

偏極負水素イオン前段加速器計画

高エネルギー物理学研究所, 九州大学工学部*

福本貞義, 五十嵐前衛, 伊藤清, 角山泰一郎, 加藤隆夫, 木代純逸
久保田親, 高崎栄一, 高木昭, 平松成範, 森義治, *野田耕司

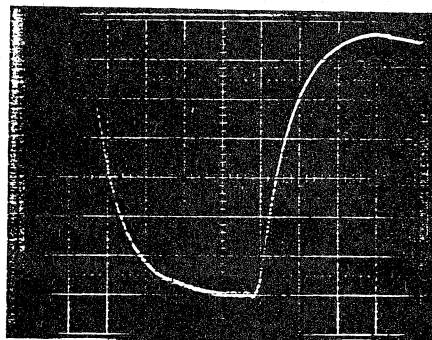
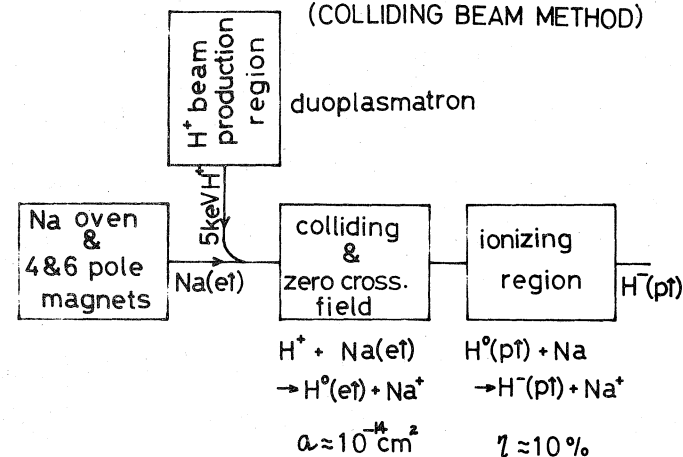
§ 1. まえがき

実験グループの要求により, 偏極陽子を加速するため, まず前段加速器を建設することになり, 55年度から始めて57年度に完成の予定である。偏極陽子はANLのZGSで12 GeVまで加速されていたが, 昨年秋に加速器が閉鎖され, BNLのAGSで偏極陽子加速が検討されている。ZGSではANAC社の原子線型イオン源で約100 μA の偏極陽子を出し, 50 MeVに加速して入射していたが入射時間が200 μS 程度と長いので必要な強度が得られた。しかしKEKではブースターへの入射時間が $\sim 4 \mu S$ なので, 偏極 H^- イオンをリニアックで加速して60 μS (100回)程度の入射をした方が有利である。偏極 H^- イオンはラム・シフト型でも生成されるけれども, 約1 μA しか得られない事が明らかになった。そこで偏極イオン源のオニ世代と呼ばれるイオン源の開発と, 前段加速器の建設も平行して行っている。これに伴い, 非偏極陽子も負水素イオンを加速して, 荷電変換によりブースターに入射しなければならないので, H^- イオン源の開発も進めている。

§ 2. オニ世代の偏極 H^- イオン源と H^- イオン源の開発

ブースターで加速するには, 加速中にビーム位置を検出しなければならず, モニターの感度から 4×10^9 PPP以上の強度が必要である。この場合リニアックのビーム強度は100%加速されるとして10 μA , 50%では20 μA の H^- イオンが必要となる。このような高強度偏極 H^- イオン源に図1のような構成のものを開発中である^{1,2,3,4)}。Naを電子偏極させ, 偏極した電子に移し, 零磁場を通過させて電子偏極を核偏極に移し, 電子を附着させて偏極 H^- イオンを作るものが開発されつつあるが, これにはラム・シフト型のような強度の上限がない。Naを電子偏極させるのに, 昨年からの実験では六極磁石を使用してきたが, 色素レーザーを光源にして円偏波を照射した方がより密度が高くなるので⁵⁾, この方式の準備を進めている⁶⁾。今までのところ30~40%の偏極度の3 μA の H^- ビームが得られている(図2)。

POLARIZED H⁻ ION SOURCE
(COLLIDING BEAM METHOD)



0.5 μA/div.
10 μsec./div.

