

金メッキされたタンタル製ビームパイプサンプルにおける光子の先端散乱 TIP-SCATTERING MEASUREMENT FOR SAMPLE OF GOLD PLATED TANTALUM BEAM PIPE

石橋拓弥^{#, A)}, 金澤健一^{A)}, 田中 秀治^{B)}
Takuya Ishibashi^{#, A)}, Ken-ichi Kanazawa^{A)}, Shuji Tanaka^{B)}
A) KEK Accelerator Laboratory
B) KEK Institute of Particle and Nuclear Studies

Abstract

In an interaction region of SuperKEKB, a particle detector named Belle II will be installed around beam pipes. The beam pipes up- and downstream of the collision point is made from gold plated tantalum to reduce the backgrounds, derived from the synchrotron radiation in the final focusing magnets, of SVD and PXD in Belle II. The inner surface of the tantalum beam pipe has ridges to scatter the photons and improve the backgrounds. However there is a potential for the increase in the backgrounds by the tip-scattering, thus we measured the distribution of the tip-scattering with 9 keV photons at Cornell High Energy Synchrotron Source, G2-line.

1. はじめに

SuperKEKB の衝突点付近では、素粒子検出器である Belle II がビームパイプを囲むように据え付けられ、その中心部で電子・陽電子ビームが互いに衝突を繰り返す。Interaction Region(IR)のビームパイプおよびその周辺にある検出器の構成を図 1 に示す。

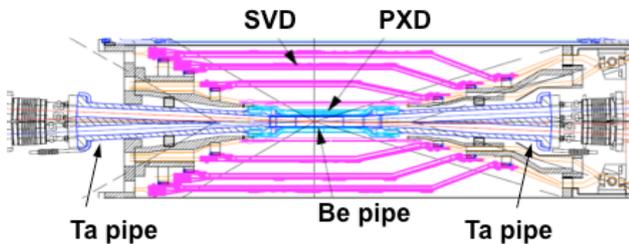


Figure 1: Configuration of beam pipes and detectors in IR

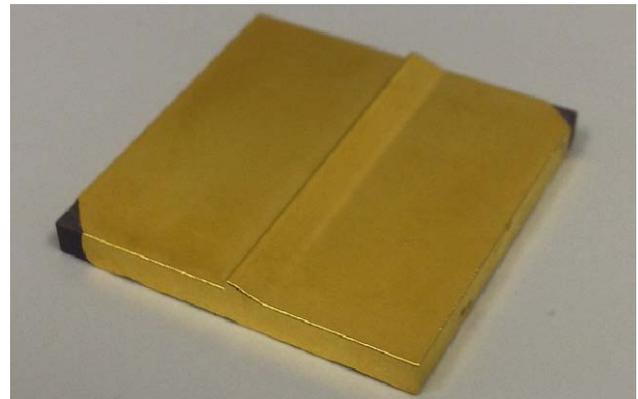
衝突点のビームパイプは物質量を極力抑える必要があり、SuperKEKB では機械的強度も有しているベリリウムが使用される。衝突点のビームパイプには最終偏向電磁石および最終収束電磁石内で発生したシンクロトロン放射光が侵入する。この放射光は最内層にあるピクセル型検出器(PXD)、シリコンストリップ型検出器(SVD)のバックグラウンドとなる。バックグラウンドを低減するため、このビームパイプには厚さ 20 μm の金メッキが施される。これにより 10 keV 以下の光子はほぼ阻止できる。また上流からのシンクロトロン放射光が直接ベリリウム部に当たらないように、ビームパイプの衝突点への入り口は直径 10 mm に絞られている。さらに衝突点付近では物質量の大きいタンタル製ビームパイプが使用され、この内壁面にリッジ構造をつけることにより散乱光の範囲を制限し、散乱光が衝突点のベリリウムパイプへ到達することを阻止している。このタンタルビームパイプのリッジ先端部における放射光

の散乱分布によってはバックグラウンドを増大させてしまう可能性もある。この強度分布を定量的に評価するため、コーネル大学にある Cornell High Energy Synchrotron Source(CHESS)の G2-line を利用してリッジ先端における光子散乱の測定を行ったので、本年会ではその結果について報告する。

