20a-S10-5

強磁性半導体 GaMnAs における直線偏光励起スピンダイナミクス

Spin dynamics induced by linearly-polarized-pump lights in ferromagnetic semiconductor GaMnAs

東大院工 [1], Radboud 大 Nijmegen [2], °石井友章 [1], 川添忠 [1], 橋本佑介 [2],宗田伊理也 [1], 大津元一 [1], 田中雅明 [1], 大矢忍 [1]

Univ. of Tokyo [1], Radboud Univ. Nijmegen [2], °Tomoaki Ishii [1], Tadashi Kawazoe [1], Yusuke Hashimoto [2], Iriya Muneta [1], Motoichi Ohtsu [1], Masaaki Tanaka [1], Shinobu Ohya [1]

E-mail: ishii@cryst.t.u-tokyo.ac.jp

将来の高速情報処理のためにスピンの光制御が期待されている。これまで磁気光学ポンププローブ法を用いて、強磁性半導体 GaMnAs における光誘起スピンダイナミクスが研究されてきたが[1-3]、グループによって異なる励起光の偏光依存性が報告されている。観測されたスピン緩和の起源は Mn の局在スピンや電子スピンに由来すると考えられているものの[1-2]、その詳細な機構については統一的な理解がなされていない。

本研究では、p^+GaAs(001)基板上に 50 nm の GaAs バッファ層を介して、100 nm の面内に磁化容易軸を持つ $Ga_{0.925}Mn_{0.075}As$ 層を分子線エピタキシー法を用いて成長した。サンプルのキュリー温度 T_C を求めるために、磁気円二色性(MCD)の磁場(B)依存性を測定した。Arrott plot (MCD^2-B/MCD)によって、T_C は 87 K と見積もられた。磁気光学ポンププローブの実験においては、光源として Ti:Sa レーザー(パルス幅 3 ps、繰り返し周波数 80 MHz)を用いた。励起光及びプローブ光としては共に直線偏光パルス光を用いた。ポンプ光照射前のプローブ反射光の偏光面角度を基準とし、ポンプ光照射後に得られるプローブ反射光の偏光面の角度を $\Delta\theta$ と定義して、ポンプ光を照射してからの $\Delta\theta$ の時間発展を測定した。このポンプ光照射によるプローブ反射光の偏光面の角度変化は、誘起された磁化の面直成分に比例する極 Kerr 効果の成分と、磁気線二色性(MLD)の変化に比例する成分（これは面内磁化の回転角に比例）からなる。本研究では、プローブ光の入射角度を薄膜面直方向に対し 7 度とできるだけ垂直入射に近くすることにより、縦 Kerr 効果の影響を抑えている。Fig. 1 に、5 K において、面内[110]方向に~20 mT の磁場を印加した後に磁場をゼロに戻し、残留磁化がある状態で、励起光のエネルギーを 1.68 eV として測定したときに得られた $\Delta\theta$ の時間発展を示す。$\Delta\theta$ が二段階で変化していることがわかる。Fig. 1 に示した式を用いてフィッティングした結果（赤線）、立ち上がり時間(T_{11})が 150 ps、緩和時間(T_{12})が 700 ps であると見積もられた。Fig. 2 に温度を 5 K、印加磁場を 0 T、励起光エネルギーを 1.47 eV とした際に得られた $\Delta\theta$ の時間発展を示す。ここでは、励起光の偏光面を[110]方向から[010]方向に様々な角度 β 回転させて測定を行った。β に依存して、$\Delta\theta$ の符号が反転する様子が観測された。本講演ではより詳細な実験結果を示し、得られた β 依存性及びこれらのシグナルの起源について議論する。

【謝辞】本研究の一部は科学研究費補助金(特別推進研究、基盤研究 A)、先端融合 COE、FIRST プログラムの支援を受けて行われた。

[1] Y. Hashimoto *et al.*, Phys. Rev. Lett. **100**, 067202 (2008).
[2] A. V. Kimel *et al.*, Phys. Rev. Lett. **92**, 237203 (2004).
[3] P. Němec *et al.*, Nature Physics **8**, 411 (2012).

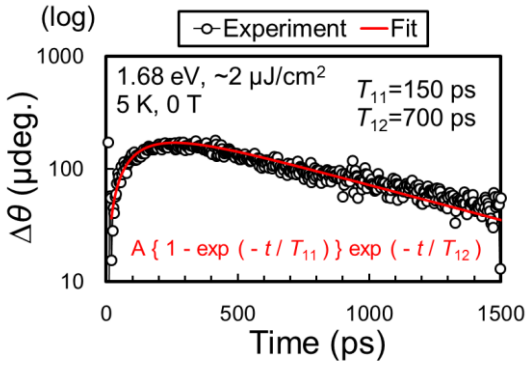

Fig. 1 Time evolution of $\Delta\theta$ in the $Ga_{0.925}Mn_{0.075}As$ film after irradiating a pump pulse light with 1.68 eV at 5 K with a zero magnetic field after applying a magnetic field of ~20 mT in plane along the [110] axis. The red curve corresponds to the fitting result with a sum of the two exponential functions.

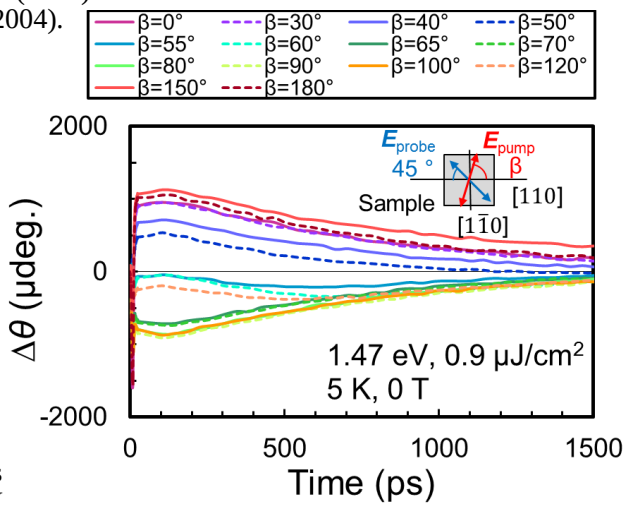

Fig. 2 Time evolution of $\Delta\theta$ in the $Ga_{0.925}Mn_{0.075}As$ film after irradiating a pump pulse light with a photon energy of 1.47 eV with various polarization-plane angles β at 5 K with a zero magnetic field.

© 2014 年　応用物理学会