

## TARGET MASK FABRICATION FOR BPM

Toshikazu Takatomi, Yosuke Honda<sup>1</sup>, Yasuo Higashi  
High Energy Accelerator Research Organization  
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

### Abstract

We are developing a beam size monitor to be used at ATF2, a test beam line for ILC final focus system. Using a thin film target with fine patterns of  $\sim \mu\text{m}$  pitch, a handy device to measure 200nm  $\sim$  1.4 $\mu\text{m}$  size has been proposed. Fabrication of the target is the key of this monitor. A preliminary test to make a mold for the target production has shown a promising result.

## ビームプロファイル測定用ターゲットマスクの製作

### はじめに

KEKの試験加速器ATFでは、その取り出しビームラインを延長してATF2と呼ばれるリニアコライダの最終収束系の試験ビームラインを建設中である[1]。ATFで生成される低エミッタンスビームを用いて、 $\sigma_y \sim 35\text{nm}$ と目標設定した垂直ビームサイズへの収束の実証を目指す。

最終的な極小のビームサイズ測定はレーザー干渉縞モニター[2]を用いて行われるが、350nm以下のサイズまで調整された後でなければ感度が得られない(測定レンジを拡大する改良について検討中)。一方、最初の段階でのビーム調整ではカーボンワイヤスキャナ(直径5 $\mu\text{m}$ )の使用が予定されているが、測定出来る最小のビームサイズは1 $\mu\text{m}$ 程度であると考えられる。数 $\mu\text{m}$ から数百nmまでビームを調整していく際に使用できるモニターが切望されている。

そこで、以下のような特徴を持つビームサイズモニターを検討している。

- ビーム調整の指標になれば良いので、ビームサイズの増減に対して相対的な感度があれば、絶対的なサイズの確度は無くとも良い。
- 測定時間が十分短く(10分程度)、応答を見ながらビーム調整が出来る。
- ビームサイズに比べて大きなビーム位置ジッターがあったとしても測定が影響を受けない。
- 収束点付近の狭い空間に収まる小型の装置。また、レーザー等を使用するモニターと比べて安価。

### 測定の原理

図1に装置の概念図を示す。等間隔に溝を切って厚みに微細構造を持たせた薄いフィルム状の標的をビーム軌道上に挿入する。ビームの衝突によって生じる散乱信号の強度を下流に配置した検出器でショット毎に測定する。十分に薄い標的の場合は多重散乱は無視できるので、検出される信号の強度は標的上でビームの断面が通過した部分の実効的な厚みに比例するはずである。

標的上でのビーム位置をランダムに動かしながら多数のショットについての信号強度の分布の統計的な情報を取得する。ビームサイズが標的の構造に比べて十分小さい場合は、ビーム軌道上の標的の厚みを測定していることになるので、信号強度分布が幅を持つことになる。一方、ビームサイズが構造に比べて大きい場合は、標的の構造の情報は見えなくなり、信号強度分布の幅は狭くなる。つまり、分布の幅からビームサイズを評価することが出来る。

高密度に絞られたビームによって標的は一度のビーム通過でも破壊されてしまうが、ショット毎に標的を移動させて常に新しい部位を用いることで標的の一部を消耗しながらも測定が出来る。統計的情報だけを用いるので、標的の移動量に精度は必要とされない。あるいは、ビーム軌道が大きなジッターを持っていても問題無く測定出来る。

### 標的の仕様

製作の容易さを考慮して、図1に描いたようなV字溝の形状の標的を考えている。構造の周期(山から山の間隔)とビームサイズ(ここではガウス型を仮定し、rmsサイズを用いる)の比に対応して、

