

(様式 2)

議事録番号

提出 平成 27 年 3 月 19 日

会合議事録

研究会名：核共鳴散乱研究会

日 時：2015 年 3 月 6 日 (月) 13 時 30 分から 17 時 30 分

場 所：名古屋工業大学 (名古屋市昭和区御器所町) 21 号館 2 階 210 共通
会議室

出席者：河内泰三(東大)、田中雅章(名工大)、池田修悟(兵庫県大)、岡田京子
(JASRI)、増田亮(京大)、岸本俊二(KEK)、依田芳卓(JASRI)、世木 隆((株)
コベルコ科研)、三井隆也(原子力研究開発機構)、瀬戸誠(京大)、岡林
潤(東大)、東正樹(東工大)、中村真一(帝京大)、小林康浩(京大)、櫻井
吉晴(JASRI)、黒葛真行(京大)、春木理恵(KEK)、大久保篤伺(名工大)、
安藤聡伸(名工大)、齋藤真器名(京大)、松本裕司(名工大)、壬生攻(名
工大)、小林寿夫(兵庫県大)

計 23 名

議題：放射光核共鳴散乱法を用いた研究の現状と今後の展開の発表と調査課題
の議論・研究開発成果の展開について

議事内容：

1. 「核共鳴散乱法を用いた Fe/TiO₂(100) 薄膜の光照射による酸化の観測」 河
内泰三(東大)

TiO₂ は紫外光での光触媒活性を有する材料として知られており、さらに長
波長で活性を持つ材料が探索されている。近年、TiO₂ 中への Fe 添加により、
可視光領域で触媒効果が示された。TiO₂ 粉末への酸化被膜形成や添加法によ
り触媒活性を調べる研究は行われている。しかし、可視光触媒活性の機構を
解明するには、TiO₂ 表面における鉄の化学状態と光応答特性を明らかにする
ことが不可欠であるが、添加試料やナノ粒子試料で、合金と TiO₂ の界面や
表面が混在し可視光活性の正確な解明が難しくいまだに、光吸収、光触媒過
程の議論が続いている。このメカニズムを解明するためには TiO₂ 表面に形
成された鉄薄膜の光活性を調べる必要がある。これにより鉄チタン合金及び
界面も踏まえたメカニズムの解明が可能となる。今回、TiO₂(100)上に Fe を

蒸着し、その酸化状態を調べた結果の報告を行った。

2. 「 ^{57}Fe 放射光メスバウアー分光法を用いたスピンホール効果検出の試みと今後の実験提案」 田中雅章(名工大)

近年、非磁性体細線中を流れる電子が細線中の原子とのスピン軌道相互作用により散乱を受け、電子のスピン自由度による分極(スピン分極・スピン蓄積)が生じるスピンホール効果が注目されている。電流が流れている時のみに生じる非平衡なスピン分極は、スピントロニクス技術を用いた機器では重要な要素であるが、現在用いられているスピン分極の生成源はすべて強磁性金属である。スピンホール効果によるスピン蓄積は非磁性体であれば半導体のような金属以外でも可能であるので、デバイスへの応用の自由度が広がることが期待できる。そのためスピンホール効果は様々なアプローチ法でその材料依存性等が調べられ、プラチナが最も大きなスピンホール効果を示すことが知られている。一般的にスピンホール効果の直接観測は難しく、スピンホール効果の大きさの深さ依存性は材料内部での挙動を調べる上で重要であるがこれまで研究例はない。我々はメスバウアー分光測定が特定原子にのみ敏感であり、その原子を試料の特定の位置のみに使用することでその深さにおけるスピン分極の評価が期待できることから、スピンホール効果の試料表面からの深さ依存性のメスバウアー分光測定による評価を試みた。試料に高電圧を印加する内部転換電子メスバウアー分光法では今回のような通電状態での測定は難しいので、放射光メスバウアー分光測定を行いその結果の報告を行った。

3. 「 ^{151}Eu 及び ^{57}Fe 核共鳴前方散乱実験による圧力下 EuFe_2As_2 の磁性と超伝導の相関」 池田修悟(兵県大)

鉄系超伝導体の母物質である正方晶 EuFe_2As_2 は、190 K で斜方晶への構造相転移と Fe サイトの磁気秩序を同時に示し、さらに 19 K で Eu^{2+} サイトが反強磁性に相転移する。加圧により Fe サイトの磁気秩序温度は減少し、超伝導が発現する。 ^{151}Eu 及び ^{57}Fe 核共鳴前方散乱 (以下 NFS) 実験から超伝導状態での EuFe_2As_2 の磁性の変化を調べた。2.7 GPa における ^{57}Fe 核 NFS スペクトルの温度依存性から、常伝導状態である 37 K のスペクトルは、常圧の磁気構造で解析することができる。次にバルクの超伝導が発現する 3.8 K では、常圧の磁気構造では解析できず、 c 軸方向に内部磁場の方向が変調するモデルでスペクトルを再現できることが分かった。一方、2.7 GPa, 3 K における ^{151}Eu 核 NFS スペクトルは、常圧の磁気構造を仮定してスペクトルを再現でき、超伝導による影響は観測されなかった。以上の結果から、新しい磁気

構造を持つ Fe サイトの磁性と超伝導との関係を考察し、その報告を行った。

4. 「核共鳴散乱で測定したソーダガラス（ネットワークガラス）のボゾンピークの可能性」 岡田京子(JASRI)

