SPring-8/SACLAにおける 光子光子散乱の探索



<u>山道智博</u>、稲田聡明、山崎高幸^A、難波俊雄^A、浅井祥仁、小林富雄^A 玉作賢治^B,田中義人^C,犬伏雄一^D,澤田桂^B,矢橋牧名^B,石川哲也^B 高橋忠幸^E、渡辺伸^E、佐藤悟朗^F 東大理,東大素セ^A,理研/SPring-8^B、兵庫大院物質理^C JASRI^D、ISAS/JAXA^E、早大理工^F 日本物理学会第71回年次大会@東北学院大学 2015/03/22 1

目次

- ・イントロダクション/これまでの結果
- ・実験セットアップのアップグレード
- •実験結果
- ・次のステップについて

光子光子散乱



これまでの実験結果



2)先行実験とは異なる, X線領域における新しい制限

-QED断面積と比べると,まだまだ感度が足りない(<u>ルミノシティの向上</u>が課題) →初実験からセットアップを最適化,感度を高めた実験を行った(<u>本日の主題</u>)



-SACLAからのX線ビームを, X線ビームスプリッター(Si完全結晶の薄刃)で分割・交差
◆ルミノシティLを決める要素, アップグレード
1)単色化効率: ~10⁻³, 2乗で抑制(光源依存, 次頁)
2)回折効率 : 二回でO(1%), 刃が薄いほど高効率
-初実験(2013): 加工の容易なt0.6mmの刃を使用
<u>加工限界に近いt0.2mmの刃</u>を使用することで<u>11倍</u>ルミノシティがゲイン
3)回折後ビーム縦幅: 刃の厚さに比例して拡大, 薄い刃の使用で1.5倍ゲイン





SACLA

- -世界最高強度のX線自由電子レーザー(XFEL)を発振する施設
- -高瞬間強度・短パルス → 散乱実験に適した光源

-ビーム強度: ~6×10¹⁰ photon/pulse @ 11keV(2015)



◆SACLAの性能向上

-発展途上の光源であり,2013年から様々なパラメータが良くなっている 1)ビーム強度: ~1.8倍 (~3倍ゲイン) 2)線幅(FWHM): ~80eV → ~50eV (~3倍ゲイン) 3)ビーム繰り返し: 20Hz → 30Hz (~1.5倍ゲイン)



-大気分子によるX線散乱を防ぐために真空中でX線回折・交差 -刃でのX線散乱由来の迷光を遮蔽する為に複数のコリメータを使用



実験結果:測定スペクトル

-SACLA(BL3)のビームタイムを, 2015/11/11 22:00 - 11/14 10:00(60 h)に取得, 実験 -シグナル測定: 30Hz, <u>~34h</u> DAQ, 3.7 × 10⁶ pls -X線パルスに同期したトリガーでDAQ, 時間窓: X線タイミング±0.4µsec -<u>時間窓, 信号領域内のイベント: 0</u>→以下, 断面積リミットを求める



実験結果: 断面積リミット

- -積分ルミノシティ: 1.2×10²⁸[m⁻²] -検出効率: 13.2% →断面積リミット(95%C.L.): 1.9×10⁻²⁷[m²]
- -初実験に比べ~3桁感度向上 X線域で最も厳しい制限
- ◆更に感度を向上する方策
 -現行のセットアップと異なる
 新しいアイデアが必要
 →二色発振を利用した新しい実験



 ω_{cm}

実験	E _{cms}	σ _{limit} [m²]	QED σ[m²]	limit/QED	
Ours(2015)	6.5 keV	1.9×10^{-27}	2.5 × 10 ⁻⁴⁷	0.76×10^{20}	<u>~10³</u>
Ours(2013)		1.7×10^{-24}		0.68×10^{23}	

2015年実験と初実験の比較



-時間/空間位置/エネルギーが異なるX線パルス×2の同時発振(新しい技術) -SACLAが<u>実質2個の光源として振る舞う</u>

分割する必要が無く,片方を曲げれば衝突可能→実験自由度が広がり,効率も向上 -二色発振を用いたセットアップとして,<u>ブラッグ型X線回折</u>を利用したものを設計中

 ◆ブラッグ型X線回折を用いた散乱実験
 -単色化効率/回折効率: <u>1段目にのみ効く</u>
 1)2段目は単色化ロス無し → <u>~10³</u>ゲイン
 2)回折効率: ラウエ(~1%×1%)よりブラッグ(<u>~90%</u>)は高効率 → <u>~10³</u>ゲイン →ルミノシティで正味6桁強の向上が可能



まとめ

-実光子の光子光子散乱は未観測:QEDの重要な検証 -断面積が23桁大きく,先行実験で探索されてない X線領域での散乱実験を行っている

-初実験(2013)から以下のアップグレードを行った 1)ビームスプリッターの刃を薄くする→パルスルミノシティの向上 2)SACLAの光源性能(繰り返し/強度/線幅)の向上

-測定では有意なシグナルは検出されず,2013年より<u>~3桁</u>良い 断面積リミット1.9 × 10⁻²⁷ [m²]@6.5keVを得た

-更に感度を向上するためのセットアップに 二色発振を利用することを考え,現在設計を進めている