

陽子シンクロトロン（PS）実験報告

PS主リングでは9月末から実験が再開され、北カウンタホールK6ビームラインで

- ・E566（田村：東北大、Hypernuclear spectroscopy on ^{12}C target、80シフト）

K5ビームラインで

- ・E570（早野：東大、Measurement of Kaonic Helium X ray (3d-2p)、80シフト）

の2課題を実施、10月末に完了した。

10月31日には遅い取り出しを東カウンターホールに切り替え、K0ビームラインで

- ・E391a（稲垣：KEK、 $K^0 \rightarrow \pi^0$ 崩壊の測定、延長分100シフト）

を実施している。

PS主リングの共同利用実験は本年12月28日午前9時をもって終了することとなっているが、10月30日にPS-PACが開催され、最後のPS主リングの共同利用実験について審議した。委員会としての結論は次の通りであるが、素核研運営会議の承認を必要とする。

- ・E567（篠原：大阪大、パイ中間子原子から放出される電子X線エネルギーの精密測定）の延長申請については採択とするが、シフト数を定めず12月7日午前9時から12月12日午前9時までの間、E391aのパラサイト実験として実施する。
- ・E559（今井：京大、High resolution spectroscopy of penta-quark $^+$ ）の延長申請、及び
- ・E570（早野：東大、Measurement of Kaonic Helium X ray (3d-2p)）の延長申請については、いずれも採択とするが、シフト数を定めず12月12日午前9時から12月28日の午前9時までの間、EP1で同時に実施する。その際、ビームハンドリングのプライオリティーはE570に与える。
- ・T590（澤田：KEK、結晶を用いた12 GeV陽子の偏向法の開発）はテスト実験であるがEP2Aラインの一次ビームを利用するため、採択とするがシフト数を定めず、12月7日午前9時から12月12日午前9時までの間、E391a、E567と同時に実施することとし、3シフト以内に限りビームハンドリングのプライオリティーを与える。

その他、数件の内部標的を用いるテスト実験を採択した。

上記の実験の実施に当たり、加速器等の故障があってもマシンタイムの補償は行わないことを了承した。

PS-PACは11月1日から1年間に限り、残任期間のある委員だけで構成され、主としてテスト実験の審査及び共同利用実験の解析の進行状況をレビューする。

今後のテスト実験は、申請順に可能な限り受け付けるが、実施は保証されない。

PS主リングの共同利用実験終了を記念して、来年1月13日（金）、14日（土）にシンポジウム「KEK 12GeV陽子シンクロトロン---その35年の軌跡」を開催する。また、同名の記念誌を刊行する予定で、関係者に原稿を依頼中である。

物理第3研究系研究報告：回路開発（谷口）

1) 測定器開発室：バイポーラトランジスタを使用したASICによるガスチェンバー用フロントエンドの開発

現在、KEK が中心となって大阪大学や神戸大学と協力をして、主に JPARK や ILC などの将来の実験に使用する Gas drift chamber 用 Front-end electronics をモノリシック IC の形で開発している。使用する半導体プロセスは NEC の UHSO Bipolar process で、カットオフ周波数 25GHz の NPN トランジスタと 2 GHz の PNP トランジスタを中心とした、特に高速通信用の IC 製作を目的としたものである。今回の試作には 4 種類の回路を入れた。それらは可変ポール・ゼロ・キャンセレーション (PZC) アンプ、Positive 入力アンプ、Negative 入力アンプ、そして高速コンパレータである。前の 3 種類のアンプについては基本となる回路は BESS - Polar 実験で使用したエミッター接地型 Drift chamber pre-amplifier を用いた。可変 PZC アンプはスイッチ付きのバッファ回路を追加して微分のポール時定数とゼロ時定数が 4 ビットバイナリコントロールできるようにしたもので、さらに積分回路と増幅回路を追加したものである。Positive 及び Negative 入力アンプの設計思想は、JPARK のような高強度ビーム下での実験を前提としたもので、以前 E162 で使用した高速で且、飽和に極めて強いプリアンプが必要であると考え、このプリアンプの性能を基準として、更なる低消費電力、高速、低ノイズを実現すべく開発を始めた。今回の試作では BESS - Polar 用プリアンプにベースラインリスタアラー回路を追加し、シェーピング時間を 15 nS から 1 nS に縮めた。またコンパレータは、このプロセスの性能確認をするために超高速型に設計している。本番ではこれをもとにして消費電力を下げ、ドリフトチェンバーにとって適当でかつ充分な性能のコンパレータとし、プリアンプと一体化する予定である。Preamplifier のレイアウトの一例を図 1 に示す。今後は各大学やユーザーの意見を取り入れ、使いやすい IC を目指して開発を進める予定である。ディスクリート素子での試作はすでに終了しており、これも一部はユーザーに開放している。また ASIC 版はすでにサブミットを終えて後は出来上がりを待つだけとなっている。

