

$^{167}\text{Er}^{3+}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$ における零磁場下での通信波長帯 Atomic Frequency Comb 時間多重量子メモリプロトコルの実証

Demonstration of atomic frequency comb time-multiplexed quantum memory protocol

in $^{167}\text{Er}^{3+}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$ under no magnetic field

NTT 物性基礎研¹, 北大院工², Univ. of Otago³, 大和大⁴, 日本大⁵

○(M1)安井 翔一郎^{1,2}, 平石 真也³, 石澤 淳¹, 尾身 博雄⁴, 稲葉 智宏¹, Xuejun Xu¹,
鍛冶 怜奈², 足立 智², 俵 毅彦⁵

NTT BRL¹, Grad. Sch. Eng., Hokkaido Univ.², Univ. of Otago³, Yamato Univ.⁴, Nihon Univ.⁵

○S. Yasui^{1,2}, S. Hiraishi³, A. Ishizawa¹, H. Omi⁴, T. Inaba¹, X. Xu¹, R. Kaji², S. Adachi², T. Tawara⁵

E-mail: syou157next@eis.hokudai.ac.jp

近年、広域量子情報ネットワークの構築に向けて、量子中継器及び量子メモリの開発が盛んに行われている。特に、多重量子メモリプロトコルとして Atomic Frequency Comb (AFC)を用いたフォトンエコー型のメモリプロトコルが注目されている。我々は通信波長帯に超微細準位間の光学遷移を有し、量子メモリ材料として有望である同位体純化 $^{167}\text{Er}^{3+}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$ バルク結晶 ($^{167}\text{Er}^{3+}$ 濃度 10 ppm)について研究している [1,2]。今回は零磁場下で 1.6 K に冷却された試料を用いて時間分解ホールバーニング分光を行った。その結果 $^4I_{15/2}(Z_1)$ - $^4I_{13/2}(Y_1)$ 準位間の光学遷移寿命($T_1^{\text{opt}} \sim 9.4$ ms), スピン緩和寿命($T_1^{\text{spin}} \sim 570$ ms), 超微細準位間緩和寿命($T_1^{\text{hyp}} \sim 20$ s)を観測した(図 1 (a))。この結果から零磁場下においても AFC の減衰時間は十分に長く、単一光子の保存が可能であることが明らかになった。さらに、我々はパルストレイニング法による周波数選択光ポンピングにより 12 MHz のメモリバンド幅を持つ AFC を $^4I_{15/2}(Z_1)$ - $^4I_{13/2}(Y_1)$ 準位間光学遷移の不均一広がり中に作成した(図 1(b))。光源には光周波数コムを用いてアラン偏差 1 Hz 以下まで周波数安定化した通信波長帯 CW レーザーを用いた[2]。また、作成した AFC スペクトルに 80 ns の時間幅を持つ光パルス照射し、AFC echo を観測した(図 1 (c))。メモリ時間が 0.5 μs の時のメモリ効率は $\sim 0.1\%$ であった。現在効率は試料の濃度に大きく制限されているが、試料の濃度と相互作用長の最適化や Cavity-QED 効果の利用により十分に改善可能であると考えられる。

本研究は JSAP 科研費 19H02636 の助成を受けたものです。

[1] T. Tawara *et al.*, Appl. Phys. Express **10**, 042801 (2017). [2] S. Yasui *et al.* Opt. Express **29**, 27137 (2021).

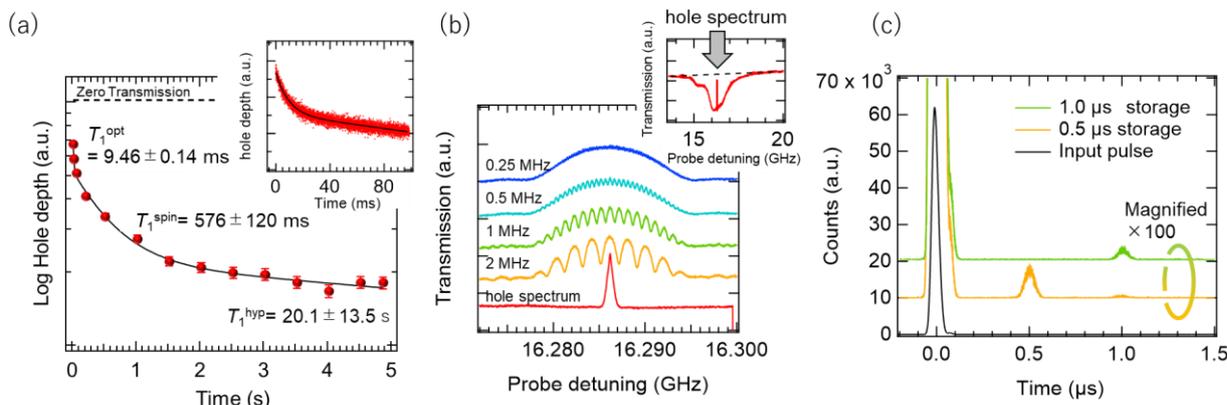


図 1 (a) 時間分解ホールバーニング測定結果。 Inset: 早い緩和成分。 (b) ホールスペクトルと AFC。

Inset: $^4I_{15/2}(Z_1)$ - $^4I_{13/2}(Y_1)$ 準位間光学遷移の不均一広がり。 (c) AFC echo。