ガラス中の鉄はガラスの着色と透過率(近赤外域、可視光、近紫外域)を大きく左右する。ガラスの着色と透過率の変化はガラスの特性や品質安定性に影響するため、ガラス中の鉄の状態解明が求められている。ガラス中の鉄の構造は長年の研究対象であるが、未解明である。そこで、放射光を用いた測定手法の組み合わせ(核共鳴散乱と XAFS)による微量鉄(実用ガラスにおける濃度:100ppm-数%)の状態解析を試みている。本研究会においては、常温と冷却で取得した、ソーダ石灰ガラスの核共鳴非弾性散乱スペクトルを紹介した。ソーダガラス(ネットワーク構造ガラス)は非晶質であって従来の核共鳴散乱コミュニティーが扱う試料とは性質を異にしている。このため、核共鳴散乱コミュニティーが研究の際に用いる議論法・解析法では定量的な状態解析が難しいと判断した。このため、核共鳴散乱のプロが集う SPRUC 研究会での議論をお願いしたいと思い、発表を行った。結果、核共鳴散乱のプロ集団にとっても、この新知見への立ち向かいは、どうやらとても難しいらしいということが分かった。

5. 「冷凍機を用いた放射光メスバウアー吸収分光法の開発」 増田 亮(京大)

放射光メスバウアー吸収分光法では様々な同位体をプローブとしたメスバウアースペクトルの測定を可能にする手法である。実際、これまでに ^{151}Eu ・ ^{149}Sm ・ ^{57}Fe ・ ^{119}Sn ・ ^{189}Os ・ ^{125}Te ・ ^{40}K ・ ^{129}I ・ ^{174}Yb ・ ^{73}Ge ・ ^{61}Ni といった同位体での測定が実現している。(1)100keV 程度までのエネルギーに対する放射光の連続エネルギースペクトル性(2)適切な(10~100ns)間隔で繰り返される時間的パルス性を利用する手法であり、原理的にはこの2つの特性をもつ光源があれば測定できる手法ではある。しかし、実運用としては、多くの同位体ではメスバウアー効果の起きる確率を高めるために、測定試料およびエネルギー基準体の冷却が必要になる。これまでは液体ヘリウムで冷却してきたが、その価格の高騰は目を見張るものがあり、冷凍機冷却によるヘリウムの節約が求められる状況になってきた。パルスチューブ冷凍機を用い、冷凍機でエネルギー基準体を冷却する測定系を製作した。このシステムでは(1)40 K までのエネルギー基準体冷却、(2)エネルギー基準体-検出器間の距離 3mm による広立体角での高効率測定の二つを実現した。一方で、冷凍機ではその振動がメスバウアー測定における速度制御に不定性をもたらす懸念がある。その検証のため、 ^{57}Fe のメスバウアースペクトルを冷凍機の駆動・

停止で比較したところ、およそ 0.2 mm/s の吸収線幅の広がりが見られた。上述の測定実績のある同位体のうち ^{57}Fe を除く 10 同位体では理想幅が 0.64 mm/s \sim 15 mm/s であり (うち 8 同位体は 1.3 mm/s 以上)、多くの場合に問題にならない程度であると予想されることが示された。

6. 「Si-APD リニアレイ検出器およびシンチレーション検出器の開発状況」 岸本俊二 (KEK)

シリコン・アバランシェフォトダイオード (Si-APD) を比例モードで動作させる超高速 X 線リニアアレイ検出器を開発している。100 μm サイズのピクセルを使ったリニアアレイによってピクセルサイズ以下の空間分解能で試料位置を識別し、放射光核共鳴散乱での核放射線をナノ秒オーダーで選別、サンプリング時間間隔ごとに時系列で連続計数を行うマルチチャンネル・スケーリング (MCS) 法によってナノ秒時間分解能で時間スペクトルが測定できる。64 ピクセル (ピクセルサイズ: $^{\text{H}}100\mu\text{m}\times^{\text{V}}200\mu\text{m}$ 、H 方向 150 μm ピッチ)、有感部長さが $^{\text{H}}9.6\text{mm}$ 、空乏層厚 10 μm の Si-APD リニアアレイ検出器を使って 1 ns サンプリング時系列連続計数測定を行い、鉄-57 (14.4keV, 半減期: 98 ns) 放射光核共鳴散乱実験への応用を試みた。鉄箔 (Fe-57 90%濃縮, 4 μm) の核共鳴前方散乱スペクトル (外部磁場なし) から、鉄箔の磁区ごとに内部磁場の向きが異なることを反映した時間スペクトルがピクセルごとに得られた。引き続き、 $^{57}\text{FeBO}_3$ 結晶に RF 磁場を印加した測定も試みている。現在、MCS システムの時間分解能を引き上げて 0.7ns (FWHM) を得ることを目標にサンプリング時間: 0.5 ns の MCS ボードを開発中である。エネルギー X 線領域での十分な検出効率を得るため、Si-APD を受光素子として使うシンチレーション検出器の開発も進めていることが発表された。

7. 「BL09XU の現状と今後」 依田芳卓 (JASRI)

核共鳴散乱ビームライン BL09XU の現状と今後の展開について以下の点に関して説明・紹介した。特に、2014 期の課題・運用については、2014A 期より HAXPES 課題の受け入れの状況についての説明が行われた。次に、2014 年度のビームライン附属設備の改造・整備 (BL モノクロメータ、スリット、など) についての説明が行われた。

8. 「総合討論 次期計画」 小林寿夫 (兵庫県)

依田氏の SPring-8 II 計画についての説明のあと、実現予定のバンチモードがマルチバンチモードのみであることが問題であるとの認識で出席者全員の認識が一致した。今後、核共鳴散乱測定に必要なバンチモードについて、研究会として施設側へ積極的に提言していくことでも一致した。