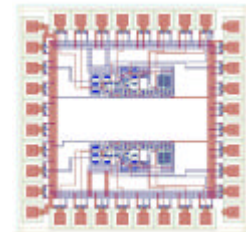


図1 Positive 入力アンプのレイアウト

2) パルススタッキングレーザーワイヤーの開発

昨年度は ATF ダンピングリングでの電子ビーム診断という目的で、パルスレーザー光を Fabry-Perot cavity にスタックして、その光を電子ビームに当てた。これにより電子ビームの Transverse 方向のサイズ (Vertical emittance) をはかる事ができる。ところが同時に、パルスレーザーと電子ビームとのタイミングを変化させる事によって Longitudinal 方向でも電子ビームのサイズがはかる事が分かった。この方法で昨年測定したパンチ長とストリークカメラで測定したサイズとを比較した例を図 2 に載せる。全体的にストリークカメラのほうが大きな値を示しているものの比較的よい一致を示している。このレーザーワイヤーの測定精度を高めると同時に、スタックするビーム強度を高め、ワイヤーの安定性を向上させるために必要なモニター装置の開発とフィードバック系の回路開発を行っている。ここで開発された回路の一部はすでにナノ BPM の開発や、RF キャビティの開発研究に供用されている。現在はキャビティ長を制御しているピエゾ素子と付属部品の共振周波数を高くし、さらに共振の Q を下げるための工夫を検討している。回路系では充分なダンピングが出来ないので、たとえば共振点の違うピエゾ素子 2 個を使用してプッシュプル動作をさせる、などである。

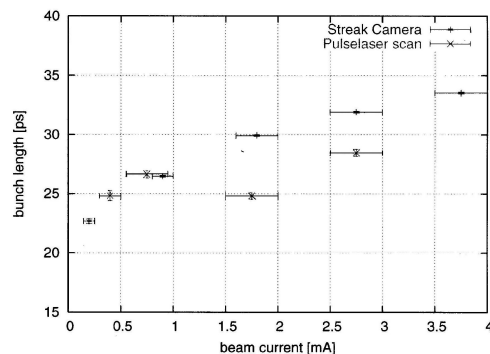


図2 パンチ長 vs ビーム電流

またパルススタッキング技術は医療や物性実験にも高品質の X 線発生装置の重要部分として威力を発揮するため、今年は新たに放医研のリニアックからの電子ビームに当てて X 線発生の確認をする計画で準備をしている。発生する X 線の量を増やすためにレーザーに強度が十分取れる波長 1064nm の赤外光を使用し、キャビティに使用するミラーの反射率を 99.9% に上げる用意をしている (図 3 参照)。

3) 高時間分解能回路の開発

名古屋大学と協力をして B-factory 実験の粒子同定検出器のために時間分解能 4 pS 以下になるようなディスクリミネーターと TDC の開発を行っている。一次試作では $t \approx 10$ pS 程度のコンスタントフラクシオンディスクリミネーターが出来上がっている。二次試作では超高分解能 TDC も試作を行う予定である。



図3 現在のセットアップ

素粒子原子核研究所・第4研究系の活動報告（11月）

○J-PARCで使用するビームモニター開発を続けている。最近、遅い取り出しビームライン用プロファイルモニターの候補であるOTR(optical transition radiation)検出器の実機仕様モデルを製作した。本検出器はOTR光を光学系で集光し、イメージ増幅器および耐放射線カメラで観測することによってプロファイルを測定する。OTR光の特徴である物質の誘電率の違いにのみ光量が依存することを利用して、スクリーンの物質量を減らすことが可能になる。さらに、スクリーンを外部より駆動し測定時のみ挿入することで、ビームロスを最小限に抑えることができる。(写真左)

