

## 超伝導ウィグラーについて

### 目的

- ・高エネルギー電子蓄積リングと高磁場の組み合わせによる高エネルギーガンマ線 ( $> 1$  MV) の発生
  - (1) 電子・陽電子対生成を利用した大強度低速陽電子ビームの生成 ( $> 10^{10}$  [slow- $e^+$ /s]) 高輝度放射光との同時利用の可能性
  - (2) 原子核の光核反応 (巨大共鳴) を利用した中性子の発生 (... 中性子の収量の点で?)
  - (3) MeV 領域放射光の直接利用
- ・低速陽電子ビームの用途
  - (1) フェルミ面のプローブとして：  
物質に低速陽電子を打ち込む 対消滅 放出 photon の角度相関 物質中の電子の運動量分布
  - (2) 格子欠陥のプローブとして：  
陽電子は格子欠陥に選択的に捕捉される
  - (3) 表面・界面のプローブとして
  - (4) 陽電子顕微鏡

### 経緯

Budker Inst. of Nucl. Physics (ロシア) と協定・契約。  
1999年：10 T 超伝導ウィグラー完成 (ロシア)。  
2000年：SPring-8 サイトに搬入、磁場測定 (最大 10.3T、通常の偏向電磁石は 0.68T)。  
2001年10月の加速器診断 II (BL05IN) 打合せの席で、加速器部門長より、2002 年夏にリングに設置することを検討するよう指示があり、その後、リング加速器グループを中心として冷凍能力改善、冷却試験、真空の検討などを行っている。

### 今後の予定

- ・真空チェンバー製作、上下流 2 台の専用 BPM 含む。
  - ・冷却試験、励磁試験、消磁試験。
  - ・プリベーク (本体および真空チェンバー)。
  - ・A 搬入室に移動 (7 月末の予定)。
  - ・5 セル直線部に設置 (8 月前半の予定)。
  - ・陽電子検出装置設置 (生成陽電子と電子との対消滅過程で発生する  $\gamma$  線を検出する。)
  - ・設置がうまくいけば、9 月初めのマシンおよびビームライン調整期間で実験を行う。
  - ・試験運転が目的であり、恒常的な設置とはならない。今年の冬期停止時までにはすべて撤去する。
  - ・熱負荷を避けるため、蓄積電流値は 1mA 程度以下とする。
  - ・ビームへの影響が大きいため、通常のユーザー運転とは切り離して考える。
- エミッタンス増大：6nmrad 14nmrad ( $\beta_x=25m$ )
- 4 極、6 極成分が大きい：チューンシフト、ベータ関数の歪み、エネルギー拡がり (バンチ長)、ダイナミックアパーチャー ...
- 垂直ディスパージョンによるカップリング悪化
- 冷凍機の振動 (1Hz、10 $\mu$ m オーダー)
- ・補正用ステアリング電磁石 (軌道) 水平 2 台、垂直 2 台を専用に追加設置。
  - ・補正用 4 極電磁石 (チューン、ベータ関数) 直近の QD 2 台の独立制御を検討中。

## 10 T超伝導ウィグラー

### • Shimming

ポールに鉄板を貼り付け、磁場の第1積分が消えるようにした。また6極成分も抑えるようにした。

### • Thermal Screen

He vesselの周囲に20Kと80Kの2つのthermal screenがあり、GM冷凍機で冷やしている。また、High-Tc current lead（セラミック）を使って電流導入部分からの熱浸入を抑えている。

### • 再凝縮器

気化したHeを再凝縮するためのGM冷凍機が2台ある。2002年の改造前には、He Gasで4.8 /minの消費(=Liq.Heで10 /dayの消費)であった。(Liq.He全量は約150。)  
一連の実験で、液体Heを1000 程度使った。

2002年に電流導入棒を銅から真鍮のものに取り替えるなど、いくつかの改善を行った。その結果熱浸入が大幅に減った。(液体ヘリウムの消費量をかなり抑えられそう。改良前後での詳細な比較は、今後の冷却試験で行う予定。)

### • 2台の独立電源

2台の電源のバランスで、磁場の第1積分が消えるよう調整できる。

### • "Persistent Current Operation (Closed Current) Mode"

"Superconducting Persistent Key": 超伝導線にヒータが巻いてあり、ヒータのON/OFFでスイッチの開閉を行う。 closed current loop

### • 磁場の安定化

コイルに流れる電流値を一定にしても磁場がその精度で一定に保たれる保証はない。磁場そのものをNMRプローブで測定し、フィードバックをかける。磁場勾配の小さいところをプローブの設置場所(central poleに2個、side poleに各1個)に選び、精度を出す。"pulsed NMR";  $B=f/\gamma$ ,  $\gamma=11.094\text{MHz/T}$  for Al (in central pole),  $\gamma=40.0546\text{MHz/T}$  for Fluorine (in side pole)。磁場の絶対値の測定精度は $\sim 5 \times 10^{-5}$ と見積もられている。

初期化(磁場の上げ下げ)を行うことによる再現性は数G程度( $\sim (2-3) \times 10^{-5}$  @ 10T)。

### • フィードバック("Magnetic Flux Pumping")

"Rectifier Key"を使ったフィードバックで安定度 $10^{-4}$ 。

### • クエンチ対策

"Cold Diode"と抵抗器を直列につないだバイパスが、超伝導電流の流れているループに並列接続されている。クエンチ時に電圧(1V以上)がかかるとバイパスに電流が流れ、エネルギーが抵抗器で解放される。(注:クエンチ:何らかの擾乱でマグネットの一部が常伝導転移し、これが全体に及ぶこと。)

### • その他

ランプアップ(ダウン)の時間は現状30分程度。

低磁場では電源の極性反転の必要あり。

## 磁場測定

- "Stretch Current Wire Method"

張力 ( $m=1.1\text{kg}$ ) をかけたワイヤに電流 (DC+AC) を流して磁場を上げていき、ワイヤの変位をモニタで読む。精度は $\pm 5\mu\text{m}$  と見積もられている。DC 電流は 8GeV 電子の magnetic rigidity を模擬するように流す ( $B\rho = mg/i$ ,  $i=0.4\text{A}$ )。

磁場の第 1 積分が消えるよう、2 台の電源で流す電流値の関係を調整した。

- ホール素子によるマッピング

ホール素子のキャリブレーションは NMR probe と温度計を一つのカートリッジに付けて行った。

- 高次成分、残留磁場、漏れ磁場



