

二次元ロックイン検波による原子蛍光測定の高感度化

High sensitivity of atomic fluorescence measurement by two-dimensional lock-in detection

新居浜高専

○福田 京也, 松木 亮磨, 眞鍋 知久

National Institute of Technology (KOSEN), Niihama College

°Kyoya Fukuda, Ryoma Matsuki, Tomohisa Manabe

E-mail: fukuda@ect.niihama-nct.ac.jp

【はじめに】

超伝導量子干渉素子 (SQUID) 磁束計は非常に高い磁場検出感度を持つ磁力計であるが、装置が非常に大型かつ高価になり、ランニングコストやメンテナンス費用の負担も大きい。我々はこれまでに薄いガラスセル中のセシウム (Cs) 原子の CPT (Coherent Population Trapping) 共鳴を用いた高感度でコンパクトな磁気センサの開発を行い、その要素技術を確立した[1]。センサの小型化によって内蔵される原子数が減少するため信号が弱くなるデメリットがあり、原子の微弱信号の信号対雑音 (SN) 比を向上させる技術が必要である。ノイズを低減する技術の一つにロックイン検波がある。一般にロックインアンプは、時間変化する信号電圧から同期する信号を取り出す一種の狭帯域フィルタとして動作する。今回、薄いガラスセル中の Cs 原子の二次元蛍光観測を行い、二次元ロックイン検出[2]を試みたので報告する。

【実験】

実験概略を Fig.1 に示す。原子吸収波長 (852.1nm) に同調したレーザ光を薄いガラスセル中の Cs 原子に照射する。この光を音響光学変調器 (AOM) によって ON/OFF し、これに同期して蛍光画像を取り込み PC で平均化処理を行う。原子からの微弱な蛍光画像は、入手が容易で小型なシングルボードコンピュータである Raspberry Pi 2 のカメラモジュールを用いて撮影した。

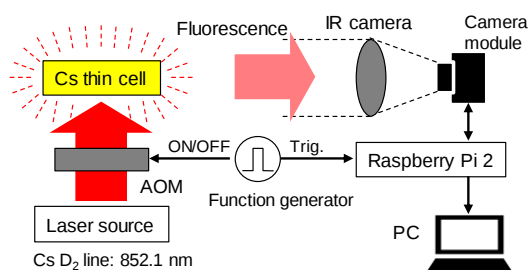


Fig.1 Experimental setup

Cs 原子からの蛍光は赤外線 (IR) カメラによって可視化する。Raspberry Pi 2 は外部からのトリガ電圧により撮影を開始し、その撮影周期は 1[Hz] である。同期撮影を行うプログラムは Python 言語を、画像処理を行うプログラムは C++ 言語を用いた。

【結果・考察】

予備実験の結果を Fig.2 に示す。図(a)は LED を点灯した場合、図(b)は LED を消灯した場合の画像の一例である。図(c)は図(a)と(b)の差分画像を 30 枚積算、平均化した画像であり、LED の点灯箇所がはっきりと確認できる。次に、Cs 原子セルの厚さを変えていった場合の平均化された蛍光画像を Fig.3 に示す。セルの厚さが薄くなるに従って原子の蛍光量は減少するが、図(c)で示す厚さ 0.2[mm]の場合でも蛍光観測が可能である。照射レーザと蛍光画像との同期撮影及び画像処理により、原子の微弱蛍光測定の高感度化が可能となった。

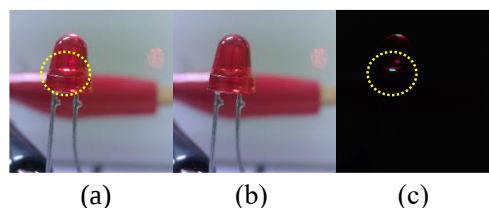


Fig.2 Experimental results (LED)

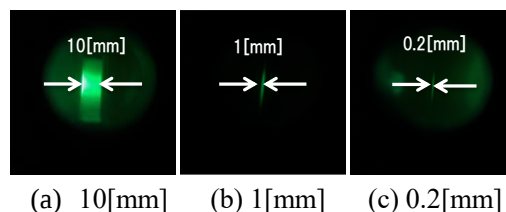


Fig.3 Experimental results (Cs thin cells)

[1] 福田京也, 平成 28~30 年度科学研究費補助金 研究成果報告書 (2019)

[2] 前野 恭, 精密工学会誌 vol.62, No.5, 649-652 (1996)