

XMCD による遷移金属希薄磁性半導体 GaCrN の強磁性の研究

,江村 修一^b, 橋本 政彦^b, 田中 浩之^b, 周逸凱^b, 浅野 陵^b, 朝日一^b, 本間 徹生^a, 鈴木基裕^a, 河村直巳^a, 宮川勇人^a

^b大阪大学・産業科学研究所, ^a高輝度光科学研究センター,

背景: 昨今の情報インフラ関係の展開は目を見張るものがある。光ファイバー通信、ADSL 方式によるネットワーク等手段の発展あるいは USB データソケット等の小型大容量メディアの開発など例をあげると紙面のいとまもないほどである。それらのデバイスを支えるナノスケールエレクトロニクスは、サブミクロンスケールオーダーに加工を施されたシリコンをベースとして電子の持つ「電荷制御」による物が主である。近い将来の更なる展開には、より超高集積性、超高速性、省エネルギー性を併せ持つ新しいナノエレクトロニクスの構築が要求されており、従来のサブミクロンスケールオーダーに加工を施されたシリコンベースでの「電荷制御」によるエレクトロニクスの限界がすでに予測されている。これらを解決するためには、全く新しい機能を持つナノデバイスの開発しかなく、その一つの手段として電子や正孔の持つもう一つの自由度である「スピン」を積極的に利用することによって従来のデバイスが持っていない、全く新しい機能(特に磁性機能を合わせ持つ半導体)を持ついわゆるナノ(あるいはサブナノ)スケールで制御できるスピントロニクスデバイスが模索されている。しかし、現状のスピントロニクス材料においては、強磁性転移温度が室温以下(最高のもは 110 K)という大きな弱点があり、それを克服するために、本グループでは可視光域でも透明なワイドギャップ半導体 GaN をベースとして、それに遷移金属、その中でもっとも強磁性の発現が有力視されている Cr 元素を少量固溶させることによって、室温でも強磁性を示す新しい磁性半導体材料 GaCrN を

新規に創製した。その磁気特性に関しては、SQUID を用いて、室温以上での強磁性転移を見いだした¹⁾。室温強磁性が実現し制御可能となれば応用上大変重要な意味を持ち、この材料を使用した高性能受動・能動ナノデバイスが作製されるならば、情報化社会の更なる高度化に向けて大きなインパクトを与えるものである。この技術の確立は、半導体業界自体においても飛躍的な発展をもたらすことが期待される。

実験: 本測定に用いた試料は GaCrN 薄膜単結晶であり、プラズマ励起した窒素源を用いた分子線エピタキシー法によってサファイア(0001)基板上に GaN バッファ層を介してエピタキシャル成長したものである^{1),2)}。試料の膜厚は 100nm 程度、Cr 濃度は 1%未満であり、上述のように SQUID による通常の磁化測定によって室温で強磁性を示すことは確認済みである。今回、この試料に対して Cr の K 吸収端近傍で室温にて XMCD 測定を行った。XMCD 測定は BL39XU において行った。磁場の制御は電磁石によって行い、測定は検出器として SDD(シリコンドリフトディテクター)を使用し蛍光法を用いた。

結果と考察: 図1に Cr K 吸収端 XMCD スペクトルを示す。本測定は正味約4日間蓄積したデータである。試料は上述のように薄膜単結晶で Cr 濃度は薄いものである。(CrN 単体と見なした場合の厚みは 10 Å 程度と換算できる。)濃度の高い試料については作製しているが、全 Cr が置換型に入っている保証が得られないため今回は測定から外した。Cr の量が少ないため、X線は全反射に近い

低入射配置で入射した。

結果は、図からわかるようにほとんどMCDシグナルは得られなかった。スペクトルはCrのK吸収端つまり1sから4pへの遷移に対応するものである。強磁性発現は第一原理計算から予測されているように、また常識的にも3d軌道が大きなウエートを占めていると考えられるが、p軌道の混ざり(p-d混成)も無視できないと考え、本測定を試みたわけである。が結果は、それほど強くないということ物語っているようである。

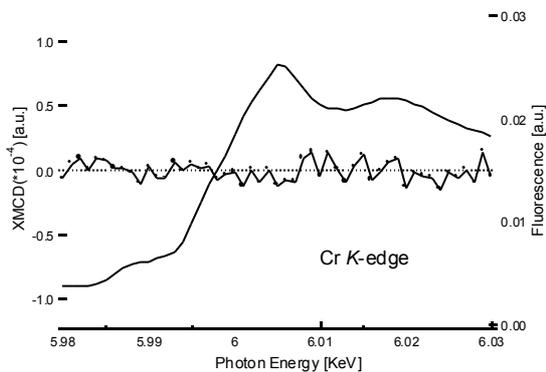


Fig.1: XMCD spectrum and XAS spectrum around Cr K-edge.

今後の課題: 直接3dへの遷移をみるのが better であろうから、軟X線領域での測定を計画したい。

参考文献

- 1) M. Hashimoto et al, Solid State Comm, **122**, 37 (2002)
- 2) M. Hashimoto et al, J. Crystal Growth, **251**, 327 (2003)