

## 簡易磁場変調器を用いた強磁性金属ナノ粒子の磁場吸収分光

(東京工芸大工) ○實方 真臣、小泉 清匡、佐藤 貴章

【序】 強力な永久磁石の回転を利用した簡易磁場変調器とそれを利用した磁場吸収分光計の試作に関する研究について、昨年度の本討論会において報告を行った。今回は、この簡易磁場変調器を用いた磁場吸収分光計によって高分子中に分散された強磁性コバルトナノ粒子の磁場吸収スペクトルの測定を試みたので、その結果について報告する。実際の実験では、外部磁場 0.6T 程度での測定においてコバルトの 3d 電子のバンド間遷移に由来していると思われる磁場吸収スペクトルが観測されており、発表当日はコバルトナノ粒子の示すこの磁場吸収の由来とその電子構造との関わりについて議論する予定である。

【実験】 図1に本研究で用いた磁場吸収分光計の概略を示す[1]。この分光計は主に、永久磁石を利用した自作の磁場変調器ユニットとそれを格納する市販の自記分光光度計から構成される。

この簡易磁場変調器は、一枚のアルミディスク ( $\Phi 55 \times 8\text{mm}$ ) に 16 個のネオジム磁石 ( $\Phi 8 \times 6\text{mm}$ , 4700G) を円周に沿って N 極 S 極 N 極と交互の極で並べたもの二枚を、特定の空隙を持たせて回転軸に固定した構造となっている。これら二枚のディスクは、それぞれのディスク内にある磁石が直列となるように対向させて固定されてある。このアルミディスクを DC ブラシレスモーター

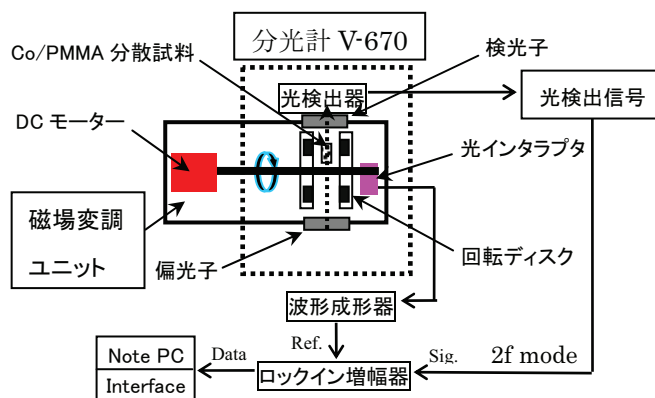


図1 回転磁場変調型磁場吸収分光計

(BMX230A、オリエンタルモーター) で高速回転 (最大 3000rpm = 400Hz の変調周波数に相当) させることで永久磁石を用いた AC 磁場変調を実現した (図2)。一方、この磁場変調器を用いたときの磁場制御に関しては、回転ディスクの間に樹脂スペーサーを挿入することで磁石間の空隙にできるパーミアンスが変化し、それによって可変磁場を実現した[1, 2]。実際に空隙中心部の磁場をガウスメータ (6010 型、F. W. BELL) で計測したところ、空隙間隔約 2~10mm の変化に対し

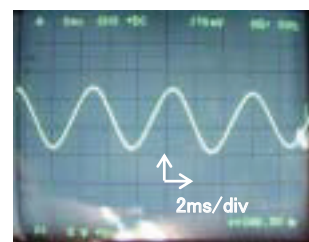


図2 AC 変調磁場の様子

て、約 7000~1000G の範囲で磁束密度の制御が可能であることが確認された。磁場吸収測定は、この磁場変調器ユニットを近赤外分光光度計 (V-670 型、日本分光) の試料室に収め、クロスニコル法を介して得られる分光計からの光強度の出力信号をロックイン増幅器に直接取り込むことで行われた。その際、クロスニコル法を用いたフォークト配置で得られる磁場吸収の光応答は磁場強度の 2 乗に比例することが予想されることから、その信号成分のみを抽出するために計測は 2f モードで行われ、ロックイン増幅器からの出力データは USB インターフェースを介してコンピュータで自動取得された。今回の測定に用いた強磁性金属ナノ粒子の試料は、新光化学工業所の Co ナノコロイド (平均粒径: 2~5nm) を素材として、それをポリメチルメタクリレート (PMMA) 11wt% で分散させ、光路長約 1.4mm の微小な直方体に形成固化されたものを用いた。

【結果と考察】 金属コバルトでは、2eV 付近に強い磁気光学効果（カー効果）を示すバンド間遷移のあることが知られており、最近同様な磁気光学効果に因む光吸収が 10nm 程度の平均粒径を持った金属酸化物マトリクス中のコバルトナノ粒子でも報告されている[3, 4]。一方、溶液中に単分散されたチオール保護コバルトナノ粒子（平均粒径：60～100nm 程度）の光吸収スペクトルは、2.5eV 付近に明瞭なピークを示し、前者と大きく異なったものとして報告された[5]。さらに、その光過程についても表面プラズモン共鳴由来と考えられるなど、コバルトナノ粒子の光吸収については不明な点が多く、いまだにバンド構造と対応した帰属例もない状態にある。

