Measurements of Bunched Beam from the KEK Positron Generator Linac

Isamu SATO,Kazuo NAKAHARA,Satoshi OHSAWA,Atsushi ENOMOTO,
Takao URANO,Hirofumi HANAKI,Yuji OTAKE,Takao OOGOE,
Kazuhisa KAKIHARA, and Akira ASAMI
National Laboratory for High Energy Physics (KEK)
So FUJIE
Mitsubishi Heavy Industory Co.

Abstract
Bunched beams from the positron generator linac have been measured by use of a streak camera system with analyzing power of 2ps. Pulse widths of bunching beams in usual machine operations were estimated above 30ps as the result of this mesurement. The note reports about the measurement method and the data analysis.

ポジトロン発生用リニアックから出力されるビームのバンチ測定

１．はじめに

最近は，トリスタンのＡＲリングとともにＰＦ貯蔵リングの通常運転にも陽電子ビームが使われる様になった。陽電子ビームのバンチの状態を測定する事はリングの入射効率を向上させるために重要である。現在，このバンチの直接測定はしていないが，しかし，ポジトロン発生用リニアックから出力されるビームのバンチを測定する事によってある程度推測できる。ここでは，その測定結果をレポートする。

２．電子ビームによる陽電子ビーム発生とその加速

約４ナノ秒のパルス幅の電子ビームは約１６０ＫＶに加速される。このビームは１１９ＭＨｚのサブ・ハーモニックバンチャーで約４０ＫＶの高周波電圧で速度変調を受け，約２．５ｍの空間を走行し２ナノ秒以下にバンチし，プリ・バンチャー（２８５６ＭＨｚ）で約３５０ピコ秒の時間間隔に細かくバンチされ，バンチャー（約１．５ｍ）では約５ＭｅＶまで加速され，バンチは更に幅が狭なる。電子銃からバンチャーまではソレノイド電磁石で横方向の広がりを収束する。これ以降は４極電磁石でビームの集束を行なっている。又，これ以降の加速では，そのバンチ形状はほどんと変化しない。このビームは２ｍ加速管１本と４ｍ加速管４本で約２３０ＭｅＶまで加速され金属標的に衝突する。衝突ビームの大多数は標的を通過中に原子核の電荷ポテンシャルで何度も偏向しγ線を輻射しながらそのエネルギーを次第に失って行く。このγ線の中には電子対（電子と陽電子の１対）に変換されるものもある。電子対も同様に制動輻射を受けてカスケード状にγ線を発生する。γ線が創生する電子対の大多数は低いエネルギーに分布する。標的の直後にパルスで動作する強いソレノイド磁場を設置し，陽電子ビームを効率良くを集め加速管に輸送する。このコイルの直後の４ｍ加速管にも直流ソレノイド磁場を与えて平行磁場でビームを集束する。このビームは更に２ｍ加速管４本と４ｍ加速管３本で約２５０ＭｅＶに加速され，ＰＦ入射器に輸送される。この区間は４極電磁石で集束される。陽電子発生用リニアックの配置の詳細は図１に示す。

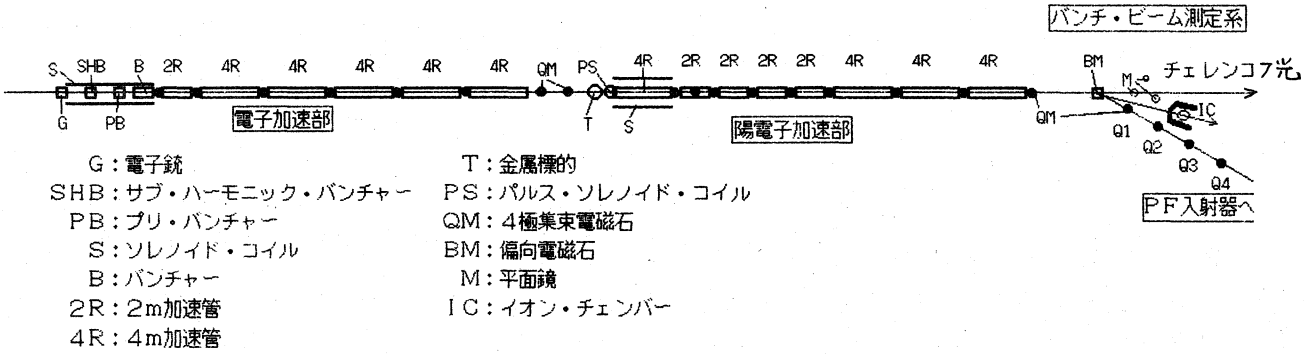

図１　陽電子発生用リニアックの配置とビーム・バンチ測定系

3．バンチビームの測定系

光速度に近いビーム速度の電子或いは陽電子を空気中を走行すると，ビームの進行方向と約１．３４°ずれた方向にチェレンコフ光を円錐状に放射する。この時，これらのビームの情報はバンチ形状等の正確に伝達される。

