

バイオテンプレート極限加工 GaAs 量子ディスクにおける 電子スピンドYNAMIKSの磁場中反射ポンププローブ分光

Reflection pump-probe spectroscopy of electron-spin dynamics under magnetic fields
in GaAs quantum disks fabricated by using bio-template and ultimate top-down etching

北大院情報科学¹, 東北大 WPI-AIMR², 東北大流体研³, JST-CREST⁴
 ○田中 亨¹, 木場 隆之^{1,4}, 肥後 昭男², 田村 洋典³, トーマス セドリック^{3,4},
 寒川 誠二^{2,3,4}, 村山 明宏^{1,4}
 Grad. School of IST, Hokkaido Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.²,
 IFS, Tohoku Univ.³, JST-CREST⁴
 ○Toru Tanaka¹, Takayuki Kiba^{1,4}, Akio Higo², Yosuke Tamura³, Cedric Thomas^{3,4},
 Seiji Samukawa^{2,3,4}, and Akihiro Murayama^{1,4}
 E-mail: toru.tanaka@ist.hokudai.ac.jp

低消費電力のレーザ素子や高効率の太陽電池の実現が期待されている半導体量子ドットでは、電子に対する三次元閉じ込めにより電子のスピンの緩和が抑制される。我々の研究グループでは、バイオナノテンプレートと中性粒子ビームエッチングを用いて高密度の量子ナノディスク(ND)を作製し、量子ドット光デバイスの実現に向けてその光学特性を研究している[1,2]。本研究では、フェムト秒からピコ秒の時間領域における光励起キャリアのスピンドYNAMIKSが測定可能な磁場中反射ポンププローブ分光を用いることにより、GaAs ND における電子スピンの歳差運動とその緩和に関する実時間計測を行った。

測定に用いた GaAs ND の平均直径は 15 nm で厚さは 8 nm、層数は 3 層である。パルス時間幅 160 fs で繰り返し周波数 80 MHz のモードロック Ti:Sapphire レーザを光源に用いて、試料表面に電子スピンを励起する円偏光 pump 光を照射後に光学遅延を介した直線偏光 probe 光を入射させ、probe 光の反射直線偏光の変化をバランスダイオードによりロックイン検出した。pump 光の強度変調周波数は 3 kHz、測定温度は 4K~室温、Voigt 配置による最大印加磁場は 6 T である。

温度 4 K、磁場 4 T での測定結果を Fig. 1 に示す。pump と probe 光の波長は共に 775 nm であり、これは励起子発光ピーク波長に対応する。電子スピンの歳差運動とその位相緩和を考慮したフィッティング(図中実線)により、GaAs ND における電子スピンの g 値の大きさは 0.05、位相緩和時間は 116 ps と求められた。Fig. 2 に、ND と、ND に加工する前の GaAs 量子井戸 (QW) の g 値の磁場依存性を示す。挿入図は、ND の実際の形状とサイズに基づく電子波動関数の計算結果である。以上より、g 値に対する ND からバリアへの波動関数の浸み出しの影響や、スピンの位相緩和時間の磁場依存性について議論する。

References

- [1] T. Kiba, et al. *Appl. Phys. Lett.* **100**, 053117 (2012)
- [2] Y. Tamura, et al. *Nanotechnology* **24**, 285301 (2013)

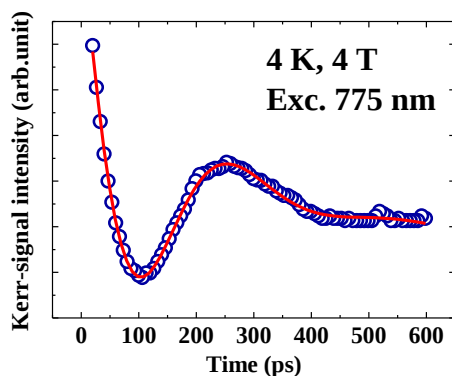


Fig.1 GaAs ND における 4 K、4 T でのポンプ
プローブ信号の時間変化(励起波長 775 nm)
※実線はフィッティング結果

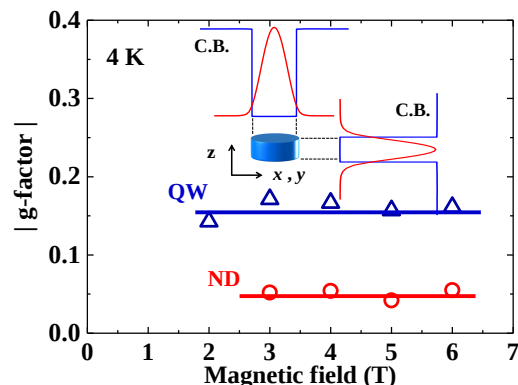


Fig.2 GaAs ND と QW の g 値の大きさの磁場
依存性(挿入図: ND における電子波動関数の
計算結果)