超伝導検出器を用いた ミリ波領域におけるパラフォトン探索

<u>並木飛鳥</u>A,難波俊雄B,成田佳奈香A,浅井祥仁A 坂井南美^c,渡邉祥正^D,山本智A

A東大理,B東大素セ,C理研,D芝浦工大

日本物理学会 2020年秋季大会 2020/9/15 (online開催)



- パラフォトンとは
- 探索手法
- ・探索の現状
- 実験セットアップ
- •ノイズ調査
- 到達予想感度

パラフォトンとは

- 標準模型を超えた理論で予言される、 "visible sector" と弱くしか結合しない "hidden sector"
- "hidden sector"のU(1)対称性に対応するゲージボソン



<u>misalignment 機構と類似のシナリオによって</u> Cold Dark Matterになり得る!!





<u>飛来するパラフォトンが金属表面に入射した際、放射さ</u> れる転換光を検出する。

- パラフォトンはkinetic mixingに より微小な通常の電場を含むた め、入射した際金属中の自由電 子を揺らす。
- 導体表面での境界条件より、転 換光はほぼ垂直方向に放射する。

 $\omega = \cdot$

転換光

パワー

エネルギ



5

パラフォトン探索の現状

図:PRD 102, 042001 (2020)



パラフォトン探索の現状

図:PRD 102, 042001 (2020)







Conversion plate

300 mm

300 mm



$$(A_{eff}=9\times 10^{-2}[m^2])$$

ほぼ垂直に転換光が放射されるので、プレート面の法線がホーンアンテナの開口面へ向くようにアライメント





アルマ望遠鏡仕様のカートリッジ受信機を使用
ALNAA(Ata as an a large Ndilling at an A man

ALMA(Atacama Large Millimeter / submillimeter Array)

・<u>SISヘテロダイン検出器</u>

(Superconductor-Insulator-Superconductor)

Nb超伝導 動作温度4.2 K

ΔΚステ

12Кステ

80Kス

アルマ型カートリッジ受信機

…強い電流電圧の非線形性

<mark>→</mark>低ノイズ,高いIF変換効率を実現

● 高感度受信帯域220 GHz~260 GHz
→0.91~1.08 meV領域の探索が可能!





- 検出器からf_{LO}を中心としてUSB(Upper Side Band)とLSB(Lower Side Band)の4~8 GHz帯が増幅されて出力
- バンドパスフィルターで2 GHz間隔に分割し,さらにダウンコンバートして スペクトロメータにそれぞれ入力
- 一度の測定で<u>8 GHz(2 GHz×4)</u>の広帯域を<u>約100 kHzの分解能</u>で測定
- •LOの周波数を調整する事で220~260 GHzの帯域を複数回に分けて取得
- 周波数精度:10⁻¹²(Rbクロック)







予想されるシグナル

パラフォトンのシグナルエネルギー分布はその速度分布(Maxwell-Boltzman)を
反映したものになる。



BG上の予想シグナル

•予想されるシグナルを実測スペクトルに重ね合わせると…







- ・標準理論を超えた理論で予言されるパラフォトン暗黒 物質探索
- ・SIS検出器を用いて220~260 GHz (0.91~1.08 meVのm_γ, に対応)の広帯域を高分解能リアルタイムで測定
- ・既存のリミットより1.5桁 良い感度で探索可能
- ・ 今年中に 測定開始

(SUMIRE@RIKEN)

19

