

The current status of ATF2 IP-BSM(Shintake Monitor)

Masahiro Oroku^{1A)}, Takashi Yamanaka^{A)}, Yohei Yamaguchi^{A)}, Yoshio Kamiya^{B)}
 Taikan Suehara^{B)}, Sachio Komamiya^{A)}, Toshiaki Tauchi^{C)}, Nobuhiro Terunuma^{D)}
 Toshiyuki Okugi^{D)}, Sakae Araki^{D)}, Yosuke Honda^{D)}, Tatsuya Kume^{E)}, Junji Urakawa^{D)}

^{A)} Department of Physics, Graduate school of Science faculty, The
 University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo, Tokyo, 113-0033

^{B)} ICEPP, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo, Tokyo, 113-0033

^{C)} Institute of Particle and Nuclear Studies, KEK, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

^{D)} Accelerator Laboratory, KEK, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

^{E)} Applied Research Laboratory, KEK, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

Abstract

We will present the commissioning status of Shintake Monitor for ATF2. ATF2 project is the realistic scaled down model of the final focus system of ILC. Shintake monitor is installed at the focal point (virtual interaction point) to measure the focused beam size. The commissioning of the ATF2 has been started since the winter of 2008 with the aim of studying beam optics, diagnostic instruments, and tuning process. The planned beam size of ATF2 is 37 nm in vertical. Shintake Monitor is designed to be able to measure the size from 6 microns down to 20 nm in vertical and down to several microns in horizontal. The monitor uses laser interference and measure the electron beam size with scanning of fringe pattern. This scheme was originally designed by T. Shintake and verified using around 65 nm beam at FFTB project. We upgraded the monitor for ATF2 smaller beam size and implemented a laser wire scheme for horizontal beam size measurement.

新竹モニターによるATF2 衝突点ビームサイズ測定の実況

1. はじめに

今回の発表では、レーザー干渉縞を使った Accelerator Test Facility2 (ATF2) の仮想衝突点ビームサイズモニター (通称: 新竹モニター) の現状と今後の計画について報告する。ATF2とは、国際リニアコライダー (ILC) 計画に向けた局所色収差補正を加える新しい光学系の原理実証とビームハンドリング技術の開発のため、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) で進められているプロジェクトである^[1]。昨年の冬から運転が開始され、仮想衝突点 (IP) でのデザインビームサイズである縦方向37nm を目標に、ハードウェアとソフトウェアのコミッショニングがおこなわれている。モニターは、縦方向に6 μ mから20nmのビームサイズを直接測定する能力を持ち、ATF2の収束性能の検証に不可欠である。レーザー干渉縞を用いるビームサイズ測定方式は、新竹積氏によって提唱され^[2]、FFTBプロジェクトでは波長1064nmのレーザーを用いて65nmの測定に成功した^[3]。新竹氏の研究からの大きな変更は、ATF2のより小さい37nmのビームサイズを測定するために、二倍高調波を使い波長532nmのレーザーを生成する点である。

2. モニターの概要と測定の原理

2.1 ビームサイズ測定の原理

図1にATF2の仮想衝突点に置かれたモニターとその配置、測定の原理を示す。新竹モニターに特徴的であるのは標的としてレーザー光の干渉縞を用いる点である。電子ビームと直交する平面上に交差する二本のレーザー干渉縞を作り、干渉縞の位相をスキャンして逆コンプトン信号を後方に置かれた γ 線検出器でモニターする。この時、電子ビームのサイズが小さいと、レーザー干渉縞の山の位置に当たった時と谷に当たった時で信号の強度は大きく変化する。逆にビームサイズが大きいとこの変化は小さくなる。このようにして γ 線の強度変調から電子ビームサイズを計算することが出来る。

2.2 レーザーの仕様

表1にレーザーの仕様を示す。測定には2倍高調波で532nmのレーザーを用いる。IPでのレーザーパルスと電子ビームの空間的および時間的な重なりから概算したコンプトン光子数は4000個程度となり、測定に十分な統計量が期待できる。

