吸収 pump-probe 法によるエルビウムイオン準安定状態の寿命計測

Lifetime Measurements of Erbium Ions by Using an Absorption Pump-probe Method

北里大理 [1] ○仲村渠 まみ [1]*、近藤理子 [1]、黒田圭司 [1]、吉國祐三 [1]

Kitasato Univ.[1], Mami Nakandakari[1], Noriko Kondo[1], Keiji Kuroda[1], Yuzo Yoshikuni[1]

*E-mail: ms16832@st.kitasato-u.ac.jp

1. はじめに

本研究ではファイバーに添加された Er^{3+} の準安定状態 $^4I_{13/2}$ の寿命を光ファイバー伝搬方向で計測することを目的とする。測定は自然放出光検出と pump-probe 法を用いた。

2. 実験 1：自然放出光検出による寿命計測

長さ 20、60、100、160 cm のファイバーに波長 1.5 μm のパルス光を入射することで Er^{3+} を励起し、自然放出光を時間分解計測した。得られた寿命は約 8ms から 5ms でファイバーが長くなるにつれて寿命が短くなることがわかった。これより自然放出光を伝搬方向で検出した場合、吸収の影響を受け本来の寿命計測は難しいと考えられる。

3. 吸収 pump-probe 法

pump-probe 法とは pump パルスで分布を変化させて probe パルスで調べる方法である。ここで pump と probe の波長はともに 1.5μm なので遷移は基底状態 1 と準安定状態 2 間のみで起きる。入射強度 I_{in} の光をファイバーに入射したとき、出射強度 I_{out} は①式のように表される。ここで N_1 は状態 1 の分布の割合、N_2 は状態 2 の分布の割合、σ_e は放出断面積、σ_a は吸収断面積、L はファイバー長さ、β は比例定数である。さらに無励起のエルビウムは 2 準位系なので $1 = N_1 + N_2$ の関係を用いている。これにより pump 光によって減少した吸収 $\ln(I_{out}/I_{in})$ の回復を測ることで N_2 の時間変化（寿命）を測定できる。さらに probe 光自体による吸収の影響を無くすためパルスの先頭で計算を行う。

$$\frac{I_{out}}{I_{in}} = \exp[\beta L(\sigma_e N_2 - \sigma_a N_1)]$$

$$\begin{aligned}\ln\left(\frac{I_{out}}{I_{in}}\right) &\propto \sigma_e N_2 - \sigma_a N_1 \\ &= \sigma_e N_2 - \sigma_a(1 - N_2) \\ &= (\sigma_e + \sigma_a)N_2 - \sigma_a\end{aligned} \quad \cdots ①$$

4. 実験 2：pump-probe 法による寿命の EDFA 長さ依存性と入射パワー依存性

Pump-probe 法で長さ 20、60、100、160 cm のファイバーに対して寿命を計測した。図 1 に吸収の時間変化を示す。実線が指数関数によるフィッティングで実験データをよく再現している。フィッティングで得られた寿命の長さ依存性を図 2 に示す。また 20 cm のファイバーでの寿命の入射パワー依存性を図 3 に示す。ともに明らかな依存性は観測されず、平均寿命はそれぞれ 10.7 ms と 10.6 ms であった。この値は過去の寿命計測の値とよく一致しており、吸収 pomp-probe 法を用いることで伝搬方向でも伝搬の影響を受けずに寿命計測が可能であることがわかった。

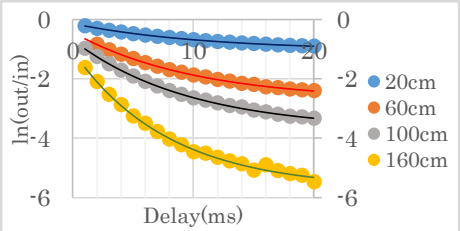

Figure1

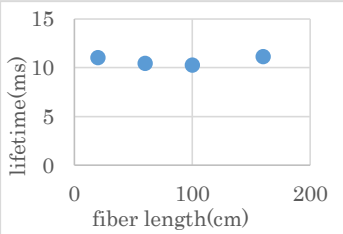

Figure2

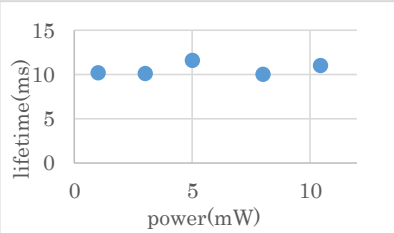

Figure3

© 2016年 応用物理学会