

Er³⁺超微細構造準位におけるΛ型 3 準位の初期化

Initialization of Λ-type three level system in Er³⁺ hyperfine levels

NTT 物性研¹, NTT ナノフォトニクスセンタ², 北大工³

M. IJspeert¹, G. Mariani¹, [○]俵毅彦^{1,2}, 清水薫¹, 尾身博雄^{1,2}, 足立智³, 後藤秀樹¹

NTT Basic Research Labs.¹, NTT Nanophotonics Center², Hokkaido Univ.³

M. IJspeert¹, G. Mariani¹, [○]T. Tawara^{1,2}, K. Shimizu¹, H. Omi^{1,2}, S. Adachi³, H. Gotoh¹

E-mail: tawara.takehiko@lab.ntt.co.jp

これまで我々は固体に添加されたエルビウム (Er) イオンの超微細構造Λ型 3 準位を量子状態操作のプラットフォームとすることを目的とし、同位体制御による超微細構造準位の均一幅の狭線幅化[1]やポピュレーションダイナミクス[2,3]について明らかにしてきた。今回、同位体制御された ¹⁶⁷Er³⁺が添加された Y₂SiO₅ 結晶において、量子状態操作のための ¹⁶⁷Er³⁺ Λ型 3 準位のポピュレーション初期化をスペクトルホールバーニング (SHB) により実現し、またその基底準位のポピュレーション寿命を観測したので報告する。

SHB 実験は 2.4 K に冷却された ¹⁶⁷Er³⁺:Y₂SiO₅ (¹⁶⁷Er³⁺濃度 0.001at%) バルク結晶の ⁴I_{15/2}-⁴I_{13/2} 間光学遷移に対し、周波数安定化 CW レーザ (周波数 195 THz / 線幅 1 KHz) を pump、probe 光に分岐し、それぞれ EO 変調による光サイドバンドを周波数掃引することにより行った。また時間分解 SHB 測定では、これらを AOM にて矩形パルスに整形 (pump: 45 ms 幅、probe: 200 ms 幅) し、スペクトルホールの過渡応答を測定した。

Fig. 1(a)は ⁴I_{15/2}-⁴I_{13/2} 超微細構造準位間の透過スペクトルであり、全準位間遷移の重複 (不均一広がり) を反映している。この時レーザ周波数から 10.3 GHz 離調した Pump 光を入射することでメインホールが、またメインホールから 880 MHz 高周波側 [4] にアンチホールが形成された。これはメインホールの基底準位のポピュレーションは枯渇すると同時に、アンチホールの基底準位に蓄積されたことを意味し、量子状態操作のためのポピュレーション初期化が実現していることを表す。ただし Fig. 1(b)に示すように、このアンチホールは基底準位ポピュレーションの上位超微細構造準位への熱励起のため、3 K 以上の温度では消失する。アンチホールが深く形成される 2.4 K での時間分解 SHB から、量子状態操作に重要なパラメータとなる基底準位ポピュレーション寿命 t_1 は 82 ms となることが分かった (Fig. 1(c))。

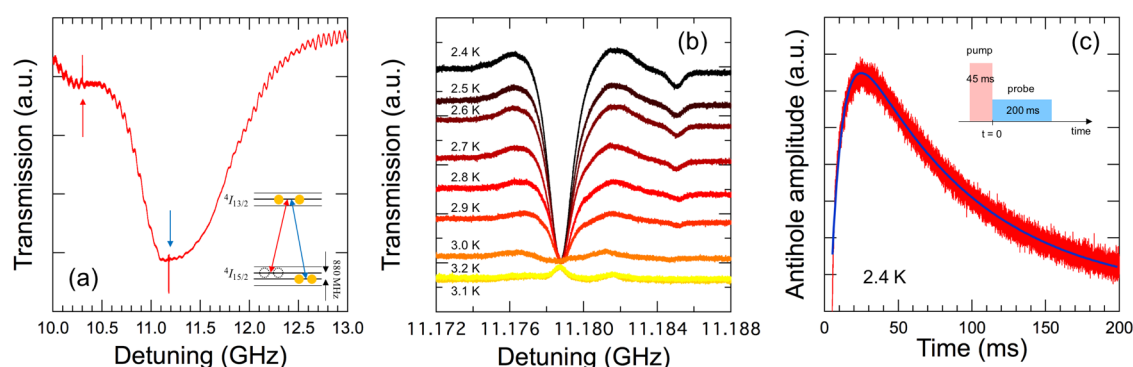


Fig. 1 (a) 不均一広がりを持つ ¹⁶⁷Er³⁺超微細構造準位の透過スペクトル。矢印は (赤) メインホールと (青) アンチホールを示す。アンチホールの (b) 温度依存性、および (c) 時間分解スペクトル。

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 JP15H04130、JP16H01057、JP16H03821 の助成を受けたものです。

[1] T. Tawara *et al.*, APEX **10** (2017) 042801., [2] T. Tawara *et al.*, APL **102** (2013) 241918., [3] T. Tawara *et al.*, Opt. Mater. Express **7** (2017) 1097., [4] E. Baldit *et al.*, PRB **81** (2010) 144303.