パルス磁石を用いた 真空複屈折の探索 Ⅱ

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

東大理,東大素セ^A、東大工^B、東大物性研^C、東北大金研^D



日本物理学会2016秋季大会 22pSF-4@宮崎大学 2016/9/22

講演概要

- •本講演:実験装置全体とテストラン結果
- 1. 実験装置概観
- 2. ガスを用いたテスト測定
- 3. 解析
- 4. これから
- 5. まとめ





レーザーやミラーを扱うので遮光付きのクリーンブースも自作。クリーンブース内に磁石や光学系、外に電源が配置。





1.2m*2.4mの光学定盤上に磁石、共振器を設置。

共振器のフィードバックテスト

- 磁石との組み合わせテスト用にF=10,000の共振器を作成
- ・ 音や振動によって共振が外れても自動で共振状態に復帰するシステムを構築。
- あえて擾乱を与えて共振を外し自動で復帰することを確認。
- 0.5Hzの繰り返しなら問題なく復帰できる。



自動で復帰

ガスを用いたテスト実験

窒素などの気体も磁場中で真空複屈折と同様の偏光の変化を生み、窒素の複屈折は1[Pa]で真空複屈折より6桁大きい。これを使うことで現在のシステムの評価ができる。

測定準備

- ・ 残留ガスによるBGを抑えるためにあらかじめ10⁻³[Pa]まで排
 気
- 液体窒素で磁石を冷却。
 →液体窒素で磁石や定盤が冷却された後も共振は持続
- レーザーなしでDAQして環境光によるBG、磁石起因のノイズのデータを収集。



- <u>偏光板を通過した光量</u>=I_eと<u>偏光板ではねられた光量</u>=I_tの比 がどれだけ偏光が変化したのかを表す。→この比を測る。
- I_e/I_t = P0 + P1 × B(t) + P2 × B²(t)で説明できる。
- P0→消光比、ミラーの複屈折
- P1→ファラデー回転の効果。
- P2→ファラデー回転+<u>複屈折</u>の効果

測定された波形

• N₂を1000Pa封入しDAQを行った。117発のデータを取得。



データ解析(1/2)

 取得したデータから強度比を計算し正負両方の磁場のデー タについて、P0+P1×B(t)+P2×B(t)²で同時にフィッティングし



データ解析(2/2)

 前述のfitをすべてのショットについて行いショットごとのパラ メーターのばらつきを評価。



ガウシアンで分布をfitして全ショットからの P1、P2の係数の値と誤差を推定

圧力依存性

 100Pa~1000Paの5点で同様の測定を行い、BとB²の係数の圧 力依存性を確認。理論から期待される通りにBの係数→圧 力に比例、B²の係数→圧力と圧力²に依存している。



k_{CM}^{N2}の決定

圧力依存性からファラデー回転の比例係数
 k_{faraday}^{N2}と複屈折の比例係数k_{cm}^{N2}が決定できる。

実測値理論値@90[K] $|k_{cm}^{N2}|$ = 2.0 × 10⁻¹⁷[Pa⁻¹T⁻²] $|k_{cm}^{N2}|$ = 2.3 × 10⁻¹⁷[Pa⁻¹T⁻²] $|k_{faraday}^{N2}|$ = 8.5 × 10⁻¹⁵[Pa⁻¹T⁻¹] $|k_{faraday}^{N2}|$ = 7.0 × 10⁻¹⁵[Pa⁻¹T⁻¹]

<u>温度依存性とレーザーのpathの遊びの影響による不定</u> <u>性の範囲内で気体の性質から期待される振る舞いを正</u> しく見ることができた。

真空での測定

- ・ チャンバーを真空に引いて100発測定。
- ガスを封入した場合と同様の解析を行い、B²に比例する項の分布からk_{CM}に制限をつける。



第二段階の感度

- 今回のテストラン結果ではQED理論値まで~7桁乖離がある。
- 第二段階で想定しているセットアップでの得られるゲインを 見積もる

パラメーター	今回の値	第二段階	k _{cm} へのゲイン
磁場	6 T	10 T	3倍
フィネス	10000	650,000	65倍
共振器長	0.2 m	0.4 m	2倍
共振器出力	7 μW	10 mW	40倍

+ ノイズ落とし???

同じ測定時間でもトータルで現在より15,000倍感度が向上する。 磁石、光学系ともに単体では第二段階の目標値は達成しており、組 み上げを残すのみ→[~]半年で第二段階実験を開始できる。

最終段階の感度

最終的には磁石とバンクの改良も行い、さらに感度を上げる。

パラメーター	第二段階	最終段階	k _{cm} へのゲイン
磁場	10 T	20 T	4倍
共振器長	0.4	0.8	2倍
繰り返し	0.5[Hz]	6[Hz]	4倍

第二段階から同じ測定時間でトータルでさらに 30倍感度が上がる。

まとめ

- 磁石と共振器を組み合わせた実験装置全体のプロ トタイプを組み上げた。
- テストランとして窒素を用いて複屈折の測定を行い 世界最高の繰り返しの0.5Hzでの測定に成功した。
- 真空での測定も行い、QED理論値の7桁上に制限を つけた。
- これから、第二段階測定準備として磁石、共振器を アップグレードした装置を組み上げる。
- ・2017年春に真空複屈折探索を開始する。