我々はこの特性を利用し，超高速時間分解能（ｐｓ）を持つ光強度の時間幅のバンチ常運転時にアリーカメラを布置し，ストリーク・カメラを測定装置は発生に用設置した。測定系の光学路は次のごとくである。終端ダクトのステンレス・ウインドウを通過した光は表面鏡（Ｍ１）に衝突する。チェレンコフ光は表面鏡（Ｍ１）で反射され２枚の表面鏡によって地下トンネルからコンクリート・シールド内の回廊に導かれる。この光は表面鏡（２．５ｍ）を通過し，トンネル直上のクライストロン集束され，レンズ焦点（１００ｍｍ）に輸送される。一方，ポケット直角に偏向され，ストリーク・カメラに偏向され，その信号はビームと同期して受光し，利用された。鏡は平面鏡にアルミを蒸着した半透鏡で更に直角に設置され，ストリーク・カメラのシンクロ信号は光ダクトを通過した光は時間関係を定めるのに使った。スト表面にパルスの時間ジッターは非常に小なくなり，安定したストリーク像が得られる様になった。測定系のライン・アップは図２に示す。

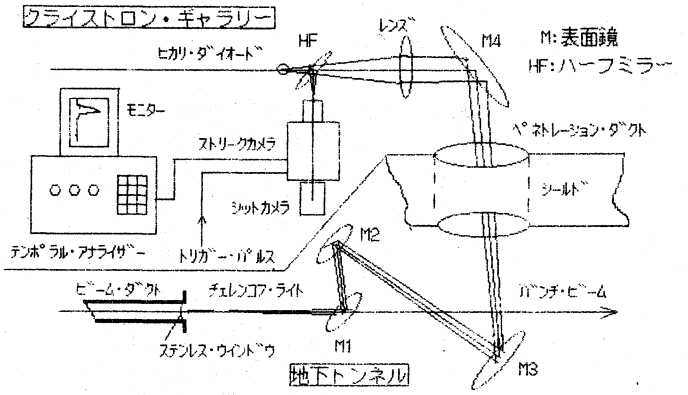

図2 バンチ・ビームの測定システム

4．測定結果

初期の実験では，光の強度を高めるために電子ビームのバンチ形状を示す。この測定では約２．５ｍに設定した。図３は通常の運転時の陽電子ビームのバンチ時間幅は大多数のビームのバンチ幅は３０ｐｓ以上であった。又，陽電子ビームのバンチ時間間隔（３５０ｐｓ）の中間にチェレンコフ光らしい光が時々観測されいた。バンチ幅が広いのは光学系のミラーシフトや光学路の調整が不十分のため と言う議論があり，種々のチェツクを行なったが，結果は同じであった。又，バンチ光の中間である光は電子ビームによるチェレンコフ光と推定したが，これも半透鏡のミラーシフトのためが原因とは論があり，明確ではなかった。この中間光は計算から半透鏡のミラーシフトがずれる筈なり得ないが，もしそうならば，半透鏡を左右に回転したら中間光の位置がある。