<sup>1</sup> Email: yosuke@post.kek.jp

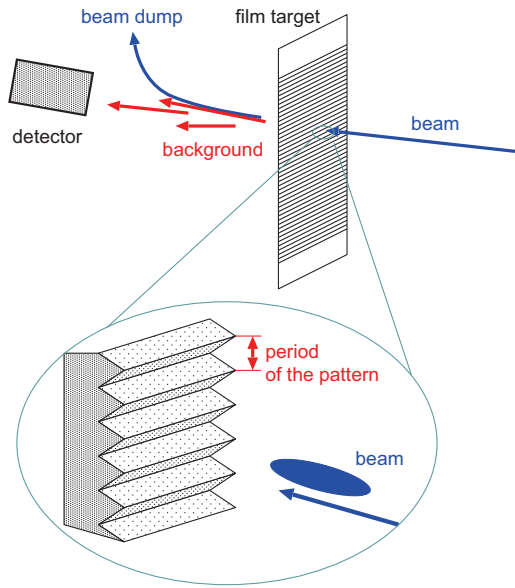


Figure 1: 装置の概念図

得られる信号分布が決まることになる。ビームサイズによって分布の形状が変化する様子を簡単なモンテカルロ計算を行って求めた結果を図2に示す。また、分布のrms幅をビームサイズの関数としてまとめたのが図3である。標的の構造の周期を $4\mu\text{m}$ に設計すれば、 $200\text{nm} \sim 1.4\mu\text{m}$ のビームサイズに感度を持たせることが出来る。

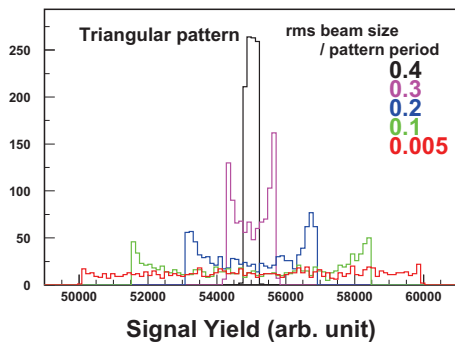


Figure 2: ビームサイズと分布の関係

信号変動を精度良く測定するためには、標的表面の溝をできるだけ深く、変動に寄与しない基板部分をできるだけ薄くする必要がある。溝の深さを基板厚の10%程度として、図4に示すような形状を目標とする。

標的はビームによって破壊しながら用いる消耗品になる。1回の測定に必要な統計量を1000ショット

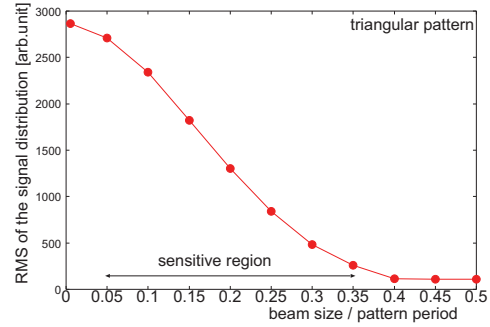


Figure 3: 感度曲線(ビームサイズと分布の幅の対応)

(ATFの通常のビーム繰り返しでは11分)、1ショット毎の標的の送りだし量を $100\mu\text{m}$ と仮定し、1週間のビーム運転で100回のビームサイズ測定を行うとして計算すると、 $3\text{cm}$ 角の大きさのものを図4のように2次元的に使用すれば、標的の交換無しに1週間の運転が可能と見積られる。

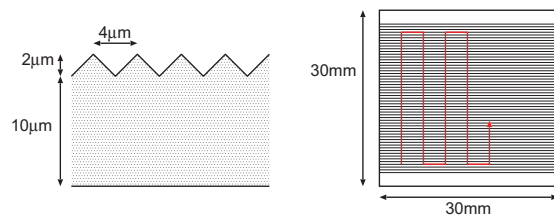


Figure 4: 標的の仕様の案

### 標的の製作方法の検討

標的は1週間の運転で消耗され、交換しなければならないので、同質のものを短時間で安価に製作出来る必要がある。そこで、図5のようなローラー型の金型を製作して、試料となるフィルムに押しつけて凹凸を転写する案を検討している。一度金型が完成すれば、同じ標的を簡単に量産することが出来る。標的の材質は純アルミニウムを検討している。

