

III-V 族磁性混晶半導体における光キャリア誘起磁性

神奈川科学技術アカデミー¹、東工大像情報² 大岩 顕¹、宗片 比呂夫^{1,2}

E-mail: oiwa@net.ksp.or.jp

金属や半導体のキャリアの持つスピンを利用した現象やデバイスを探求する分野「スピンエレクトロニクス」が活発になるとともに大きな注目を集めている[1]。(Ga,Mn)As や(In,Mn)As が代表格として知られる III-V 族磁性混晶半導体は早くからスピンエレクトロニクス材料として注目を集めてきた。もっとも魅力的で豊かな物理を含む現象がキャリア誘起強磁性である。そのメカニズムについて諸理論が提唱され活発な議論が続いているが、実験的には光照射[2]や電界効果による強磁性制御[3]が報告されて、キャリア濃度などキャリアの性質を変えることで磁性そのものが制御可能であることが実験事実として明らかになっている。最近我々は光生成キャリアにより強磁性転移温度だけでなく保磁力や磁化方向など他の強磁性特性が制御可能であるという新しく重要な効果を見出しており、今回は(Ga,Mn)As での円偏光照射による磁化方向制御と(In,Mn)As/GaSb ヘテロ構造の光照射による保磁力減少効果[4]を紹介する。

強磁性 (Ga,Mn)As 系薄膜では、円偏光励起によってスピン偏極キャリア生成を行い、零磁場で偏光に応じて磁化方向を変えることに成功した。光誘起磁化の観測は電気伝導測定と磁気光学測定で行った。この現象は円偏光励起によって価電子帯に生成されたスピン偏極正孔が、正孔と磁気モーメントとの間に働く交換相互作用により、そのスピン偏極に対応した方向に Mn 磁気モーメントを整列させたことによる効果である。この磁化変化は飽和磁化に対して約 10%にも及ぶ大きな効果である。また面内磁気異方性を持つ試料では飽和磁化の 0.1%ではあるが光を切っても残る円偏光誘起磁化の記憶効果が観測されており局所磁気ドメイン反転の関与が示唆される。

強磁性(In,Mn)As/GaSb ヘテロ構造では光照射(無偏光)によって保磁力が減少する効果が観測された。これは光照射後、磁化反転が低磁場で起こり易くなったことを示唆する。(In,Mn)As/GaSb ヘテロ構造で観測される永続的光伝導を反映して、永続的光伝導が消失する約 200K 以上まで試料を加熱してはじめて保磁力は暗状態の値に戻る。この保磁力減少量は照射光強度が増加すると大きくなることも分っている。したがって保磁力減少はキャリア誘起効果であり、キャリア濃度によって磁化反転過程が制御できる可能性がある。

上記 2 つの結果は外部磁場を使わず強磁性体磁化方向を制御する新しい方法につながると期待される。この技術の確立は将来のスピン制御デバイスの重要な課題の一つである。また強磁性半導体におけるスピン緩和過程や偏極キャリアによる磁区反転など物理的に興味深い現象が関わっていることも明らかになりつつある。

[1] 大野英男, 松倉文礼, 大野裕三, 応用物理 **70** 265 (2001).

[2] S. Koshihara, *et al.*, Phys. Rev. Lett., **78**, 4617 (1997).

[3] H. Ohno, *et al.*, Nature **408**, 944 (2000).

[4] A. Oiwa, T. Slupinski, and H. Munekata, Appl. Phys. Lett. **78**, 518 (2001); A. Oiwa, T. Slupinski, and H. Munekata, Physica E **10**, 201 (2001).