

希土類ナノ磁石の交換相互作用評価

Determination of Exchange Interaction in Lanthanide Nano-Magnets

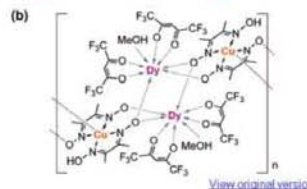
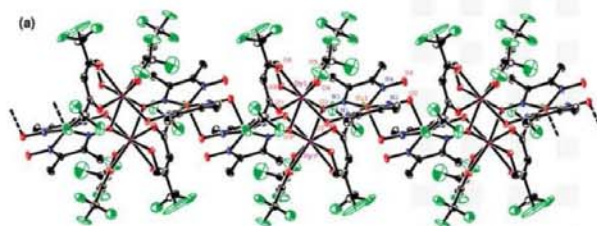
軽くて強くて極微小の磁石開発のために、希土類-有機化合物-遷移金属の複合した分子磁石の開発が注目を集めている。しかし、このようなナノ磁石に対して、開発の鍵となる磁気結合力の正確な値を求める方法がなかった。我々は、ナノ磁石の高周波電子スピン共鳴(EPR)を用いて、ナノ磁石の磁気結合力とエネルギーレベルを決定することに成功した。本報告は、4f-3d系の磁気結合をEPR法により初めて決定したものである。これにより、ナノ磁石の系統的な評価が可能となった。

Heteronuclear complexes such as lanthanide ion - organic molecule - transition metal are of increasing interest to develop light and strong nano-magnets. However, there has been no report to determine the exchange interaction in those nano-magnets. We have reported the precise evaluation of exchange interaction and energy levels by using high-frequency electron paramagnetic resonance (EPR). The present work is the first example on determination of 4f-3d exchange parameters in the nano-magnets by means of EPR. The present study has established the definitive methodology for the systematic analysis of nano-magnets.

高周波EPRにより、4f-3dナノ磁石の系統的な評価が可能となり、今後の開発指針に貢献

我々は、ナノ磁石の系統的研究のために、右図に示すような異核複合錯体、 $[\text{Dy}^{\text{III}}(\text{hfac})_2(\text{CH}_3\text{OH})_2\text{Cu}(\text{dmg})(\text{Hdmg})_2]_n$ 、 $[\text{Dy}_2\text{Cu}_2]_n$ を合成した。この錯体は、中心部が強磁性を示すDy-O-N-Cu鎖がオキシム基で架橋した繰り返し構造をもつ。希土類イオンDyと遷移金属イオンCuとの間の交換結合力とエネルギー構造を明らかにするために、 $[\text{Dy}_2\text{Cu}_2]_n$ の多結晶試料について、低温で種々の波長を用いて、高周波EPR(34.7-525.4GHz)測定を行った。高周波EPRの高い分解能のために、精度良くDy-Cu間の交換結合力 $J/k_B = -0.895(8)$ 、 $-0.061(8)\text{K}$ が求められた。本研究により、高周波EPR法が4f-3dイオン系の交換結合力の決定に優れていることを明らかにした。

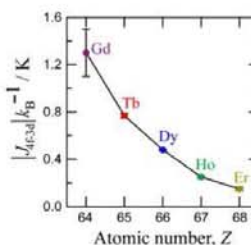
We have synthesized a variety of heteronuclear complexes such as $[\text{Dy}^{\text{III}}(\text{hfac})_2(\text{CH}_3\text{OH})_2\text{Cu}(\text{dmg})(\text{Hdmg})_2]_n$, $[\text{Dy}_2\text{Cu}_2]_n$ to develop nano-magnets. A centrosymmetric ferromagnetic unit involving the oximate bridge, Dy-O-N-Cu is repeated to form a discrete chain. To examine the energy level structure and the exchange coupling between Dy and Cu ions, high-frequency EPR spectra of a polycrystalline sample of $[\text{Dy}_2\text{Cu}_2]_n$ were measured at various frequencies (34.7 - 525.4 GHz) and temperatures. The Dy - Cu exchange couplings were precisely evaluated, owing to the high resolution of high-frequency EPR; $J/k_B = -0.895(8)$ and $-0.061(8)\text{K}$ for two independent Dy-Cu relations, where the exchange parameter is defined as J . The present study has established the definitive methodology to examine the energy level in 4f-3d heterometallic systems by using high-frequency EPR.



希土類ナノ磁石

$[\text{Dy}^{\text{III}}(\text{hfac})_2(\text{CH}_3\text{OH})_2\text{Cu}(\text{dmg})(\text{Hdmg})_2]_n$ 、 $[\text{Dy}_2\text{Cu}_2]_n$ の構造

Structure of $[\text{Dy}^{\text{III}}(\text{hfac})_2(\text{CH}_3\text{OH})_2\text{Cu}(\text{dmg})(\text{Hdmg})_2]_n$, $[\text{Dy}_2\text{Cu}_2]_n$, Hfac: 1,1,1,5,5,5-hexafluoropentane-2,4-dione; Hdmg: dimethylglyoxime.



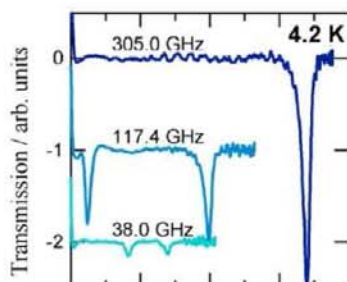
希土類-有機物-遷移金属複合ナノ磁石の交換相互作用

Exchange interactions of the heteronuclear nano-magnets of lanthanide ion-organic molecule-transition metal ion determined by the present work.



高周波EPRスペクトロメータ

High-frequency EPR spectrometer.



希土類ナノ磁石 $[\text{Dy}_2\text{Cu}_2]_n$ の4.2 Kにおける高周波EPRスペクトル

High-frequency EPR spectra of $[\text{Dy}_2\text{Cu}_2]_n$ measured at 4.2 K as a function of frequency.