○J-PARCハドロン実験施設では一次標的の下流を大型真空槽に収める。現在、東カウンターホール内の一次ラインモックアップにおいて、間接水冷型MICコイルの真空内通電試験を行った。コイル部とチムニー部の冷却について問題ないが、水冷管と分離される導体接続部が最も高温になり、コイルに流す電流量を制限する結果となっていた。今回、水冷管から分離する導体部分をできる限り短くした上で、輻射率を高めるために表面を黒く塗った銅板を貼り付けるという改良を行った。その結果、温度上昇が緩和され、真空中の最高温度200℃以下で1000A通電することに成功した。(写真右)



○重イオン線形加速器制御の安定化

共同利用でのビーム供給を安定に保証しオペレーターの負担を軽減するために、各種装置制御の改良をソフト・ハードの両面から進めている。加速器については、高周波の位相、振幅及びチューナー制御の安定化に取り組んで来たが、これまでにチューナーと位相制御ソフトの改良が修了した。

チューナー制御では、高周波の反射波モニター出力を0.3秒程度の周期で基準値と比較しフィードバックをかけるソフトが完成し、実証試験に成功した。図1は、各空洞からの反射波の時間経過（約5分間）を表したもののだが、反射波が時間と共に増大せず一定値以下に抑えられている事がわかる。

位相については、空洞間の位相差モニターを用いて約1秒周期で基準値比較を行うことで、 ± 0.2 度以内の安定性を実現出来た。図2は、インターデジタルH型線形加速器の空洞2-3間の位相差の時間変化を示している。縦軸の一目盛りは0.1度である。図中央の縦線より前が制御オフの状態、後がオンの状態を示している。ここで用いている位相差は、上流と下流の隣接する空洞間の差であり、将来リバンチャー空洞を基準にした制御方法へ変更して安定度を ± 0.1 度以内に改善する予定である。

○TRIAC共同利用の開始

11月から共同利用が開始される。それに先立って11月から2006年3月までの運転スケジュール（25日間）がマシンタイム調整委員会で決定した。

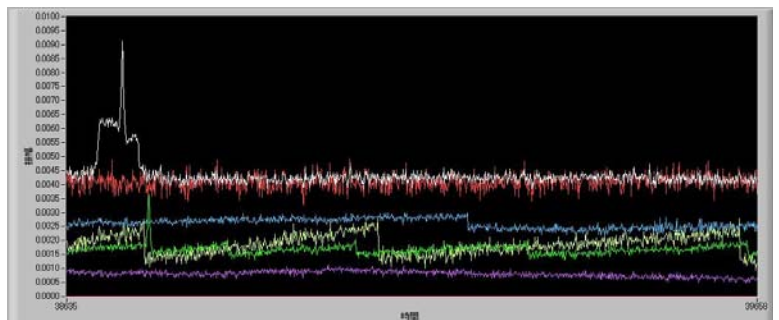


図1 各空洞の反射波モニタ振幅の時間変化。

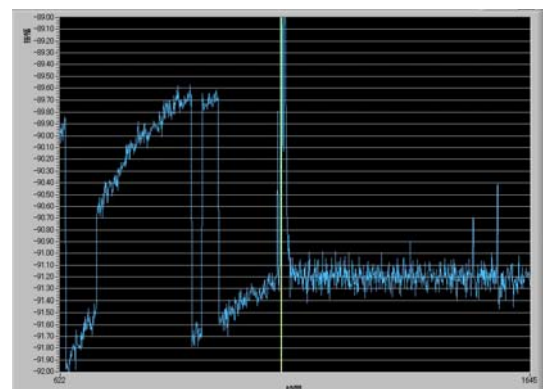


図2 空洞間(IH2-IH3)位相差の時間変化。

パルス中性子ラムゼー共鳴の観測に成功: ラムゼー共鳴は、原子時計や電気双極子能率の測定等、精密実験に使用されている核磁気共鳴の一つであり、二つの高周波コイルの間に静磁場による才差運動域を設け、共鳴曲線にラムゼー・フリンジと呼ばれる振動項をつくり、磁気共鳴の感度を上げている。今回、パルス中性子 β 崩壊による V_{ud} の精密測定、そしてパルス中性子の原子核標的透過での時間反転実験を行うため、ラムゼー共鳴をパルス中性子に応用し、中性子スピンを高精度に制御する方法を開発した。