(PARAMETERS)

800303

- duoplasmatron: I_{arc} = 50A
- I_m = 3.3A
- P = 0.55tor.
- V_{ext.} = -23.5kV
- H⁺ energy : E = 5keV
- 90° bend.mag.: I = 2.6A
- solenoid cur.: I = 160A
- Na oven temp.: T_o = 488°C
- Na cell temp.: T_c = 231°C
- pressure P1 : P1 = 2.2x10⁻⁶tor.
- P2 : P2 = 7.0x10⁻⁷tor.
- P3 : P3 = 3.2x10⁻⁷tor.
- 4-pole mag. : I = 300A

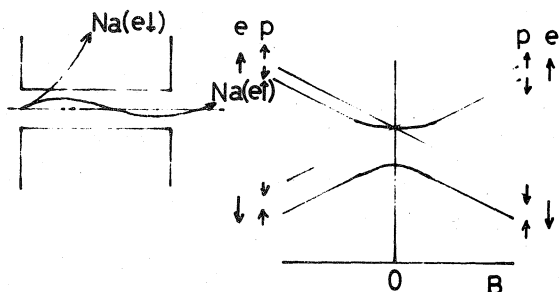


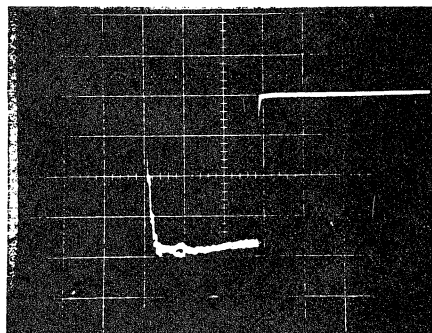
図1 偏極H⁻イオン源の原理図

図2 偏極H⁻イオンビーム波形

現在の陽子に代る非偏極H⁻ビームのために、FNALの表面プラスマイオン源を参考にH⁻イオン源を作り、テストスタンドで試験中である。^{7,8)} Cs を導入して最高15mA

H⁻ ION BEAM CURRENT

が得られている(図3)。



(PARAMETERS)

800315

- repetition : 7 Hz
- arc voltage : 250 V
- arc current : 30 A
- arc duration : 150 μsec.
- cathode temp. : ~350 °C
- anode temp. : ~130 °C
- source mag. field: 940 Gauss
- extraction volt. : 12 kV
- acceleration volt.: 30 kV
- extraction gap : 5 mm
- extraction slit : 1x15 mm
- bend. mag. field : 1.3 kGauss
- gas flow rate : ~4 cc/min.
- Cs oven temp. : ~190 °C
- Cs feed tube temp.: 300~400 °C

2mA/div.
50μsec/div.

§3. 高電圧装置

H⁻イオンを750 keVまで加速するのに、最近開発が進められているRF-Qは大変興味のある方法である。しかし大強度の偏極H⁻イオン源が大きな開発要素であること、ビームラインが長くて、偏向電磁石も入れなければならないため、運動量の振りが少ないことが望ましい点から従来と同様に大気型コッククロフト装置を製作する予定である。しかしビーム強度

を地上に置く計画を立てた(図4)。ビームラインの全長は約40mで、エミッタンス $\epsilon_x = \epsilon_y = 100 \pi \text{ mm}\cdot\text{mrad}$ ($4\pi \text{ mm}\cdot\text{mrad}$ 規格化) と、MAGICとTRANSPORTのプログラムにより軌道も計算した。(図5) この時の四極磁石の最大磁場勾配は 549 G/cm である。6個の偏向磁石のうち最初のもは偏向角 23.7° で、ビームの進行方向のスピンを水平面内でこれと直角方向に向ける。そしてその直後のリレノイドでシンクロトロニ加速に適した垂直方向に向けられる。

750 keV の H^- イオンと残留ガスとの荷電交換断面積が 10^{-16} cm^2 と大きいので、ビームラインでの損失を1%にするには 10^{-7} Torr の真空が必要である。ビーム電流が小さいのでビーム電流モニター、プロファイルモニター等を開発しなければならない。