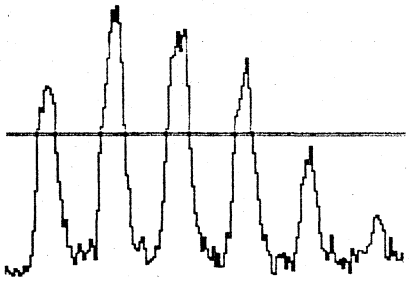
図３　通常の運転時に観測した陽電子ビームのバンチ

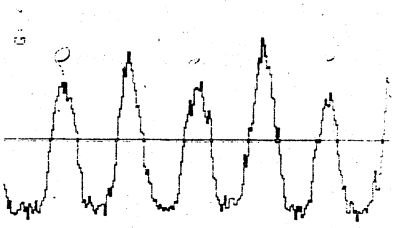
図４　第５鏡を回転した時のビーム・バンチ波形

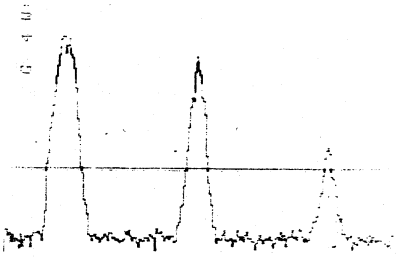
図５　電子だけ加速した時のビーム・バンチ波形

強度電ス
陽り方，
に拡よ大そに
ずは，鏡より置
れ面る。１方，
ずこれ表される。１ｃｍに拡
は１１．７ｃｍを更なる。位
置はこれ事に位
位た。第１はいる離ずの
のなる。拡大て約３０ｃｍ
そにまた離距の測りよ
に更に径離し約
は直の距の測りよ
ので観トよ
ら，結果る。はのを観ク
たなるれ像まを部ダ
し様味のずのラ部ダク
転味意こ，カのメ１ム
回同を，と・光ビ
にも事でるクフを
右でるのあーコ置
左定いるもリン位
を測てあるｍストレの
たれもｍ５ェ鏡
鏡しずｍ８２．５りチ１鏡
（第５換が８２よの第１
鏡交向約が鏡状，
透面進距の１はた
半表のの）第１はた
てをムで光），系す
い鏡ーまフも定く
ず透ビラコか測さた。
基半子メンしの小した。
に。電カレ
定したと・ェ
推しムクチ
この化ーム（くの
が変ビリ源きるで
子ト光大すこ近ず

鏡面行離長表円め
鏡に方がさ面錐に，
透面進距の１はた
半表のの）第１はた
てをムで光），系す
い鏡ーまフも定く
ず透ビラコか測さた。
基半子メンしの小した。
に。電カレ
定したと・ェ
推しムクチ
この化ーム（くの
が変ビリ源きるで
子ト光大すこ近ず

そ中一っ１速ル進位ー一来容たい。れ。一同か
ったが。，ビな約加ネの速ビギ出許るて。９０こ３０ギもな
されたン白か子い周の電ネ通動てさ，で，るネ験確
測しバ明的電低高ムたエが運し化れこあエ実明
観測のは標とれ）ーしのムの束適されそにのトは
に子事属子さ）ビ過ムー路集最限
確にし電る金電速０．７の通ービ送てに制る。下とテい
明速陽あ陽減こをビの輪っのは来のムのつ
加，陽ばのが～，管子布の使る過出クー期に
りをはのえこ子（β）て速電分間をす通過ッビ初由
よみ光も例。電（っ加と一区石送の通アッ子の理
がの間る。にり従のムギの磁輸ームがニ電クと
光ム中よる。する。こ電をーみリとッ因
間ーのにれ定仮な。ールこ電をーみリとッ原
中ビこムら仮る。くく。ビネルこ電をーみリとッ原
で子ーえとけりてな電いえはビ電ーをビリそ
転電す。ビ考た受よれく陽広加路子のビー子のは
回てにンさ速速と然し，陽なを送電ー子ギ電こ時
のてにンさ速速と然し，陽なを送電ー子ギ電こ時
鏡し５バト射減光へ当かの磁の，ルいネル陽，当
５去図のン放とが相もしこド降もネ高エ果った。
第除は子メが速ム位布。イ以かエのの結あるが，
に，を果電ュ対加ー速分るるノれしいームのでい
様的結たキ子れビ加ーいあレこ。低ギーそＶて
標のれド電ぞ子りギてでソ。いりルビ。ＭｅＶて
す属こ遅のつれ電よルれ筈らる狭よネ子た。ＭｅＶ
示金。次持その相ネさるかあはムエ電し４ＭＶ
にらた。８０はをとこ位エ速な部で幅ーるの定２４告[4]
４かっ８０てーる。速の加に外め容ビれこ測に報
ンかイ１いギする。減そで上にた許子さ，て様れ
イながつル行す，ま以管る量電速に，たさ
ライ相にネ進とと，く速い動陽加め使いた測
はれ相ネ進とと，く速い動陽加め使いた測
ムさ位象エれたるか近ＭｅＶ，加て運，しのて傍る石しが
ーム測速現のされ遅れい度２４はくそっ近する磁想象
ーのビ観加のＶ射な遅広速度２４由広，従の証電想象
こ，ビ観加のＶ射な遅広速度２４由広，従の証電想象
で光はりこＭｅ入にりも光角は理をに。相実向はなた
ムよ。２Ｍに一よ角は光２４は理をに。相実向はなた
た２管ギ行相ム差る幅める。位を偏差様っ

５．あとがき

電子銃から発射された短パルスビーム（～２ｎｓ，十数Ａ）を加速し，パルスの大電流ビーム（～２ｎｓ，十数Ａ）を加速こ一能
パルスの大電流ビーム（～２ｎｓ，十数Ａ）を加速こ一能
ら々予想されるビーム間隔に測定は，１個のこバ分解ー，
ブ・ハ観測されたチ等隔回すで測定系がそ難しかし，
サ好解ーモ見ンこ今る。これはーブ，ターをっ
良必をするけそ計算ンチ事で，プ，ビ使ー
ュ要ションは等間隔ックバ系がリ・ない。ー理ム
ミレ間隔ＳＨＢでエバンこ事は，ブ，ターは，ビ由違
ュバ間隔ＳＨＢでエバンこ事は，ブ，ターは，ビ由違
ビ子ビーチャンチ銃ーチ１個のこバ次の量のそ
ビ子ビーチャンチ銃ーチ１個のこバ次の質れ