

窒素をデルタドープした GaAs の 3 パルスフォトンエコー測定

Three-pulse photon echo measurements on nitrogen delta-doped GaAs

筑波大物理¹, 物材機構² °田久保 悠一¹, 石澤 輝¹, 佐久間 芳樹², 池沢 道男¹Tsukuba Univ.¹, NIMS², °Yuichi Takubo¹, Hikaru Ishizawa¹, Yoshiki Sakuma², Michio Ikezawa¹

E-mail: s1720264@s.tsukuba.ac.jp

GaAs 中に希薄にデルタドープされた窒素不純物によって形成される発光中心は、数百 ps 程度の短い寿命を持つ明るい単一光子源として有用である[1,2]。我々は以前、これらの窒素発光中心に束縛された励起子のコヒーレンスを評価するために、2 パルスのヘテロダイン検出縮退四光波混合法(FWM)を用いてフォトンエコー信号を観測し、位相緩和時間を測定した[3]。今回、3 パルスによる誘導エコーを観測したので報告する。

試料は、MOCVD 法で GaAs(100)基板上に窒素デルタドープ層を 1 層成長させたものである。窒素ドーピング量は、個々の発光中心を通常の顕微分光法で分解できる程度に低濃度としている。励起にはパルス幅約 2ps、繰り返し周期 82MHz の Ti:S レーザーを用いた。FWM 信号検出には反射配置で 3 ビーム同軸入射のヘテロダイン検出法を用いた。各励起パルスおよび参照パルスに対して音響光学素子を用いて 110MHz 前後の周波数シフトを与え、スペクトラムアナライザーで FWM 光と参照光の干渉の周波数のみを選んで検出した。試料温度は 2K である。

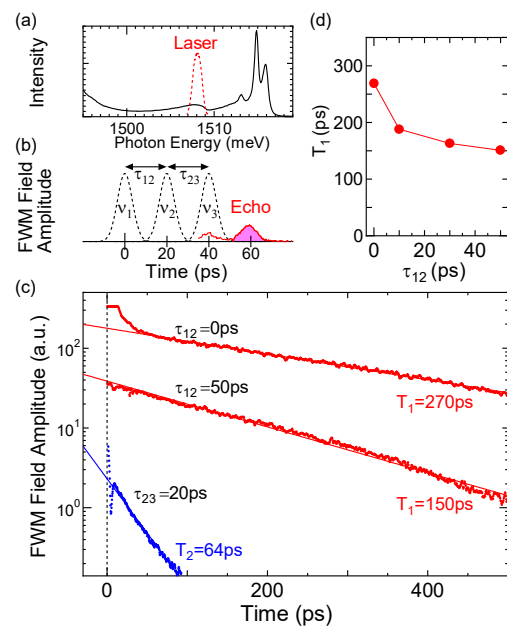
図(a)に試料の発光スペクトルを示す。1510meV より低エネルギー側にあるなだらかな発光帯が、窒素ドーピングによって形成された発光中心による鋭い発光スペクトルの集合であることは、顕微 PL 測定により確認されている。1500meV より低エネルギー側ではカーボンアクセプタに起因する発光が重畳している。点線で示すようなスペクトルのパルスで励起した際に、図(b)に示すように、第三パルスから τ_{12} だけ遅れた位置に明瞭な誘導エコー信号が観測された。パルス間隔 τ_{12} または τ_{23} を掃引する事によって、図(c)に示すようなエコー信号の指数関数的な減衰が見られ、ここからそれぞれ T_2 と T_1 が得られる。 T_2 に関しては 2 パルスでの測定[3]と同程度であった。縦緩和時間 T_1 は、 τ_{12} を大きくすると短くなることが分かった (図(d))。これは第一パルスと第二パルスで形成されるポピュレーショングレーディングがスペクトル拡散によって弱められる効果に対応すると考えられる。

【謝辞】本研究は、科学研究費補助金（課題番号 17H02909）の助成を受けて行われた。

[1] Y. Sakuma, M. Ikezawa and L. Zhang, Micro- and Nanophotonic Technologies, pp.125-138, Wiley-VCH (2017).

[2] M. Ikezawa *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 042106 (2012); M. Ikezawa *et al.*, Appl. Phys. Lett. **110**, 152102 (2017).

[3] 福島ほか、第 65 回応用物理学会春季学術講演会、18p-P8-3 (2018).



図：(a) 試料の 2K における PL スペクトルと励起レーザーのスペクトル (b) 3 パルスエコー信号の例($\tau_{12}=\tau_{23}=20$ ps) (c) T_1 (赤色), T_2 (青色)測定結果 (d) T_1 の τ_{12} 依存性