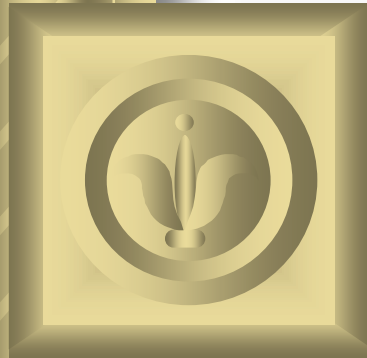


単結晶標的を利用した陽電子生成実験



諏訪田 剛 (tsuyoshi.suwada@kek.jp)
加速器研究施設, KEK

Collaboration

佐藤政則、古川和朗、杉村高志、紙谷琢哉、

吉田勝英、

加速器研究施設, **KEK**

奥野英城、

素粒子原子核研究所, **KEK**

梅森健成、

物質構造科学研究所, **KEK**

原順一、藤本紘行、浜津良輔、

東京都立大学理学研究科

A.P.Potylitsin, I.E.Vnukov, I.S.Tropin

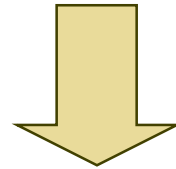
NPI, Tomsk Polytechnic University

R.Chehab,

LAL, IN2P3-CNRS, Universite de Paris-Sud

Motivation

- 次世代 B ファクトリー、リニアコライダーにおける大強度陽電子源への応用可能性を探る
- 特に、重金属標的（非晶質）の熱負荷による損傷が回避できる陽電子源が要求される



- 単結晶標的を利用した新しい陽電子生成

Introduction

- **単結晶標的を利用した新しい陽電子生成法の提唱**

(R. Chehab, *et al.*, PAC'89, Chicago, IL, USA, Mar. 1989, p.283)

- **タングステン結晶標的を利用した陽電子生成の原理実証実験@旧核研ES(1.2GeV電子)**

(K. Yoshida, *et al.*, Phys. Rev. Lett. 80, 1437, 1998)

