

新博士紹介

1. 氏名 小泉昭久 (現：姫路工業大学理学部
物質科学科)
2. 専攻大学院名 岡山大学大学院自然科学研究
科
3. 学位の種類 博士 (理学)
4. 取得年月 1992年3月
5. 題名 X線共鳴交換散乱による強磁性 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$
B化合物の研究

6. アブストラクト

近年の放射光利用技術の進歩によりX線による磁気散乱・吸収実験が可能となっており、磁性研究の新たな手法として期待されている。その中の一つであるX線共鳴交換散乱は、電気的多重極遷移とパウリの排他律に由来するものとして説明さ

れており、磁化に敏感である。実験的には、強磁性体試料に磁場を加え、その向きを反転させたときのブラッグ反射強度の違いから非対称度 $R_a = (I\uparrow - I\downarrow) / (I\uparrow + I\downarrow)$ を求める。ここで、 $I\uparrow$ ($I\downarrow$) は、磁化の向きが、散乱面の法線ベクトルに平行 (反平行) のときの反射強度である。また、X線の吸収端を利用するため、原子種を選択できるという利点がある。吸収端の近傍で、エネルギーを変化させながら測定を行なうと、X線磁気円二色性と同様に、フェルミ準位より上の非占有準位のスピンの偏極や、軌道磁気モーメントの大きさを反映したスペクトルが得られる。特に、希土類元素の $L_{2,3}$ -吸収端において大きな共鳴交換散乱の効果が期待されるので、研究対象としては希土類元素を含んだ磁性体が有利である。本研究で試料として用いた $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 化合物は、強力な永久磁石として広く

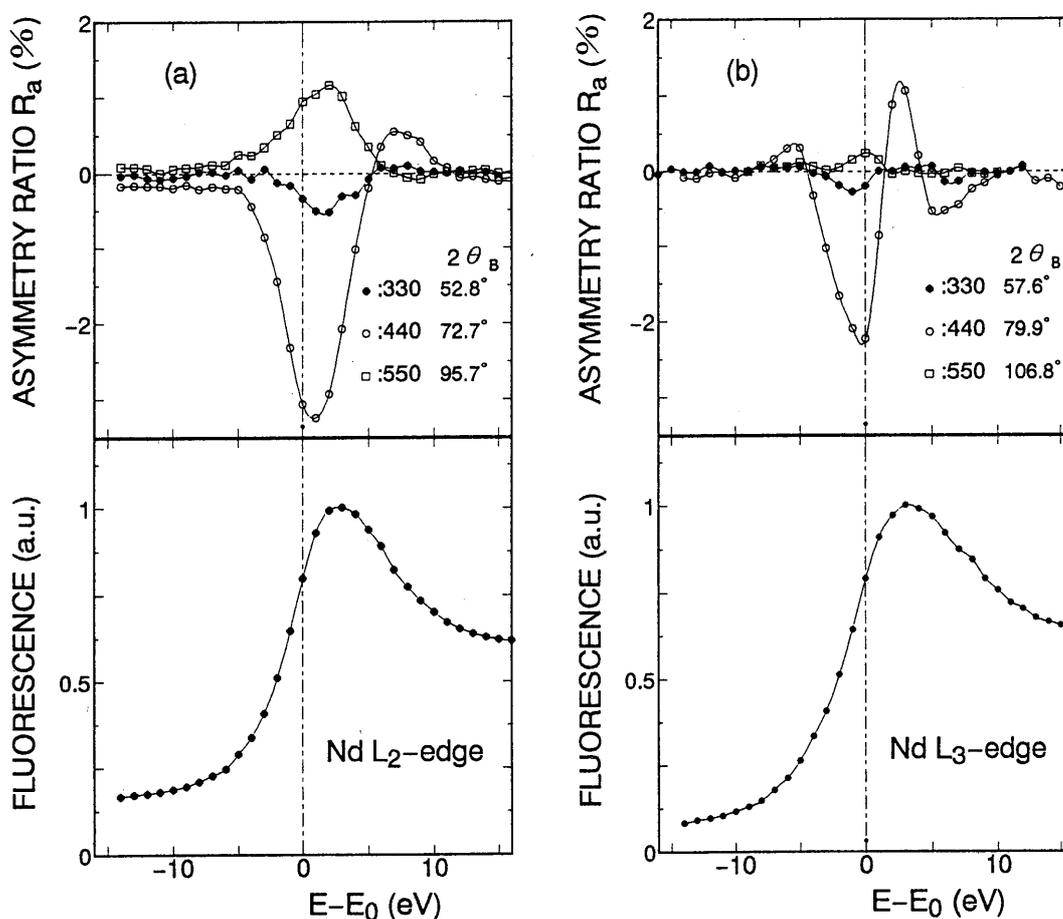


図1 ND $L_{2,3}$ -吸収端における非対称度

応用されている。この物質は、135K付近でスピン再配列現象を起こし、磁化がc軸方向から[110]方向に傾く。室温以下での磁気異方性は、Nd副格子の異方性が中心的役割を果たしていると考えられる。Nd原子には、4fと4gの2つの原子サイトがあり、理論的にはNdに働く結晶場とNd-Fe間の交換相互作用を取り入れた計算により磁化の傾き角が計算されている。各サイトの磁気モーメントは異なる角度で傾いていると考えられているが、実験的には明らかにされていない。本研究では、X線共鳴交換散乱をNd₂Fe₁₄Bの磁性研究に応用し、次のような結果を得た。

