

ポンプ・プローブ時間分解測定による GaAs/GaAsP 歪み補償超格子の スピン緩和の観測

Observation of spin relaxation in GaAs/GaAsP strain-compensated superlattice using pump-probe time-resolved absorption measurement

°金 秀光¹、大木 俊介²、石川 友樹²、竹内 淳²、

(1. 高エネルギー加速器研究機構、2. 早大先進理工)

°X.G. Jin¹, S. Ohki², T. Ishikawa², A. Tackeuchi², (1. KEK, 2. Waseda Univ.)

E-mail: jinxg@kek.post.jp

「背景」スピン偏極電子源は高エネルギー物理や物性物理などの広範な分野において不可欠のものである。我々は GaAs/GaAsP 歪み補償超格子フォトカソードを開発し、24 ペア (192 nm 厚さ) の超格子試料より、世界最高である 92% のスピン偏極度と 1.6% の高量子効率を達成している[1]。歪み補償超格子構造では、歪み蓄積が抑制され、層厚を増やすことができるので、さらに高い量子効率 (取出電子数/励起電子数) が期待される。しかし、GaAs/GaAsP 歪み補償超格子において、層厚 (ペア数) を増やすと、スピン偏極度が低下することが確認された。これは励起されたスピン電子が拡散過程でスピン緩和していることを示す。これまでスピン偏極電子源用の超格子構造に関するスピンドイナミクスへの報告が少なく、スピン緩和のメカニズムも明らかにしてない。本研究では、ポンプ・プローブ時間分解測定法[2]を用いて、GaAs/GaAsP 歪み補償超格子のスピン緩和特性を調べた。

「実験」ポンプ・プローブ時間分解測定では、超短パルスレーザーを 2 系統に分け、一方 (ポンプ光) でサンプルを励起し、もう一方 (プローブ光) を時間遅延させて入射し、キャリアの時間変化を調べる。円偏光をポンプとプローブ光に用いると、スピン電子が励起され、スピンドイナミクスの情報を得ることができる。本測定では、超短パルス Ti-sapphire レーザーを用いており、時間分解能は 200 fs である。

「結果」24 ペア GaAs/GaAsP 歪み補償超格子の室温でのスピン偏極度の時間変化を示す。スピン偏極度は時間によって指数関数的減衰を示し、求めたスピン緩和時間 (τ_s) は 104 ps である。90 ペアの超格子試料でも同程度の 109 ps の τ_s が得られた。励起されたスピン電子は、表面まで拡散し、真空中に取り出される。GaAs/GaAsP 超格子の拡散係数は $6 \text{ cm}^2/\text{s}$ [3] で、拡散モデル $L = \sqrt{Dt}$ (L は拡散距離、 D は拡散係数、 t は拡散時間) によって計算すると、100 nm の長さを拡散するのに 16.7 ps もかかる。超格子試料が厚くなると拡散時間が長くなり、スピン緩和の影響が大きくなる。今後は、超格子でのスピン電子の分布を考慮し、スピン緩和の影響を定量的に調べ、学会で詳しく報告する。また、低温でのスピン緩和も測定しており、GaAs/GaAsP 歪み補償超格子のスピン緩和のメカニズムに関しても報告する。

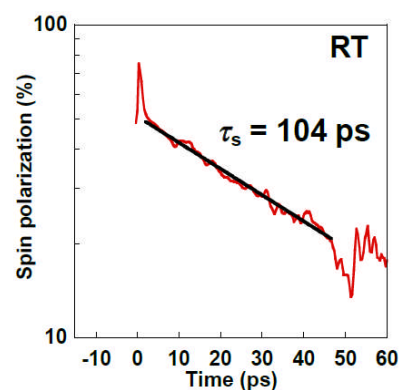


図 1 スピン偏極度の時間変化

[1] X.G. Jin *et al.*, Appl. Phys. Lett., **105** (2014) #203509. [2] A.Tackeuchi *et al.*, Appl. Phys. Lett., **56** (1990) 2213.

[3] X.G. Jin *et al.*, Ultramicroscopy, **130** (2013) 44.