図1のように、 z 軸方向の中性子ビームライン上に、二つの偏極 ^3He を静磁場 H_0 とともに z 軸方向に置き、その間に、二組の高周波コイルを置き、これらを通る中性子を飛行時間の関数として計数した。高周波コイルは、特定のエネルギー領域(例えば、25~80 meV)の中性子パルスに同期して、 xy 面内で回転する磁場 H_1 を作っている。中性子スピンは、上流の偏極 ^3He で z 軸方向に偏極し、上流の回転磁場 H_1^u の周りを 90° 回転し、 H_0 に対して垂直になり、その後、 xy 面内で才差運動をする。この時、ラーマ一周波数 ω_0 は、 H_1^u の周波数 ω と同じで、スピン回転の位相と H_1^u の位相差は、変化せず、常に 90° である。下流の回転磁場 H_1^d の位相が H_1^u の位相に一致すると、中性子スピンは、さらに 90° 回転し、 $-z$ 方向になる。 H_1^d の位相を θ ずらすと、中性子スピンは、 $-z$ 方向から θ ずれる。

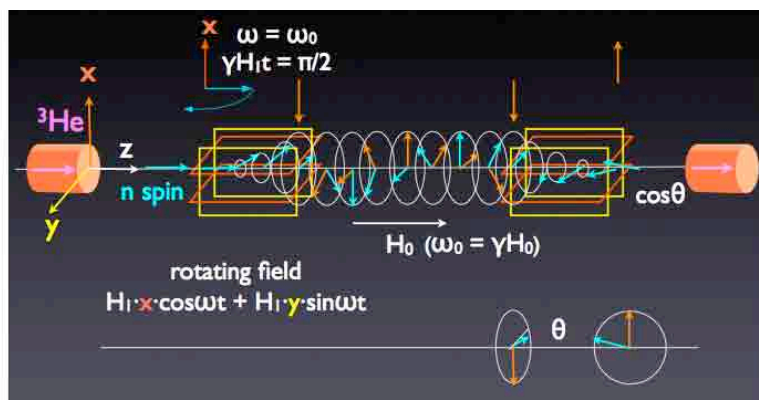


図1 パルス中性子ラムゼー共鳴装置

中性子は、エネルギーの高い順に下流の高周波コイルに到達する。実験では、到達時間に合わせて、 θ を0から 2π まで変化させ、下流の偏極 ^3He を通して中性子を計数した。中性子計数は、理論上、時間の関数として $\cos\theta$ の変化をする。実験結果は、図2に中性子エネルギーの関数として表されている。図の縦軸は、高周波有無での中性子計数の比から1を差し引いた値である。実験値は、赤線で示された理論曲線にほぼ一致している。

今回の方法を使えば、場の中での中性子スピン回転の測定でき、高周波の位相から、コイル間の中性子速度の測定、そして、ビームモジュレーションも可能になり、中性子スピンの高精度制御のみならず、様々な応用が考えられる。

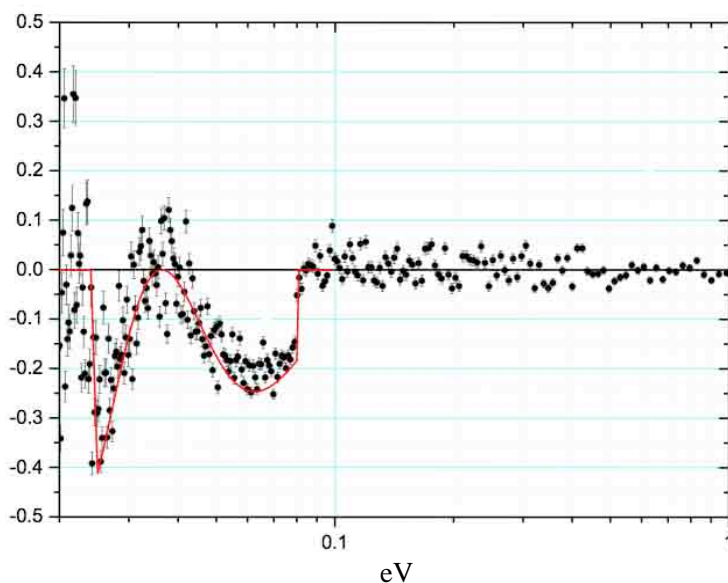


図2 ラムゼー共鳴信号