### 標的製作用金型の製作試験

金型の製作可能性を超精密旋盤を使用して試験した。 $\phi 40\text{mm}$ の無電解ニッケルメッキ面に先端角 $90^\circ$ の単結晶ダイヤモンド剣先バイトを用いて斜面 $120^\circ$ のV字型の溝を加工した。バイトの送り速度、切削速度、バイトの助走路を変えてテストした結果、送り速度 $1\text{mm}/\text{min}$ 、切削速度 $160\text{m}/\text{min}$ 、助走路無、の条件が最適と分かった。深さ $10\mu\text{m}$ 及び $2\mu\text{m}$ のV字溝を加工したもののレーザー顕微鏡

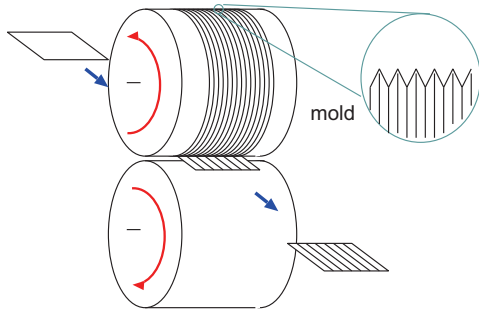


Figure 5: 標的製作方法

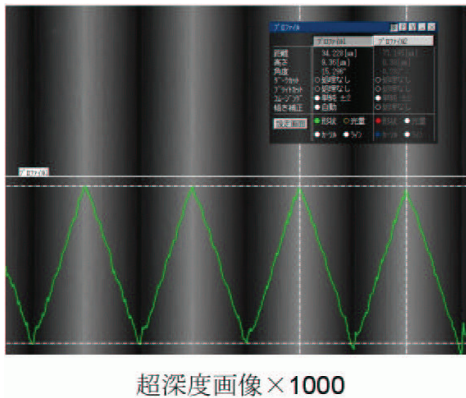
厚みの基板に深さ  $2\mu\text{m}$ ,  $4\mu\text{m}$  ピッチの V 字溝を簡単に作ることが出来れば、 $200\text{nm}\sim 1.4\mu\text{m}$  のレンジで相対的にビームのサイズを測定できるモニターに応用できる。標的を製作するための金型の製作試験を行ったところ、超精密旋盤による加工で可能であるという見通しがついた。今後、製作した金型からフィルムへの転写の試験を行う予定である。

## REFERENCES

- [1] “ATF2 Proposal”, KEK-Report-2005-2.
- [2] T. Suehara, ILC2007, DESY, June 2007.

による測定結果を図 6 に示す。 $2\mu\text{m}$  までは金型の加工が可能であろうという結論を得た。

(a)  $10\mu\text{m}$  depth pattern



(b)  $2\mu\text{m}$  depth pattern

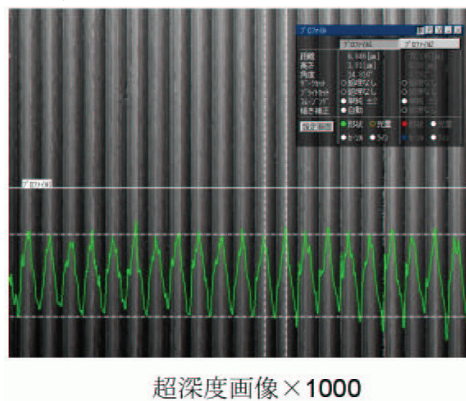


Figure 6: 製作した V 字溝のレーザー顕微鏡写真

## まとめと今後の課題

ATF2においてビーム調整に用いるビームサイズモニターとして、微細パターンを刻み込んだフィルム状の標的を用いる装置について検討した。 $10\mu\text{m}$