Channeling Radiation & Coherent Bremsstrahlung Processes

Physical processes for channeling radiation and coherent bremsstrahlung

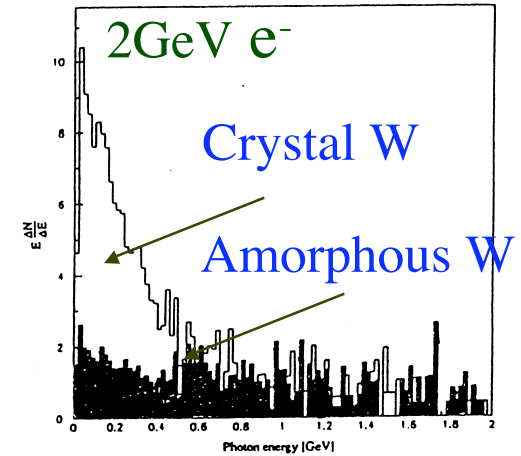
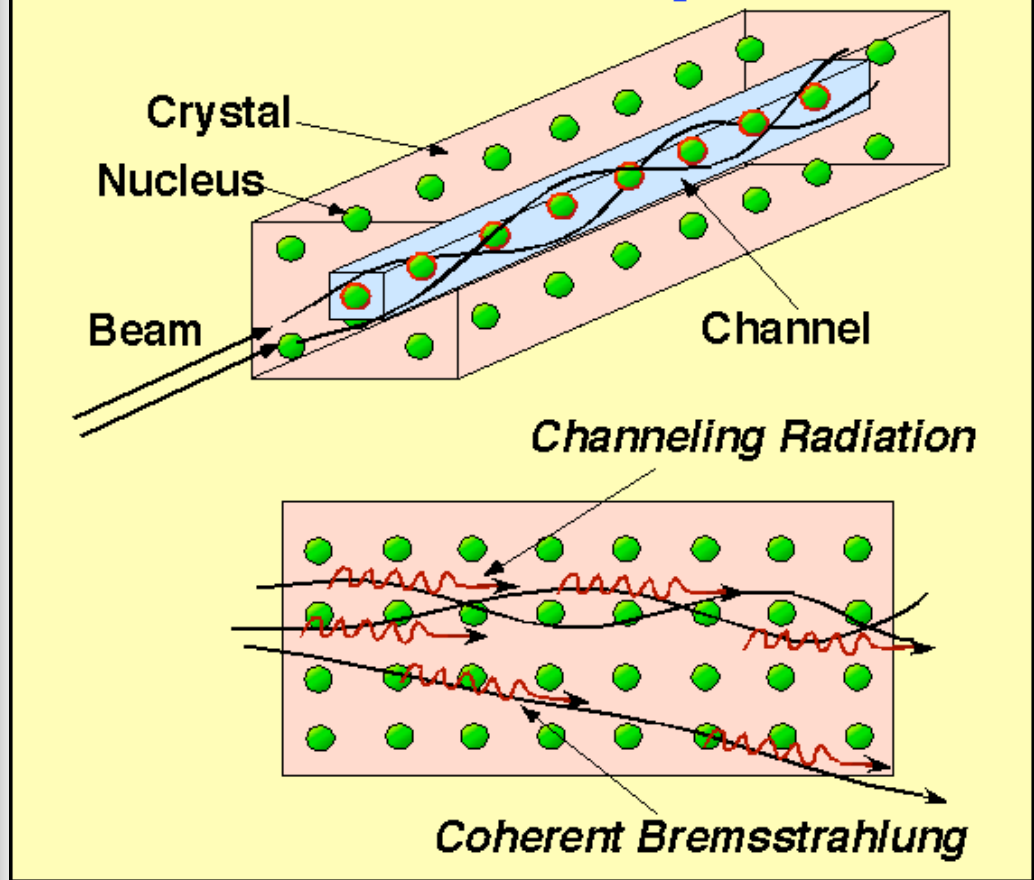


Fig. 4. Photon spectra for an amorphous target (darkened area) and for a crystal both of 1 mm thickness. $E^- = 2$ GeV. Cut-off energy 10 MeV.