(1) Nd L_{2,3}-吸収端の比較

440反射におけるL_{2,3}-吸収端での測定から非対称度を求めた(図1)。Nd₂Fe₁₄Bの状態密度の計算結果からスピン偏極を見積り、各吸収端での非対称度との比較を行なった。その結果、L₂-吸収端での非対称度は、主に双極遷移によっており、Nd 5dバンドのスピン偏極と定性的に一致していることがわかった。しかし、L₃-吸収端での非対称度は、L₂-吸収端での結果から予想されるスペクトルとは異なった複雑な構造を示している。原因として4f状態への四重極遷移の寄与、あるいは5d状態の軌道磁気モーメントの寄与が考えられる。

(2) 散乱角依存性

次に、非対称度の散乱角依存性を調べた。非対称度に対する双極遷移と四重極遷移の寄与は散乱角依存性が違う。従って、異なる反射指数で測定を行ない、スペクトルの形状変化をみれば、それぞれの寄与を識別できる可能性がある。図1(a)(b)にL_{2,3}-吸収端における、330、440、550反射の非対称度を示す。L₂-吸収端での非対称度スペクトルは、各反射とも同様な形をしており、(1)で述べたとうり双極遷移の寄与が大きいことがわかる。一方、L₃-吸収端では、スペクトルの形が変化している。これは、四重極遷移の寄与が存在して

いることを示唆している。また、スペクトルの形だけでなく、その大きさについても検討した。散乱角を θ_B とすると、双極遷移の場合、非対称度の大きさは理論的に $\tan 2\theta_B$ に比例する。L₂-吸収端の非対称度は、 $2\theta_B > 90^\circ$ の550反射で符号を変えてはいるが、その大きさは $\tan 2\theta_B$ に比例していない。これは、試料がNd₂Fe₁₄Bのような化合物の場合、各反射指数における構造因子が異なるため、全反射強度に対するNd原子からの反射の割合が反射指数により異なるためであると考えられる。そこで、散乱角と構造因子について非対称度の補正を行なうと、440と550反射のスペクトルはよい一致を示したが、330反射のそれは補正後も異なる大きさを示した。構造因子の計算より、330反射は主に4gサイトのNd原子を、440と550反射では4fと4gの両サイトのNd原子を反映していることがわかり、反射指数による違いは、サイトの違いを反映しているのもと考えられる。吸収端を利用することで原子種を選択できるだけでなく、反射指数を選ぶことにより、さらに原子サイトも選択可能であることがわかった。

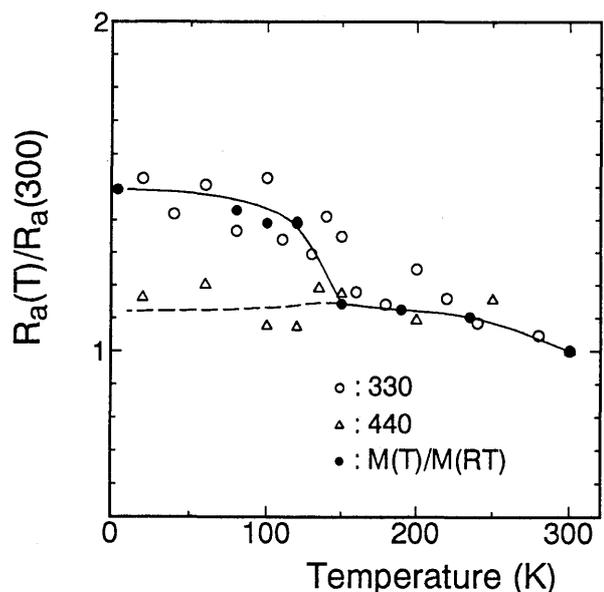


図2 非対称度の温度変化

各値は、比較のための室温の値で規格化

●は、Nd原子の磁気モーメント

(3) 温度変化

(2)の結果をうけて、 L_2 -吸収端において330と440反射の非対称度の温度変化を測定した(図2)。非対称度の大きさは、磁化の大きさに比例するが、スピン再配列によるc軸からの傾き角も反映している。330と440反射における非対称度の温度変化の違いから、各サイトのNd磁気モーメントが、それぞれ異なる角度をもってスピン再配列を起こすことが実験的に明らかにされた。4fサイ

トの磁気モーメントは、c軸から大きく傾いており容易面型の異方性を好む傾向がみられるが、4gサイトの磁気モーメントは、ほぼc軸方向を向いていると考えられ、容易軸型の異方性を示している。Nd₂Fe₁₄Bのスピン再配列現象に対し、Nd-Fe間の交換相互作用に由来する分子場よりも、Ndイオンの各サイトに働く結晶場の違いがより大きな役割を果たしていると考えられる。

(受付番号92010)

バックナンバー紹介

放射光科学講習会テキスト

放射光リングからの高輝度X線, 紫外線の利用

主催 日本放射光学会(本学会第5回年会のプログラムの一部として開催)

体裁 B5版, 104頁 定価 2,000円(送料込)

内 容

- | | |
|------------------------|----------------|
| 1. 高輝度放射光利用のあらまし | 石井武比古(東大物性研) |
| 2. 高輝度放射光源 | 富家 和雄(高工研名誉教授) |
| 3. 高輝度紫外線の利用 | 太田 俊明(広島大理) |
| 4. 高輝度X線の利用 | 千川 純一(姫路工大理) |

申込先 日本放射光学会事務局 〒112 文京区小石川2-3-4 川田ビル アイオニクス(株)内

TEL 03-3812-0920 FAX 03-3812-3997

☆申込用紙に必要事項をご記入の上、郵送またはFAXにてお申込み下さい。

..... 切りとり線

バックナンバー購入申込用紙

ご希望書籍名 _____ ご希望冊数 _____ 冊

お名前 _____ 所属機関(部, 科, 課) _____

送付先ご住所 〒 _____

_____ 電話 _____