## ボース・アインシュタイン凝縮実現のための ポジトロニウム冷却

東大理¹, 東大素セ², 東大工³, 産総研⁴,

九大GIC<sup>5</sup>, KEK物構研<sup>6</sup>, 原子力機構<sup>7</sup>, 高麗大学<sup>8</sup>

石田 明<sup>1</sup>,橋立佳央理<sup>1</sup>,難波俊雄<sup>2</sup>,浅井祥仁<sup>1</sup>,五神 真<sup>1</sup>,
 田島陽平<sup>3</sup>,小林拓豊<sup>3</sup>,魚住亮介<sup>3</sup>,周 健治<sup>3</sup>,蔡 恩美<sup>3,8</sup>,吉岡孝高<sup>3</sup>,
 大島永康<sup>4</sup>,オロークブライアン<sup>4</sup>,満汐孝治<sup>4</sup>,伊藤賢志<sup>4</sup>,熊谷和博<sup>4</sup>,鈴木良一<sup>4</sup>,藤野 茂<sup>5</sup>,兵頭俊夫<sup>6</sup>,望月出海<sup>6</sup>,和田 健<sup>6</sup>,甲斐健師<sup>7</sup>



本研究はJSPS科研費 JP16H04526, JP17H02820, JP17H06205, JP17J03691, JP18H03855, JP19H01923, 公益財団法人 松尾学術振興財団、公益財団法人 三豊科 学技術振興協会、公益財団法人 光科学技術研究振興財団、公益財団法人 三菱財団、 TIA連携プログラム探索推進事業「かけはし」TK17-046, TK19-016の助成を受けたもの です。 <u>https://tabletop.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/?page\_id=110</u>

> 令和3 (2021) 年7月9日 第58回アイソトープ・放射線研究発表会@オンライン開催

2021/07/09

# 目次

ポジトロニウム (Ps) のボース・アインシュタイン凝縮 (BEC) の目的:

<u>反物質</u>の新量子多体系である低温量子凝縮相 =<u>反物質レーザー</u>を実現

- Ps-BEC 実現スキーム
- Ps レーザー冷却実現に向けた実験の状況
- 2020 年度 KEK 低速陽電子実験施設 (SPF) における実験の結果速報







#### 最大の問題

Ps は寿命が142 ns と 短い

#### <u>2つの課題</u>

- 1. 瞬間的な高密度 Ps の 生成
  - < 50 ns で > 10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup> (現状: 10<sup>15</sup> cm<sup>-3</sup>)
- 2. Psの高速冷却 ~300 ns で < 10 K に冷却 (現状: 150 K)



\* : S. Mariazzi *et al.* Phys. Rev. Lett. **104**(2010)243401, D. Cassidy *et al.* physica status solidi **4**(2007)3419.

5



1. 陽電子集束システム









2021/07/09

9

まずは真空中で Ps のレーザー 冷却を実証する

- 開放孔をもつ Ps 生成 材(シリカエアロゲル) から真空中に放出さ れた Ps にレーザーを 照射
- レーザーと Ps の相互 作用領域を確保する ため、レーザーは高反 射率ミラーで多重反射
- 2 枚の石英ガラス板で Ps を閉じ込め









13

### KEK-SPF (SPF-B1) における実験

・プロトタイプのPs冷却用レー ザーで部分的に冷却してみ る

→Ps全体を冷却するには 線幅が足りないが、一部で も冷却されれば効果が見え るはず!

- これまでのビームタイムで以
  下を達成:
  - レーザー光学系のモニ
    ター・制御システムの自動化・高度化
  - レーザーを使った Ps 温
    度測定を安定的に行う
    システムを自動化
  - □ 冷却効果が見えない条件で、測定系全体における冷却レーザーの影響調査



Ps レーザー冷却の早期実現に向け、 着々と準備を進めています。 今後の進展にご期待ください!

まとめ

- 1. Ps-BEC を実現して世界初の反物質レーザーを作りたい。
  - 反物質系低温量子凝縮相の研究
  - •「なぜ、宇宙に物質のみ残ったのか」を解明
  - ガンマ線レーザーの実現
- 2. ナノ細孔中で Ps をレーザー冷却するという、新しい Ps-BEC 実現スキームを提案した。
- 3. 今年度中にまず真空中での Ps レーザー冷却を実証すべ く、準備を進めている。既にレーザー・Ps 反射装置を使っ て高効率で Ps の 1S→2P 遷移を起こすことに成功した。
- 4. 現在、プロトタイプのPs冷却用レーザーによるPs冷却実験 に挑戦している。

https://tabletop.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/?page\_id=110

※ JST 創発的研究支援事業に採択されました。