(a) 入射電子エネルギー2GeVの場合

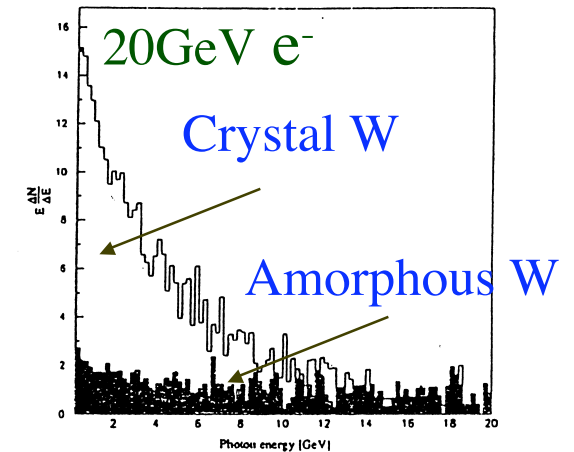
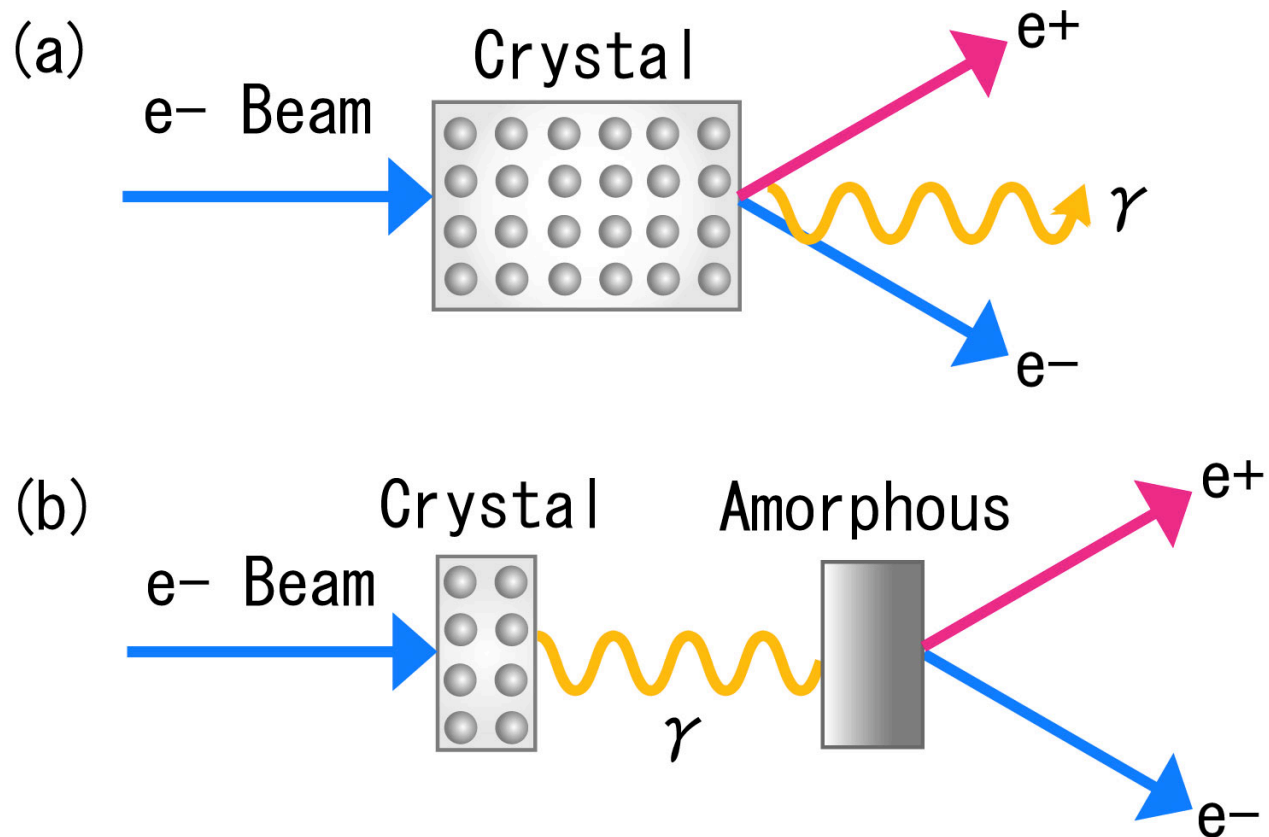


Fig. 5. Photon spectra for an amorphous target (darkened area) and for a crystal both of 1 mm thickness. $E^- = 20$ GeV. Cut-off energy 10 MeV.