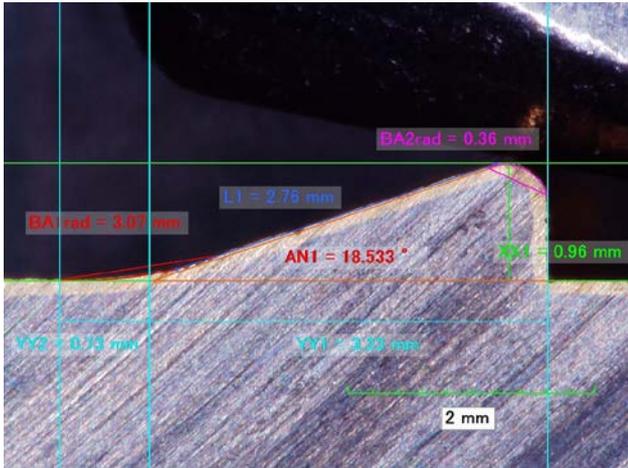
2. 実験構成

2.1 サンプル

光子散乱測定に使用したサンプルを図 2 に示す。寸法は 30 mm×30 mm×3 mm で、片面にリッジが加工されている。ベースの材質はタンタルで、リッジのある面と側面に厚さ 100 μm の金メッキが施されている。リッジ部を実測した結果(図 2(b))からリッジの高さは 0.96 mm で、先端には 0.36 mm の R が付いていることが分かる。



(a) appearance



(b) geometry (provided by Metal Technology Co., Ltd.)
Figure 2: Au plated Ta sample with ridge

2.2 CHESS G2-line

CHESS の G-line は Cornell Electron Storage Ring(CESR, 電子ビームエネルギー: 5.3 GeV)のウィグラー電磁石で発せられた放射光を利用する施設で、3 つの実験ステーションがある[1]。本測定には 9 keV の X 線を提供している G2-line を使用した。各機器の構成を図 3 に示す。これらの機器は大気中に置かれている。X 線は図中左から右に向かって照射される。サンプルホルダーは回折計のステージに乗っている。サンプルホルダーには穴が開けられており、これに繋がっている排気ポンプを作動させることによりサンプルを固定する。サンプルの上下流にはそれぞれスリットが備え付けられている。また検出器の pile-up を回避するため、サンプルの上流にはアッテネータがあり、これにより検出器に入る X 線の強度を調整できる。回折計の可動軸の定義を図 4 に示す。それぞれ、z: サンプル高さ、 η : X 線入射角、 δ : 検出器面内角、 ν : 検出器面外角、 ϕ : サンプル回転角に対応する自由度がある。

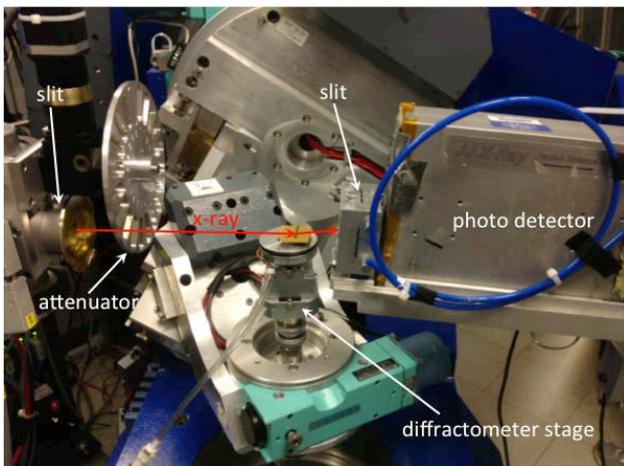
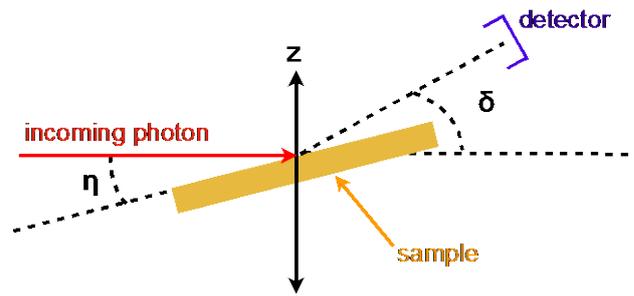
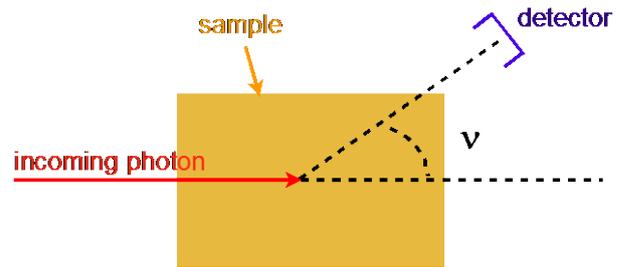