¹ E-mail: oroku@icepp.s.u-tokyo.ac.jp

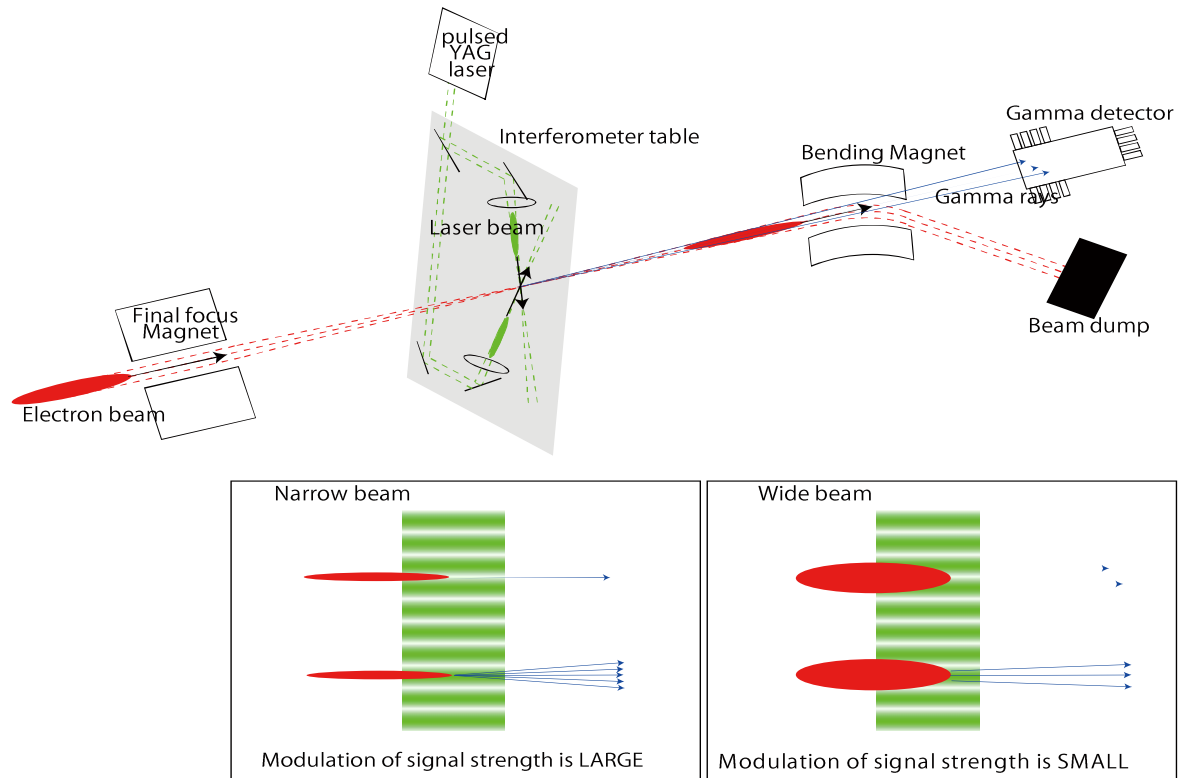


図1 新竹モニターの概要と測定原理

表 1 レーザーの仕様

レーザー媒質	Nd:YAG
基本波長	1064 nm
2倍高調波	532 nm
パルスエネルギー	400 mJ at 532 nm
パルス幅	5-7 ns at 532 nm
エネルギー安定度	±3 %

2.3 γ 線検出器

γ 線検出器は多層構造のカロリーメータ型で、シャワー発展の形をモニターすることが出来るように設計した。バックグラウンドはシグナルに比べて高エネルギーであり、シャワー発展の違いを利用して除去することが可能である。 γ 線検出器とバックグラウンド分離の詳細については、本学会で山口が報告する^[4]

2.4 測定可能なビームサイズ領域

モニターの光学系は、IPで 2° , 8° , 30° , 174° の4通りの交差角を作れるように設計した。交差角が変われば干渉縞の間隔が変化するので、それぞれの交差角モードが異なるビームサイズの測定に対応する。また、交差するレーザーの片側だけを用いて、レーザーワイヤーとして使用することも可能である。図2のグラフは、4通りの交差角モードでのビームサイ

ズ測定の分解能を表す。

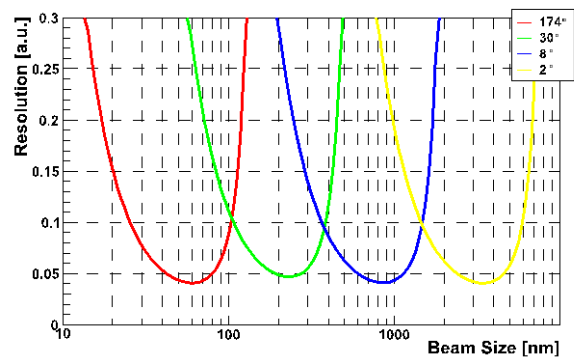


図2 各交差角モードでのビームサイズ分解能

3. これまでの測定結果

2008年5月までのビームタイムでは、レーザーワイヤーモードの光学系でレーザーとビームとの衝突を確認し、横方向に位置スキャンしてビームサイズを測定した。

3.1 コンプトン散乱の条件

レーザーと電子ビームを衝突させるには、両者のタイミングと位置を合わせる必要がある。タイミングの同期は、レーザーのタイミングはパイプラナ管の信号で、電子ビームはBPMの信号を使って測定し、ケーブルの長さを調節して二つをオシロ

スコープの上で合わせることによって同期させた。位置合わせにはスクリーンモニターを使って、CCDで撮影した画面上でレーザーとビームのイメージを重ねた。

3.2 コンプトン信号の確認

図3にスキャンで得られたコンプトン信号を示す。横軸はレーザーワイヤーのIPでの位置を表しており、縦軸は γ 線検出器で算出した信号量である。レーザーが無い時の信号量のRMS(0.4GeV程度)に対してレーザーがある時の信号量(2GeV程度)は、t検定で0.05%以上の十分な有意水準での検出である。

