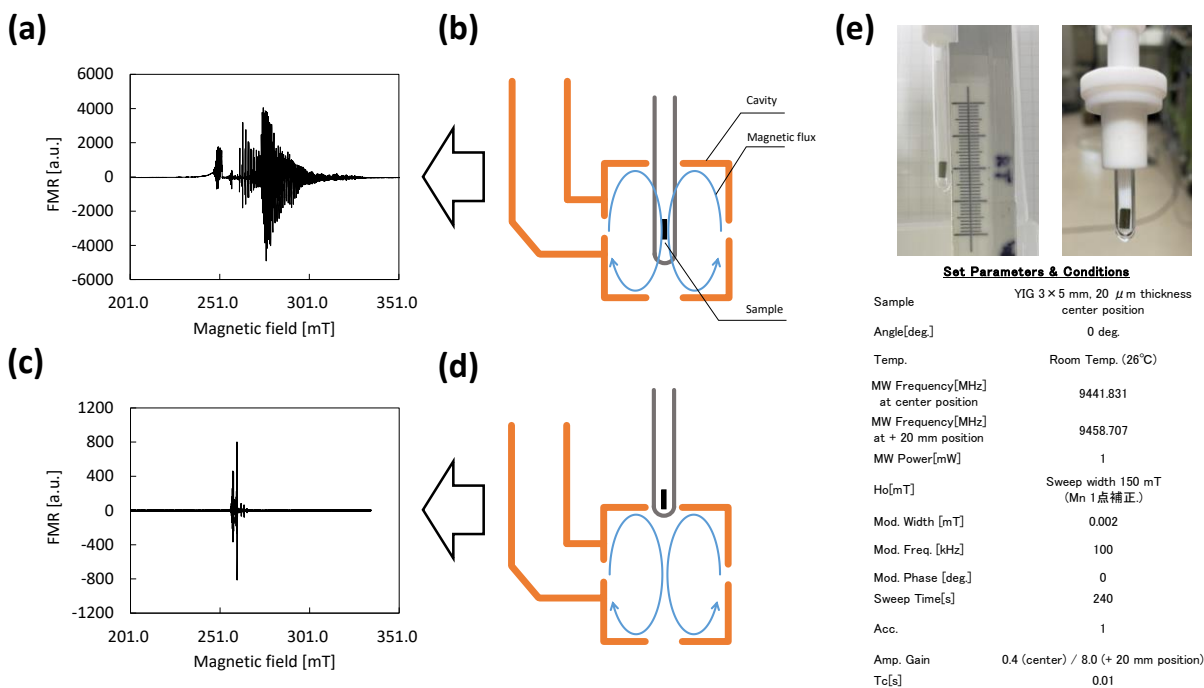


図1 強磁性薄膜試料(yttrium iron garnet (YIG))の強結合状態・弱結合状態のFMRスペクトル測定例

(a) 強結合状態によりESR装置からの異常信号を伴うYIG-FMRスペクトル。(b) (a)のスペクトルを測定したときの試料のキャビティ内配置。(c) 弱結合状態でのYIG-FMRスペクトル。(d) (c)のスペクトル測定したときの試料のキャビティ内配置。(e) YIG薄膜試料。

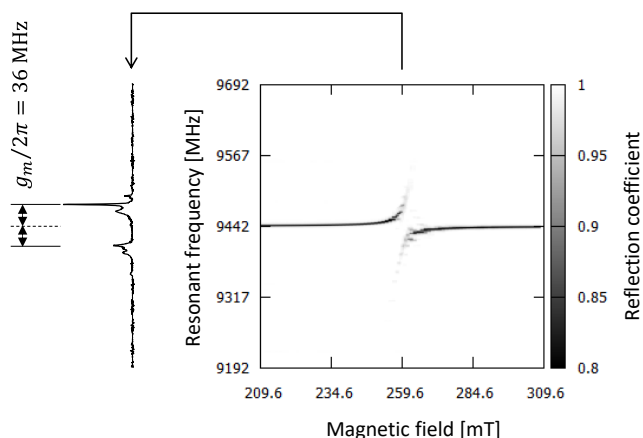


図2 YIG-CMPのキャビティ周波数スペクトルの例

『強結合状態』におけるキャビティ周波数スペクトル

図2は、上記試料をキャビティ中心にセットした状態で、キャビティの周波数スペクトル(Q-dip)を各磁場で測定した結果の二次元マップである。『Purcell effect』と違って、共鳴磁場に近づく、スペクトルのピークが完全に分離して大きくシフトしていく。矢印で示した、共鳴磁場におけるスペクトル分裂幅から、結合定数 $g_m/2\pi = 36$ MHzと見積もることが出来る。 Q_L 値約8200 ($k_c/2\pi = 0.55$ MHz)、半値幅(HWHM)約75μT ($\gamma_m/2\pi = 2.1$ MHz)より、 $g_m > k_c, \gamma_m$ なのでこの系は『強結合』状態にあると言える。このように、キャビティと強磁性体のマグノンが強結合状態にある系を『cavity-magnon polariton (CMP)』と呼ぶ。CMPは、マイクロ波の光子とマグノンのスピンの一体化して生成した『擬似粒子』とみなされる人工的な量子であり、近年、量子光学、量子情報物理等の分野で注目されている系である^[1]。

Reference: [1] M. Harder and C.-M. Hu, Solid State Physics **69**, 47 (2018).

Copyright © 2020 JEOL Ltd.

このカタログに掲載した商品は、外国為替及び外国貿易法の安全輸出管理の規制品に該当する場合がありますので、輸出するとき、または日本国外に持ち出すときは当社までお問い合わせ下さい。

