

### ボース・アインシュタイン凝縮(BEC):物質波のレーザー状態

- 偶数スピンを持つボース粒子を高密度・ 低温にするとBEC相転移が起こる
- BEC状態では、系のほとんどすべての 粒子が基底状態をとり、単一の波動関数 をもつ
- ●物質波の干渉といったミクロな量子現 象がマクロスコピックな大きさで発現 する

物質波の干渉縞 重ね合わせる 230 µm

独立した2つの ナトリウム原子BEC体



加速度 Phys. stat. sol. 4, 3419 (2007) することで明滅 ------..... ▶ 明滅間隔から重力 速い? **Ps-BEC** 効果測定 511 keV ガンマ線レーザー光源の実現による産業応用

- BEC状態にあるPsがガンマ線に崩壊する 際、ガンマ線もレーザー状態になる
- 従来のX線光源に比べ10倍短い波長・ 高い過干渉性を持つため、高透過率・高 精度な構造物内部検査が可能。インフラ 検査などに役立つ。



- 経路の長さを変更

# レーザー冷却を用いる新しい手法でPs-BEC実現を目指す

Psが短寿命なためBEC実現が難しい

- Psの寿命が 142 ns と短いため、 この間に高密度化・冷却するのが 難しい
- 現状の世界記録では、密度・温度 ともに 1~2桁 足りない







- Psがレーザー光を吸収する際の反跳 によりPsを減速・冷却
- レーザー冷却により、350 nsの間に 10 K以下までの高速冷却が可能
- 反物質のレーザー冷却はこれまで



- 誰も成功していない、チャレンジン グな課題
- KEK物構研低速陽電子ビームライン SPF-B1にてPsレーザー冷却実験を 行っている (課題番号2017P009, 2018G100)

## 2017P009課題の成果1:高密度Psからの崩壊ガンマ線検出手法の試験

パイルアップが問題にならない手法 – シングルショット法 – を採用

- Psが冷却されたことを確認するには、Psからの崩壊ガンマ線のタイミング・ 量を正しく計測することが必要
- ▶ シングルショット法と呼ばれる手法を試験した

SPF-B1から供給される約1000個の低速陽電子を 16 nsの間にサンプルへ照射 デジタイザ



### 定量的な解析で構築したシングルショット法の有用性を確認

- シリカエアロゲル中で得られる 既知のPs崩壊寿命と、シングル 🔋 ショット法で得られる寿命とが 一致するか検証
- カプトンで得られた波形を応答 関数と考え、Ps崩壊による得ら れる波形のプロファイルを作成、 シリカエアロゲル波形をフィッ トする。
- ▶ 寿命 141.5 ns が得られ、既知 の値や確立した別の測定手法で 得られた値と無矛盾



Ps-BEC実現に重要なレーザー冷却に用いるシングルショット法とシリカキャビ ティの試験をSPF-B1(2017P009課題)において行い、完了した。

# 2017P009課題の成果2:シリカキャビティの開発と試験

50~100 nm 程度の空孔を多数持つシリカキャビティを3種類の異なる方法で製 作し、SPF-B1などにおいてPs生成率測定試験を行った。



可塑性シリカ成形体への インプリントによる 電子線リソグラフィーによる 穴開きシリカガラス



穴あきシリカガラス



- ゾルゲル法による シリカエアロゲル
- 空隙率の高いシリカエアロゲルで最も高い生成率が得られたため、レーザー冷 却実験ではシリカエアロゲルを使用
- シリカガラスを用いる方法でも空隙率を上げることに取り組んでいる