

磁気光学特性を利用した半導体光物性の研究

Keyword: 電子スピン、電子g因子、スピン偏極、量子井戸

研究の概要

自由電子のg因子は2.0であるが、半導体GaAs(ガリウム砒素)のバルク中では-0.44、 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{As}$ (アルミニウムガリウム砒素混晶)のバルクでは+0.5のような値をとる。量子井戸と呼ばれるナノサイズの微細構造(量子ナノ構造)を作ると、電子スピンの制約を受けて、電子g因子の値が変化する。 AlGaAs のバリア層とGaAsの井戸層で構成された量子井戸の井戸幅や深さを変化させると、電子g因子が変化し、井戸幅と深さをうまく選ぶと、g因子をゼロにする(電子の磁石としての性質を失わせる)こともできる。電子スピンの磁場によって歳差運動を起こすことを利用することにより、非常に高い精度で電子g因子を測定することができ、量子井戸における井戸幅・深さなどの量子構造と電子g因子の関係を詳細に評価することが可能となる。

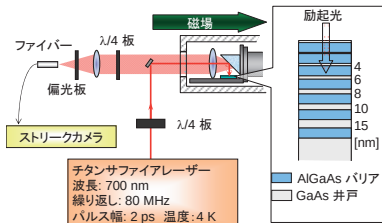


図1. 電子g因子の計測のための実験系

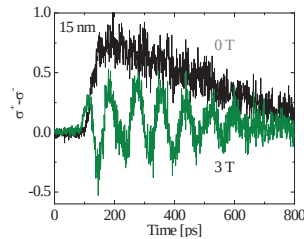


図2. 偏光成分の時間変化. 磁場を印加するとスピン歳差運動が観測される。

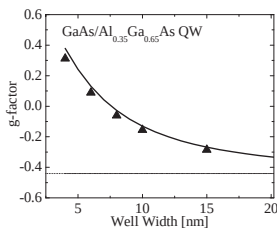


図3. 電子g因子の井戸幅依存性. 実線はk・p摂動理論を用いた計算結果。

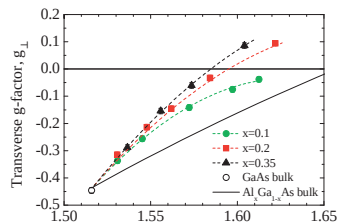


図4. 電子g因子の発光強度(井戸幅)依存性. 障壁層のAl組成比は凡例の通り. 実線はk・p摂動理論を用いた計算結果。

・特筆すべき研究ポイント:

電子スピンの歳差運動に着目することにより、非常に高い精度で電子g因子の測定が可能となる。また、量子井戸の構造パラメータである井戸幅を変化させた試料を作り込み、PL測定を行うことにより発光エネルギー(波長) 分別した測定を一度に行うことが可能となる。

・新規研究要素:

構築したPL時間分解測定系を用いてスピン歳差運動の観測を行うことにより、電子g因子を高精度に、かつ構造パラメータを変化させて高効率に測定することが可能となった。これにより、井戸幅のみならず、井戸の深さ(Al含有量)依存性の測定も容易になったので、これまで測定されていなかった、Al含有量の低いGaAs/AlGaAs量子井戸の測定を行い、量子井戸構造パラメータに対する、電子g因子の依存性をフルマッピングすることが可能となった。

・従来技術との差別化要素・優位性:

従来スピン歳差運動の測定には非線形光学効果を利用した、ポンプ&プローブ法による測定が主であったが、井戸構造に共鳴する様にポンプ&プローブ光を調整する必要があり、調整が煩雑であったが、PL測定ではこの問題が解決され、一度に多様な条件で測定が可能となった。

アピールポイント

■ 技術相談に応じられる関連分野

- ・磁気光学効果測定
- ・非線形光学効果測定
- ・半導体光物性

■ その他の研究紹介

- ・ランダム媒質中におけるレーザー動作(ランダムレーザー)の研究
- ・非線形ランダム媒質中でのスペックル相関の研究
- ・フォトニック結晶微小共振器の作製と共振器結合モードの光学特性評価



伊藤 哲

学術院工学領域
電子物質科学系列
准教授