(b) 入射電子エネルギー20GeVの場合

New Positron Production Schemes



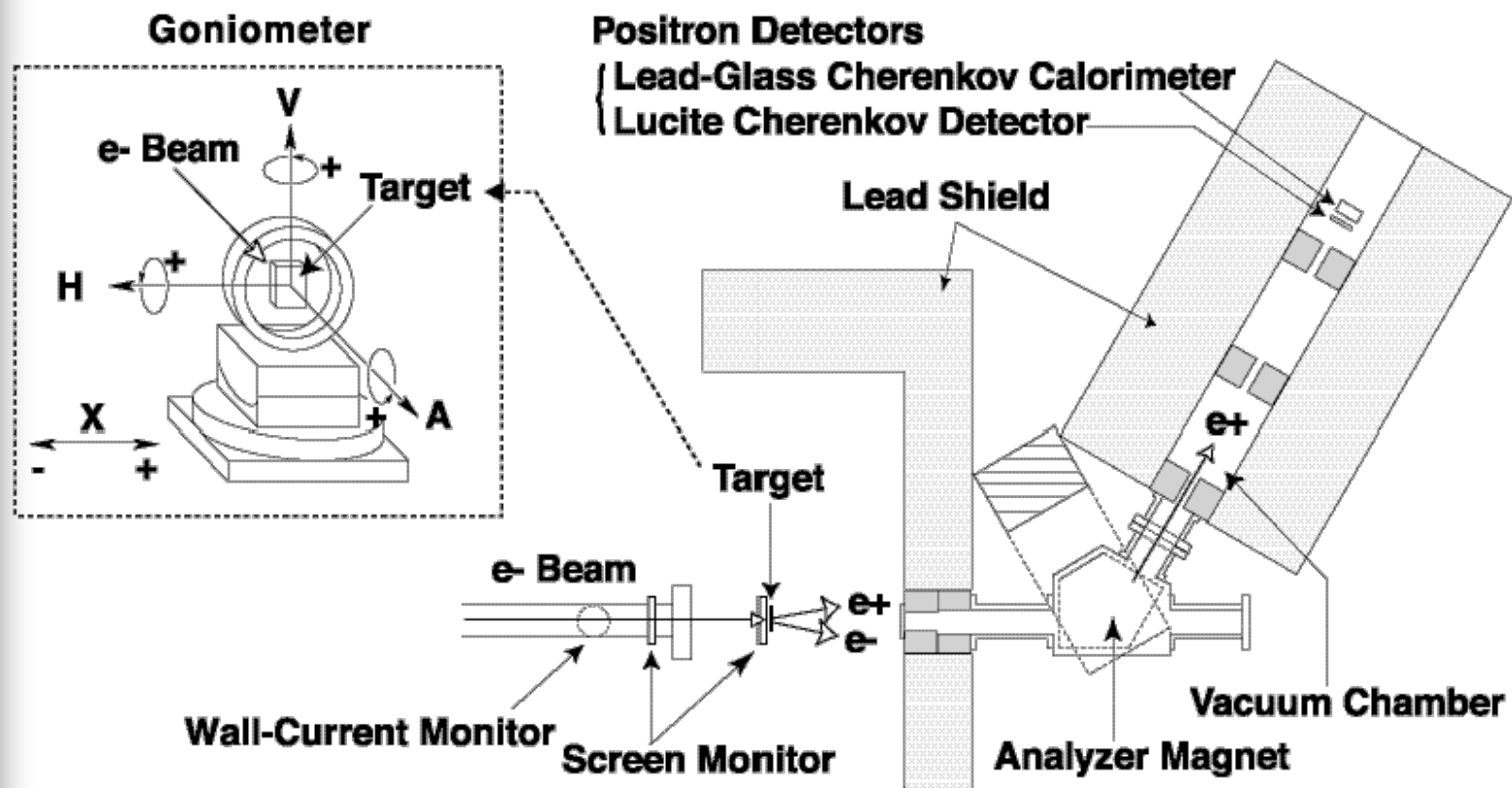
Crystal Targets

標的構造
(b)

Crystal	Elem.	Denom.	Thickness [mm]	X_0
Diamond	<i>C</i>	5mmDia	4.57	0.0372
Silicon	<i>Si</i>	10mm <i>Si</i>	9.9	0.1058
Silicon	<i>Si</i>	30mm <i>Si</i>	29.9	0.319
Silicon	<i>Si</i>	50mm <i>Si</i>	48.15	0.514
Tungsten	W_c	2.2mm W_c	2.2	0.629
Tungsten	W_c	5.3mm W_c	5.3	1.51
Tungsten	W_c	9mm W_c	9.0	2.57

標的構造
(a)