Figure 3: Setup at G2-line



(a) side view



(b) top view

Figure 4: Angle definitions of diffractometer at G2-line.

3. 散乱試験結果

3.1 分解能

ダイレクトビームを使って面内角方向の分解能を測定した(図 5)。スリットサイズは幅 2 mm, 高さ 0.05 mm にセッティングしている。分解能は FWHM で 0.19 度である。

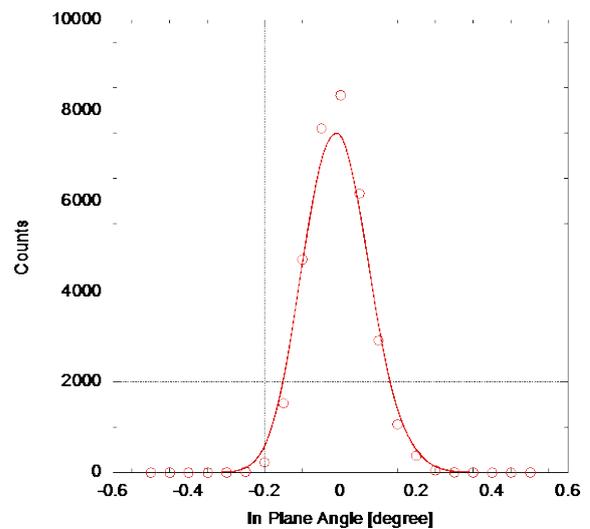
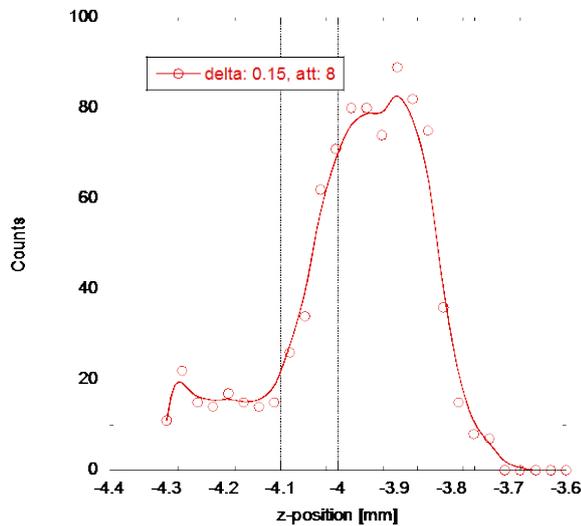