§5. 制御系

新しい前段加速器では、高電圧ターミナル内の25の電源を含め100以上の電源を制御しなければならない。そこでCAMACを使った図6の方式を検討している。ミニコン(LSI-11)からのコマンドはシリアルデータとしてバスラインに送られる。これには専用のインターフェース・モジュールが接続され、そこで16又は32ビットのエンコーダー-デコーダーIC(HARRIS HD 15530又は1553A)によりシリアル-パラレル変換されて電源を制御する。オプティカル・ファイバーを介在させれば、高電圧ターミナル内も地上と同様に制御できる。インターフェース・モジュール(PSI)を開発中である。

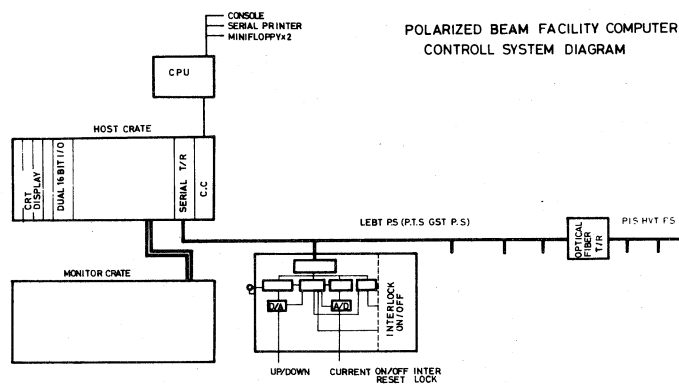


図6 CAMACと専用インターフェースの制御系

References

- 1) S. Suwa, Proc. AIP Conf. "High Energy Physics with Polarized Beams and Polarized Targets", 325, 1978.
- 2) Y. Mori et al., Proc. 3rd Symposium on Ion Sources and Ion Application Technology, 103, 1979.
- 3) G. J. Witteveen, Nucl. Instr. Meth., 158, 57, 1979.
- 4) Y. Mori et al., Proc. 4th Symposium on Ion Sources and Ion Application Technology, 59, 1980.
- 5) L. W. Anderson, Nucl. Instr. Meth., 167, 363, 1979.
- 6) K. Ito et al., Proc. Conf. Accelerator Science and Technology, Osaka, 1980, to be published.
- 7) A. Takagi et al., Proc. 4th Symposium on Ion Sources and Ion Application technology, 51, 1980.
- 8) A. Takagi et al., Proc. Conf. Accelerator Science and Technology, Osaka, 1980, to be published.

は小さいので バウンサーは要らない。
 高電圧ターミナルは3×4 m程度の床面積
 が要り、所要電力は50 kWと推定される
 が、これはFRPシャフトで発電機を駆動
 する方式でまかなえる。冷却には大地側
 との間で純水を循環させる。

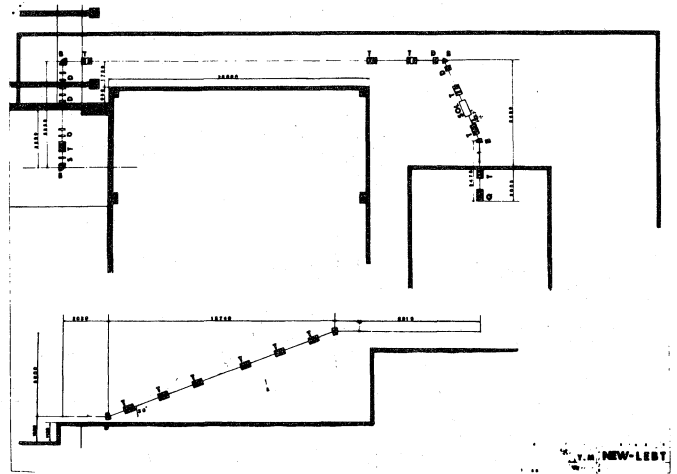


図4 新しいビームラインの配置

§4. 設置場所とビームライン

現在の前段加速器と加速器コント
 ロール室の間の空地では、大気型装置は設
 置できないので、前段加速器室のリニアックと反対側に新たに偏極用コッククロフト
 などを置き、空地を通過してビームを導き、バンチャーからトリフレット1組上流の場所で
 従来のLEBTに合流させる。既設の設備への影響を減らすために掘り下げず高圧装置

