



Title	イットリウム・アルミニウム・ガーネットにおける Co <sup>2+</sup> イオンの常磁性共鳴
Author(s)	千葉, 芳明
Citation	大阪大学, 1982, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/33166">https://hdl.handle.net/11094/33166</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	千葉芳明
学位の種類	理学博士
学位記番号	第 5558 号
学位授与の日付	昭和 57 年 3 月 16 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	イットリウム・アルミニウム・ガーネットにおける $\text{Co}^{2+}$ イオンの常磁性共鳴
論文審査委員	(主査) 教授 伊達 宗行 教授 櫛田 孝司 教授 邑瀬 和生 教授 大塚 穎三 助教授 本河 光博

### 論文内容の要旨

イットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)は典型的な酸化物として磁性、分光学等の分野で重要な素材として用いられているが、いくつかの常磁性イオンの基礎データが欠けており、その充足が望まれていた。コバルトイオン( $\text{Co}^{2+}$ )もその一つで、申請者はこれに注目して  $\text{Co}^{2+}$  イオンをドープした YAG 単結晶について、マイクロ波(波長 3 cm)を用いて常磁性共鳴(Paramagnetic Resonance, ESR)の研究を行った。実験は液体ヘリウム温度から室温までの範囲で、詳細な角度変化の測定を中心に行われた。その結果、得られた知見はつきの通りである。

#### (1) Octahedral site の $\text{Co}^{2+}$ スピン共鳴

$\text{Al}^{3+}$  イオンを置換した Octahedral site に最も多い  $\text{Co}^{2+}$  スピンが存在することが明かとなった。これは [111] 軸方向に一軸性の異方性をもつもので、合計 4 種の各 8 本の超微細構造を持つセットが見出された。この  $\text{Co}^{2+}$  の基底状態は有効スピン  $S = 1/2$  で、得られた  $g$  値は、 $g_{\parallel} = 6.470$ ,  $g_{\perp} = 3.050$  である。

#### (2) Tetrahedral site の $\text{Co}^{2+}$ スpin 共鳴

$\text{Al}^{3+}$  イオンの一部は、Tetrahedral site を占めているが、 $\text{Co}^{2+}$  イオンがこの site にも入ることが明かとなった。この site は [100] 方向に一軸性の異方性を持ち、その  $g$  値は  $g_{\parallel} = 2.446$ ,  $g_{\perp} = 2.176$  と求められた。

#### (3) Interstitial site の $\text{Co}^{2+}$ スpin 共鳴

本論文の最も重要なポイントはこの共鳴の解釈にある。元来が 3 値のイオンである  $\text{Al}^{3+}$  を  $\text{Co}^{2+}$  イオンで置換したことによって charge neutrality が崩れることから、これを補償する機構がどん

ものかについてはいくつかの可能性はあるものの全く未知であった。しかし  $\text{Co}^{2+}$  の濃度を 1 % にまで上げた所、極めて多数の複雑な ESR シグナルが見出され、これを解析した結果、 $g_x = 1.94$ ,  $g_y = 3.80$ ,  $g_z = 5.57$  の主値をもつ計 24 site を占める  $\text{Co}^{2+}$  スピンのものによることが明かとなった。これを解析した結果、2つの Tetrahedral site  $\text{Al}^{3+}$  イオンの中間位置に入った interstitial site  $\text{Co}^{2+}$  スピンの存在が確定した。この結果、YAG は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と同じく interstitial  $\text{Co}^{2+}$  イオンの存在によって charge neutrality が保たれている事が明かとなった。この知見は同じくガーネット型の典型的結晶として磁性研究に重要なイットリウム・鉄・ガーネット (YIG) における磁性の高次の理解にも有用なモデルを提供するものである。

### 論文の審査結果の要旨

ガーネット系の各種化合物の物性は、この物質が磁性材料、あるいはレーザー素子など多くの応用面をも有している事もあってこれまで各種の研究が行われて来ており、これらを母体とした不純物の電子スピン共鳴もかなりの結晶について報告されている。しかしイットリウム・アルミニウム・ガーネット [YAG] における  $\text{Co}^{2+}$  スピンについてはこれまで研究されていない。

本申請者はこの系について低温から室温まで単結晶の電子スピン共鳴の角度変化を詳細に調べた。その結果、2種の  $\text{Al}^{3+}$  イオンを置換した位置に入る  $\text{Co}^{2+}$  スピンの共鳴を見出し、これらの g-テンソル、および超微細構造定数の決定を行った。つづいて本申請者は  $\text{Co}^{2+}$  スpin の濃度を変えて研究を進めた結果、極めて複雑な、しかし系統的な角度依存性を示す一群の弱い吸収線が  $\text{Co}^{2+}$  スpin 濃度を増加させる事によって現われる事を見出した。これを解析した結果、この吸収は結晶に 24 個の磁気的に非等価な interstitial site に入った  $\text{Co}^{2+}$  スpin (有効スpin 1/2,  $g_x = 1.94$ ,  $g_y = 3.80$ ,  $g_z = 5.57$ ) からくるものであることをつきとめた。これはまた  $\text{Al}^{3+}$  を  $\text{Co}^{2+}$  で置換したために生ずる Charge neutrality のズレが、若干の  $\text{Co}^{2+}$  を interstitial site に配する事によって修復されている事を示すものであり、ガーネット系でこれまで知られていなかった charge neutrality mechanism を初めて明かしたものとして高く評価される。以上のような新らしい知見をもたらした本論文は理学博士の学位論文として充分の価値あるものと認める。