## パルス磁石と高フィネス共振器を用いた 真空複屈折の探索 I

はんしん <u>樊星</u>,上岡修星,稲田聡明<sup>A</sup>,山崎高幸<sup>A</sup>,難波俊雄<sup>A</sup>,浅井祥仁, 大間知潤子,吉岡孝高<sup>B</sup>,五神真 松尾晶<sup>C</sup>,金道浩一<sup>C</sup>,野尻浩之<sup>D</sup>

東大理,東大素セ<sup>A</sup>,東大工<sup>B</sup>,東大物性研<sup>C</sup>,東北大金研<sup>D</sup>





日本物理学会第72回年次大会 @大阪大学 2017/3/17

### 連続講演での内容

- 本トーク
  - 真空複屈折とその探索原理
  - 装置開発
  - 組み上げたセットアップ
- 次のトーク
  - 2016年12月に行った実験・解析 - 今後のアップグレード

# 真空複屈折とは

- 場の量子論では、真空を飛ぶ 光は仮想電子対などに絶えず 対生成・対消滅している
- ・そこに磁場を印加すると仮想 電子対を通じて真空が分極し、 光は磁場に並行・垂直な屈折 <u>率に差 $\Delta n=n_{||}-n_{\perp}$ を感じる。</u> この現象を真空複屈折という。 (QED理論値  $k_{CM}=4.0 \times 10^{-24}[T^2]$ )
- またAxion, Millicharged Particleのような未知粒子が存在 すると、∆nが大きく変わる→未知粒子探索にもつながる

出力光

Axion or MCP

入射光

### 真空複屈折実験:探索の歴史

- ・<u>超伝導磁石を用いた実験</u> (~2006年)
  - 大型装置に由来するDC付近のノイズでリミット (理論値まで5桁)
- ・ <u>永久磁石を用いた実験</u> (2008年~)

- ピーク磁場 B=2.5T

- DC付近のノイズがどうしても除去できない <mark>(理論値まで20倍)</mark>
- ・ <u>パルス磁石を用いた実験</u> (2008年~)

- ピーク磁場 B=6.5T

- パルスが10分に1発。統計量が稼げない (理論値まで3桁)
- ・ 本実験 = 高速繰り返しパルス磁石(2015~)
  - 目標値B=15Tで先行実験を大きく上回る
  - パルスの繰返しも 0.1Hz まで上げ、統計量を稼ぐ



また、パルス磁石の速い駆動を達成することで統計量を稼ぐ

#### パルス磁石

- ◆ 銅線を細長く巻き、2.75度の浅い角度で光の管を通す。
- ◆ ステンレスで外部補強、LqN2冷却して駆動。最大11.4Tまで発生可能





実際の運転の様子



- LN2冷却し9.0 T, -4.5 Tを2秒間隔10秒周期で発生→0.2Hz
   ✓ 従来のパルス磁石のおよそ100倍の繰り返しレート
- パルスに同期した信号(~1ms)を取得し、DCノイズを回避

#### Fabry-Pérot共振器

- 二枚ミラーで光を反射させ、相互作用長をフィネス分稼ぐ
- しかしミラー間距離が共振条件を満たさないと透過光が出ない
   一世の中にある最高性能R>99.999%ミラー@1064nmを使用



#### 実際に製作

- R>99.999%ミラーを用いてL=1.4mの共振器を製作
- ・ 共振器内パワーの減衰時定数 τ=FL/πcからフィネスを測定で きる。共振から外れるときの信号を見て、F=670,000と実測
- フィードバック制御により共振を維持。パルス磁場が打たれても外れない





#### 東京大学理学部一号館B203号室



クリーンルームの中身



- 二枚のミラー、偏光子を真 空チャンバー中に配置し、 磁石の管に接続。
- PDの強度変化から偏光変 化を検出する
- ・実際にこのセットアップで
   データを取得・解析した
   →次の上岡のトーク



まとめ

- ✓ 真空複屈折はQEDの真空非線形効果でありAxionなど未知粒子に も感度を持つがいまだ観測されていない。
- ✓ 初観測に向けて、①15T, 0.2m×4, 0.1Hzのハルス磁石と、② F=670,000のFabry-Pérot共振器を想定した装置開発を行っている。プロトタイプ装置はすでに完成。
- ✓ 組み上げも完了。較正実験、予備測定について次に報告する。

#### <u>次の講演ではこれらのセットアップで行った</u> <u>測定の結果について報告する</u>