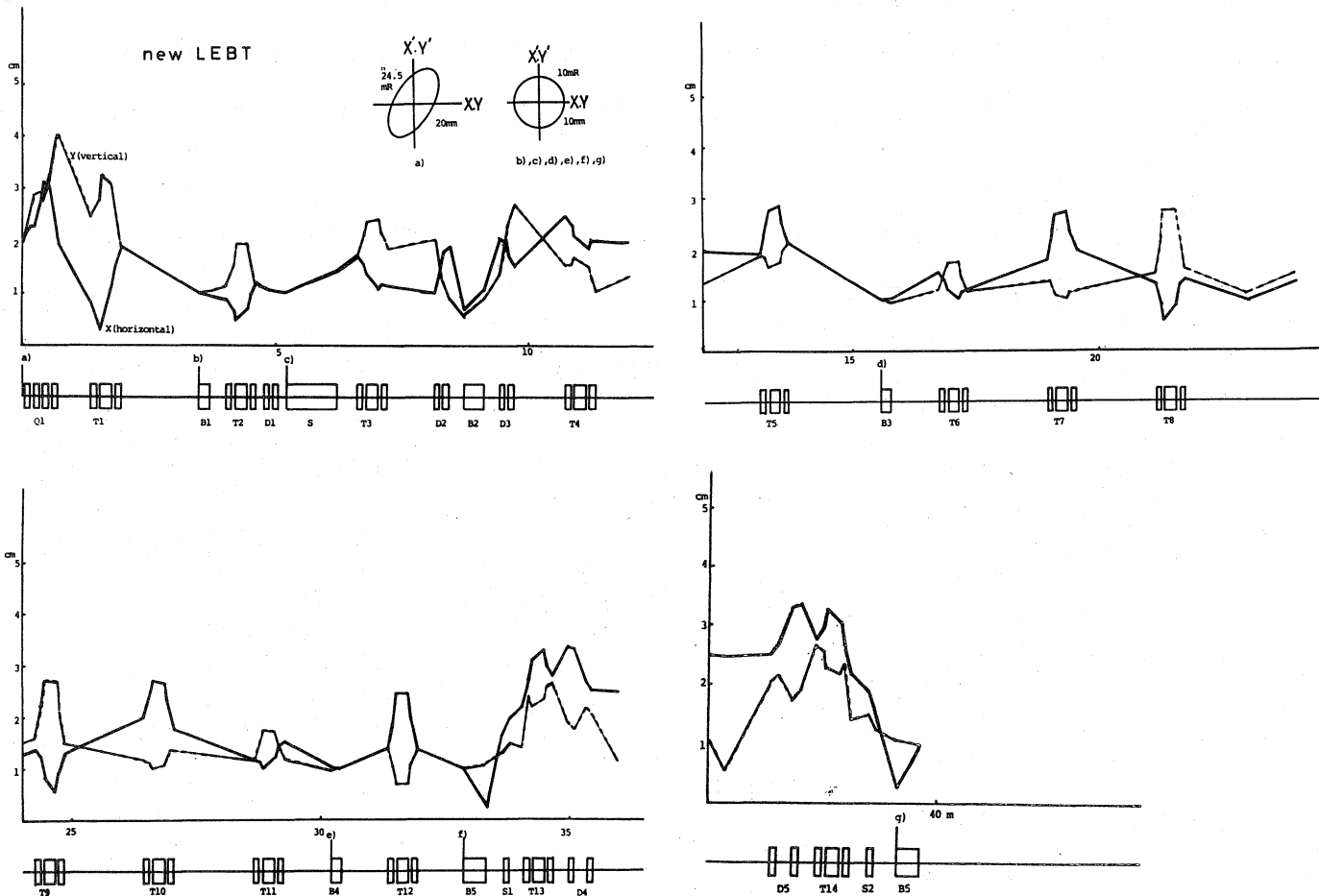


図5 ビームラインの軌道計算