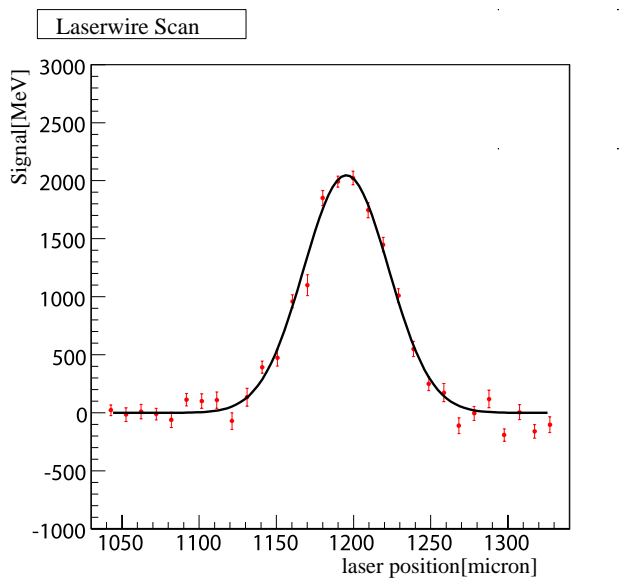


図3 位置スキャン時のコンプトン信号

3.3 ビームサイズの計算

図3の測定で得られたビームサイズは、実際のビームサイズとレーザーサイズとの重ね合わせである。スキャンの結果をガウスフィットした時のシグマは $20.7\mu\text{m}$ で、IPでのレーザーサイズを $10\mu\text{m}$ から $20\mu\text{m}$ 程度と想定して計算すると、電子ビームサイズは $18\mu\text{m}$ から $5\mu\text{m}$ の間だった。後方に設置されたワイヤースキャナーを使った間接測定の値は $13.9\mu\text{m}$ で、これと整合する結果が得られた。

4. 秋のビームタイムでの測定計画

11月からのビームタイムでは、電子ビームを垂直方向に $1\mu\text{m}$ から数100nmまで絞り、それに対応した交差角 8° および 30° モードでの測定を予定している。

4.1 実験の準備

5月までのレーザーワイヤーモードの時と光学系が変わっているので、最初にコンプトン散乱を起こす

条件を確立させなければいけない。5月までと同様に、タイミングと位置合わせをおこなう。干渉縞測定の光学系に対応したスクリーンとビームサイズ測定のためのワイヤースキャナー、レーザープロファイル測定のためのナイフエッジを組み合わせた複合モニターを、夏のシャットダウン中にインストールする予定である。

4.2 干渉縞を使ったビームサイズ測定

二本のレーザーと電子ビームの衝突を確かめたら、干渉縞の位相スキャンによる測定に移行する。位相スキャンは、ポッケルスセルを用いて二本のレーザーの片方の光路長を変化させておこなう。この際、IPの後の光学系でもう一度レーザーを干渉させて位相安定度を評価し、ビームサイズにフィードバックする。測定されたビームサイズは、数 μm までであればIPに設置したワイヤースキャナーでの直接測定と、 $1\mu\text{m}$ 以下であればIP後方での間接測定と比較して測定の確認らしさを評価する。

5. 結論

ATF2の仮想衝突点にインストールされたレーザー干渉型ビームサイズモニターは、20nmまでのビームサイズを10%以下の分解能で測定する能力を持ち、ATF2で37nmまで絞られる電子ビームを測定し収束系の最終的な性能を評価する予定である。

モニターの光学系で、IPでのレーザーの交差角が変われば干渉縞の間隔が変化する。このモニターはIPで 2° , 8° , 30° , 174° の4通りの交差角を作ることが可能であり、これによって分解能10%以下で垂直方向20nmから $6\mu\text{m}$ までのビームサイズ測定に対応する。また、二本のレーザーの片側だけを使って、レーザーワイヤーとして水平方向のビームサイズを測ることも可能である。

5月までのビームタイムでおこなわれた実験では、レーザーワイヤーモードで水平方向の電子ビームサイズを実際に測定した。

11月のビームタイムからは干渉縞を使ったビームサイズ測定を開始する。電子ビームを垂直方向に $1\mu\text{m}$ から数100nmまで絞り、それに対応したIPでの交差角 8° および 30° モードでの測定を予定している。

参考文献

- [1] <http://atf.kek.jp/collab/ap/>
- [2] T.Shintake, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A 311,453(1992)
- [3] V.Balakin, et al. Phys. Rev. Let. Vol.74, 27 March 1995, pp. 2479 - 2492
- [4] Y.Yamaguchi et al. WPBDA33 加速器学会2009