

$^{167}\text{Er}^{3+}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$ の超微細構造 Λ 型準位系における位相緩和時間の周波数および時間領域測定

Frequency and time domain measurements of dephasing time in
 Λ type hyperfine sublevel system of $^{167}\text{Er}^{3+}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$

NTT 物性基礎研¹, 北大工², 大和大³, 北大院工⁴, Univ. of Otago⁵

○安井 翔一郎^{1,2}, 平石 真也^{1,5}, 石澤 淳¹, 尾身 博雄³, 鍛冶 怜奈⁴, 足立 智⁴, 俵 毅彦¹
NTT BRL.¹, Fac. Eng., Hokkaido Univ.², Yamato Univ.³, Grad. Sch. Eng., Hokkaido Univ.⁴,
Univ. of Otago⁵

○S. Yasui^{1,2}, M. Hiraishi^{1,5}, A. Ishizawa¹, H. Omi³, R. Kaji⁴, S. Adachi⁴, T. Tawara¹
E-mail: syou157next@eis.hokudai.ac.jp

【はじめに】

近年、広域量子情報ネットワークの構築に向けた量子中継器及び量子メモリの開発が精力的に進められている。我々は、それらの有望なプラットフォームである同位体純化 $\text{Er}^{3+}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$ 結晶に注目し、 $^{167}\text{Er}^{3+}$ の超微細構造 Λ 型 3 準位系における量子状態操作を研究している [1]。今回は、 $^{167}\text{Er}^{3+}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$ の超微細構造 Λ 型準位系での周波数領域におけるスペクトルホールバーニング (SHB) および時間領域におけるフォトンエコー (PE) にて測定し、レーザ周波数安定化が観測される位相緩和時間 T_2 にもたらす効果について報告する。

【実験および結果】

試料には 1.5 K に冷却した $^{167}\text{Er}^{3+}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$ バルク結晶 ($^{167}\text{Er}^{3+}$ 濃度 10 ppm) を用いた。SHB, PE の両測定では、光源として狭線幅化した 250 MHz 繰り返しのファイバーレーザコムを用いて周波数を安定化した CW レーザ (周波数 195 THz/線幅 1 kHz) を用いた。SHB の実験は超微細構造 Λ 型準位系の準安定状態 $|1\rangle$ - 励起状態 $|e\rangle$ 間の光学遷移に対し、励起光源から分岐した probe 光の 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測定を行った。PE の実験は、同遷移に対して、任意波形発生器により成形した $\pi/2$ パルスおよび π パルスを用いて励起することにより測定を行った。これまでの実験では、励起レーザの周波数揺らぎと強度揺らぎの影響により、周波数領域 (SHB) と時間領域 (PE) において測定される T_2 の間に 1 桁程度の差異が生じていた (図 1(a), (b) 参照。SHB では $T_2 \sim 4 \mu\text{s}$ なのに対し、PE では $T_2 \sim 13.5 \mu\text{s}$)。今回、励起レーザの周波数と強度を安定化させることで、SHB 実験のホール線幅から見積もられる T_2 ($\sim 10 \mu\text{s}$) は、PE 実験における減衰 PE 信号から見積もられる T_2 ($\sim 14 \mu\text{s}$) とおおよそ一致した。また、PE 実験において遅延時間 $2 \mu\text{s} \sim 6 \mu\text{s}$ の領域に、これまで観測が不可能であった新たな位相緩和過程が観測された。本研究は JSPS 科研費 JP19144637 の助成を受けたものです。

[1] M. Hiraishi et al., Optics Letters 44, 4933 (2019).

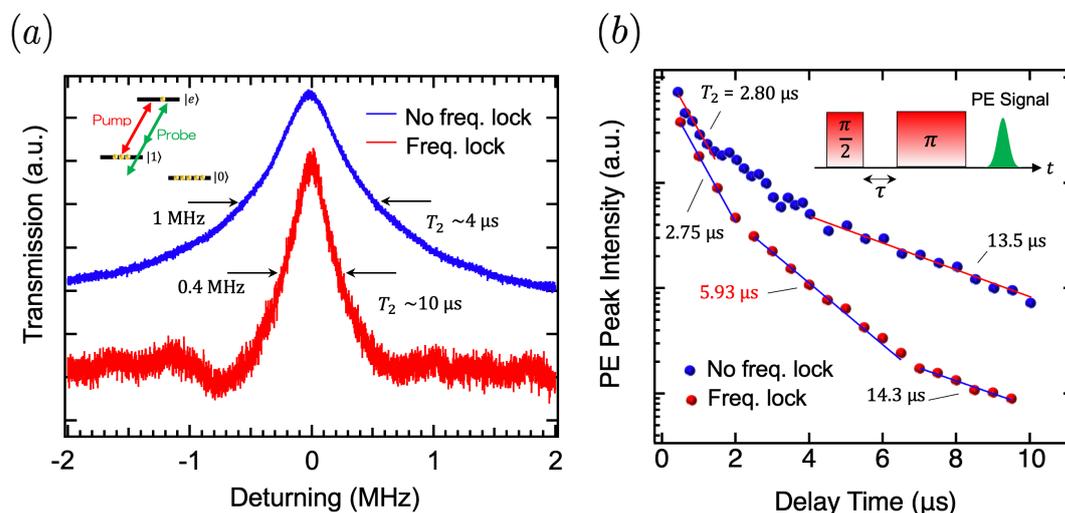


図 1: 周波数及び強度の安定化の有無による比較. (a)SHB 実験における $|1\rangle$ - $|e\rangle$ メインホール (b)PE 実験におけるパルスの遅延時間に対する減衰 PE 信号の積算ピーク強度。