Figure 5: Angular resolution using direct beam

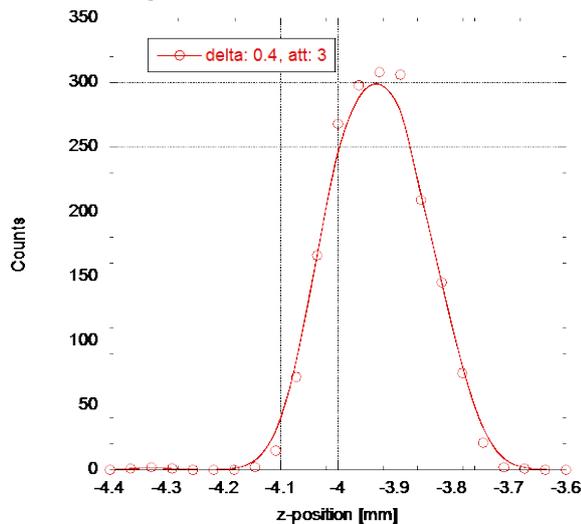
3.2 バックグラウンド

先端における光子散乱の測定は散乱角が小さいた

め、光子の空気による散乱がバックグラウンドとなる。バックグラウンドを評価するため、検出器の各面内角 δ におけるサンプル高さ²と散乱光子強度の依存性を測定した(図 6)。サンプルの高さを変化させると先端散乱によるピークが観測される。 δ が 0.15 度のとき、サンプル高さがおよそ -4.3 mm から -4.1 mm の範囲に散乱光子が見られるが(図 6(a))、 δ を 0.4 度にする³とこれが見られなくなる(図 6(b))。前者では検出器と X 線入射軸とが小角に位置しており、空気により散乱された光子が検出器に到達している。後者では先端散乱と空気散乱が分離できており、バックグラウンドは見られない。なお、両者ともサンプル高さが約 -3.65 mm 以上でカウントがないのは、サンプルにより X 線が遮られ、光子が検出器に到達していないためである。



(a) δ : 0.15 deg.



(b) δ : 0.4 deg.

Figure 6: Sample height scans with different delta and attenuator.

3.3 先端散乱の強度分布

先端散乱の強度分布を図 7 に示す。ここではダイ

レクトビームの強度を 1 としている。サンプルの高さは図 6(b)における先端散乱のピーク位置(z : -3.93 mm)に設定している。図中赤色、青色のプロットはそれぞれリッジの垂直壁の方向、もしくはスロープの方向から X 線を照射したデータである。第 3.2 節で述べた通り、面内角がおよそ 0 から 0.3 度の範囲でこの強度分布は空気散乱によるバックグラウンドを含んでいる。X 線照射方向の違いによる散乱分布の差は非常に少ないが、これはどちらの場合も X 線が図 2(b)に見られるリッジ先端の R 部に照射されているためと考えられる。

IR 部チェンバーのリッジ部において、散乱角が 1.96 度以上であると散乱光子はベリリウムチェンバーに到達する[2]。図 7 の測定結果から 1.9 度以上ではダイレクトビームに対して散乱光子の強度は 10^{-8} 以下の割合であり、これは検出器のバックグラウンドには問題にならないと考えられる。

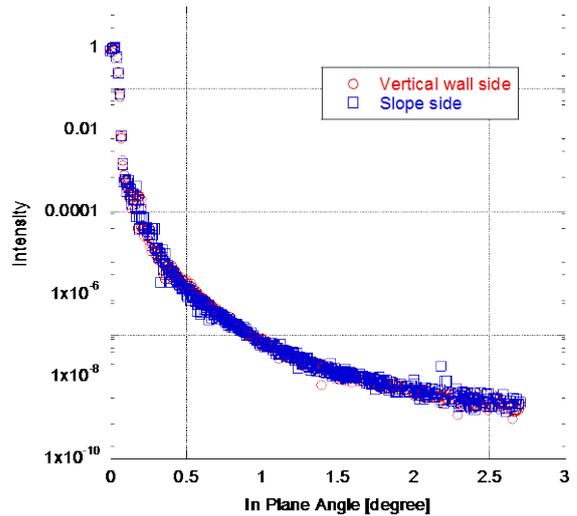


Figure 7: Tip-scattering distribution

4. まとめ

コーネル大学 CHESS の G2-line において IR ビームパイプリッジ部の先端散乱測定を行った。先端散乱の強度はダイレクトビームと比べて数桁落ち、これによる検出器のバックグラウンドは非常に小さいと考えられる。

謝辞

この測定をサポートしてくださったコーネル大学 CLASSE の Kiran Sonnad 博士、CHESS の Arthur Woll 博士に心より感謝いたします。

参考文献

- [1] CHESS G-line, <http://www.chess.cornell.edu/gline/>
- [2] 村上 潤, “Belle II 検出器の衝突点ビームパイプ内面で散乱されたシンクロトロン光の振る舞いの検討”, 2012 年修士論文