今回測定に用いたコバルトナノ粒子/PMMA 分散試料の光吸収スペクトルは、比較的前者に近いものとなっており、光吸収の系の違いによる個別励起性か集団励起性かの違いについては、粒径に強く依存するものではないかと推測される。そして今回、このコバルトナノ粒子に対してフォークト配置での磁場吸収測定を行い得られた磁場吸収スペクトルの結果が、図 4 である。光吸収の一次微分スペクトル（図中赤色）に表れた 1.9eV のピークに対応したところに、磁場強度の増加とともに磁気吸収のピークが増大して観測されていることが分かる（図中矢印）。極めて最近、同程度の磁場を用いたファラデー効果による PMMA 中のコバルトナノ粒子（平均粒径：3.5～11.6nm）の磁気光学スペクトルが観測され、同じく 2eV 付近のバンド間（内）遷移が磁気光学応答を示すことが報告された[6]。しかしながら、本研究のようにフォークト効果に対する磁気光学応答の観測例は、これまであまり知られていない。今のところ本研究は 4000G 程度以下の低磁場での測定（図中橙色）においては S/N 比および検出感度の問題から磁場吸収を確認できていないものの、今後、より詳細な磁場依存性の観測を通じて、フォークト効果の可能性およびその機構について検討を試みる予定である。

【参考文献】 [1] 小泉、佐藤、實方、第 2 回分子科学討論会要旨, 1P037 (2008) : [2] H. C. Roters, in *Electromagnetic Devices* (John & Wiley, 1941) : [3] G. Y. Guo and H. Ebert, *Phys. Rev. B* 50, 10377 (1994) : [4] C. Clavero et al., *Phys. Rev. B* 72, 024441 (2005) : [5] N. J. M. Sanghamitra and S. M.azumdar, *Lamguir*, 24, 3439 (2008) : [6] S. Ozaki, et al., *J. Phys. Appl.*, 105, 113913 (2009)

【謝辞】 Co ナノコロイドをサンプル提供して頂いた（株）新光化学工業所に感謝致します。

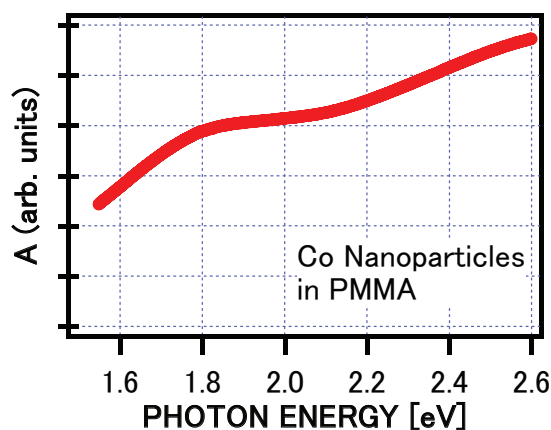


図3 コバルトナノ粒子/PMMA 分散試料の光吸収スペクトル

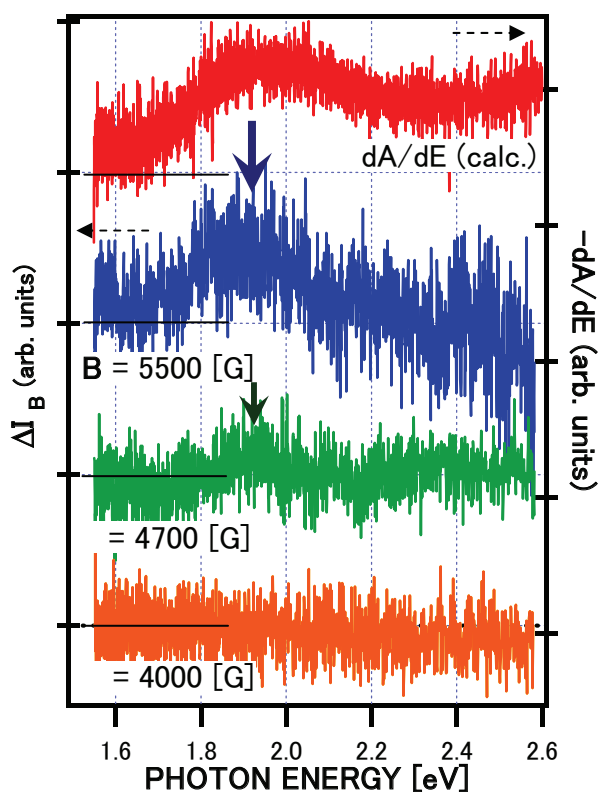


図4 コバルトナノ粒子/PMMA 分散試料の磁場吸収スペクトルと磁場依存性