ヨーク超蛍光の波面測定

Wavefront measurement of yoked superfluorescence

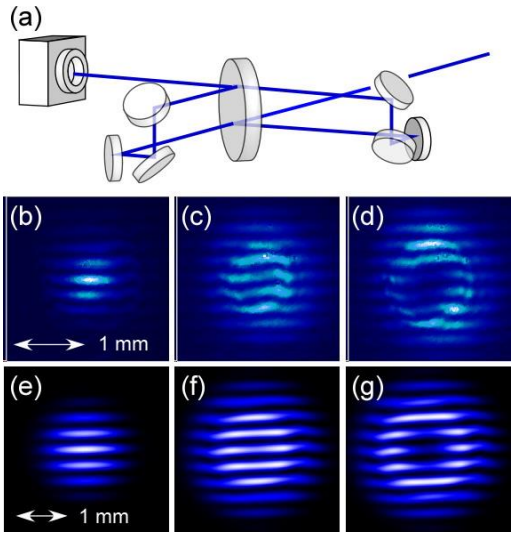
青学大理工　°北野 健太，前田 はるか

Phys. amp; Math. Dept., AGU, °Kenta Kitano, Haruka Maeda

E-mail: kkitano@phys.aoyama.ac.jp

超蛍光とは自然放出過程を介して互いに結合した原子集団からコヒーレントな光パルスが放出される現象である。ヨーク超蛍光とは、次に示す通り、レーザーによって系に与えられたコヒーレンスと、超蛍光によって自発的に系に形成されたコヒーレンスとが競合した輻射過程である[1]。三準位系のエネルギー構造を持つ原子からなる高密度ガス媒質に、超短パルスレーザーを照射し、下準位から上準位へと励起させる。上準位に分布した原子は、一定の遅延の後に超蛍光を放出し、中間準位へと緩和する。この緩和が系のデコヒーレンス時間よりも早く起こることで、中間準位から下準位への遷移が誘発され、超蛍光に同期して二色目のコヒーレントな光が放出される。一連の過程は四光波混合の一種と考えられ、ヨーク超蛍光と呼ばれている。

我々はヨーク超蛍光で放出されるコヒーレント光の空間プロファイルに関して研究を進めている。特にビーム中心での励起光強度が、二光子ラビ振動に相当する強度を超えると、コヒーレント光の強度は、リング形状の空間プロファイルを示すことが実証された[2]。強度の空間プロファイルに加え、波面の空間プロファイルを計測することによって、ヨーク超蛍光のさらなる理解につながると期待される。そこで、我々は干渉測定法を導入し、コヒーレント光の波面をシングルショットで計測した[3]。



(a) 波面計測で用いたマイケルソン干渉計
(b)-(d) 420 nm 光の干渉縞の空間プロファイルの励起光強度依存性に関する実験結果。励起光強度は、(b) 24 mW, (c) 73 mW, (d) 86 mW。
(e)-(g) (b)-(d)の実験結果を再現するシミュレーション結果。

チタンサファイアレーザーの出力（中心波長 ：~783 nm, パルスエネルギー ：~0.5 mJ, パルス幅 ：~100 fs）から直径~1 mm のコリメートしたビームを生成し、加熱した Rb セルに導入して、二光子吸収によって Rb 原子を 5S から 5D へと励起した。ヨーク超蛍光では、5D-6P, 6P-5S の脱励起過程が引き続いて起こり、それに伴って、それぞれ 5.2 μm, 420 nm の光が放出される。セル内部で発生した 420 nm の光を図(a)に示したマイケルソン干渉計に導入し、干渉縞の空間プロファイルを CMOS カメラで計測した。図(b)-(d) に 420 nm 光の干渉縞の励起光強度依存性に関する実験結果を示す。励起光強度を上げていくと（図中で(b)→(c)→(d)）、ビーム形状は次第にリング形状となり、同時に干渉縞がビーム内部で歪む。これは、420 nm 光の波面が湾曲していることを示している。非線形な励起過程では、5S-5D 間に形成される電子波束の位相はビーム内部で相対的に異なる。この相対位相が 420 nm 光の波面に転写されると仮定して得られたシミュレーション結果を図(e)-(g)に示す。これらは実験結果の傾向を再現しており、上記の仮定が妥当であることを示している。当日は、420 nm 光のシングルショット計測によって得られた知見を交えて発表する。

[1] J. H. Brownell, X. Lu, and S. R. Hartmann, Phys. Rev. Lett. **75**, 3265 (1995).
[2] K. Kitano and H. Maeda, Opt. Express **25**, 23826 (2017); K. Kitano and H. Maeda, Phys. Rev. A **97**, 063418 (2018).
[3] K. Kitano and H. Maeda, Phys. Rev. A **100**, 041803(R) (2019).