Experimental Setup



Acceptance of the Positron Spectrometer

Pe+ (MeV/c)	Acceptance ($\Delta P \Delta \Omega$) ($10^{-4} \times (\text{MeV}/c) \cdot \text{sr}$)	
5	1.08 ± 0.03	● 幾何学的運動量アクセプタンス のGEANT3による評価
10	2.47 ± 0.07	● 運動量アクセプタンス $\Delta P/P=2.4\%$ (FWHM)
15	3.80 ± 0.1	● 幾何学的アクセプタンス $\Delta \Omega=1 \text{msr}$ at Pe+=20MeV/c.
20	4.81 ± 0.12	● 次世代リニアコライアー陽電子 アクセプタンスの3%に対応

Experimental Condition/Electron Beam

Electron Beam:

- **Beam Energy 8 GeV**
- **Angular Spread ~22 μ rad (H), ~44 μ rad (V)**
- **Transverse Beam Size ~0.8mm (FWHM) in diameter**
- **Beam Charge 0.1 nC/bunch**
- **Bunch Length (Single Bunch) ~9 ps (FWHM)**
- **Beam Repetition 25Hz**

Angular Spread of the Electron Beam at the Positron Target

- **$\Phi \sim 55 \mu\text{rad} < \Phi_c$ (Φ : beam divergence & multiple scattering at a beam window(30 μ m-thick SUS))**

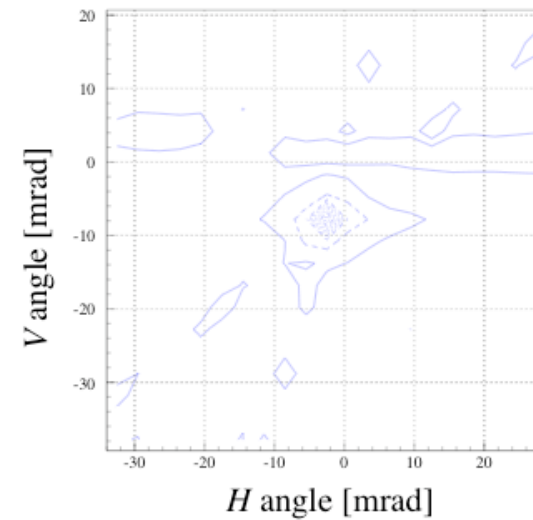
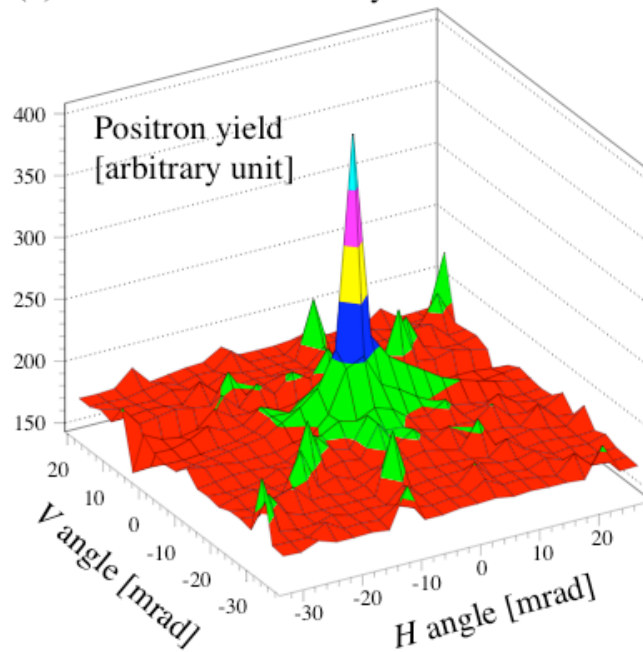
Critical Angle for the Channeling Condition at the Positron Target

Linhard Critical Angles ($\Phi_c = (2U/E)^{1/2}$, U :Potential depth of atomic field)

- **$\Phi_c \sim 170\mu\text{rad}$ @8 GeV for Silicon Crystal**
- **$\Phi_c \sim 130\mu\text{rad}$ @8 GeV for Diamond Crystal**

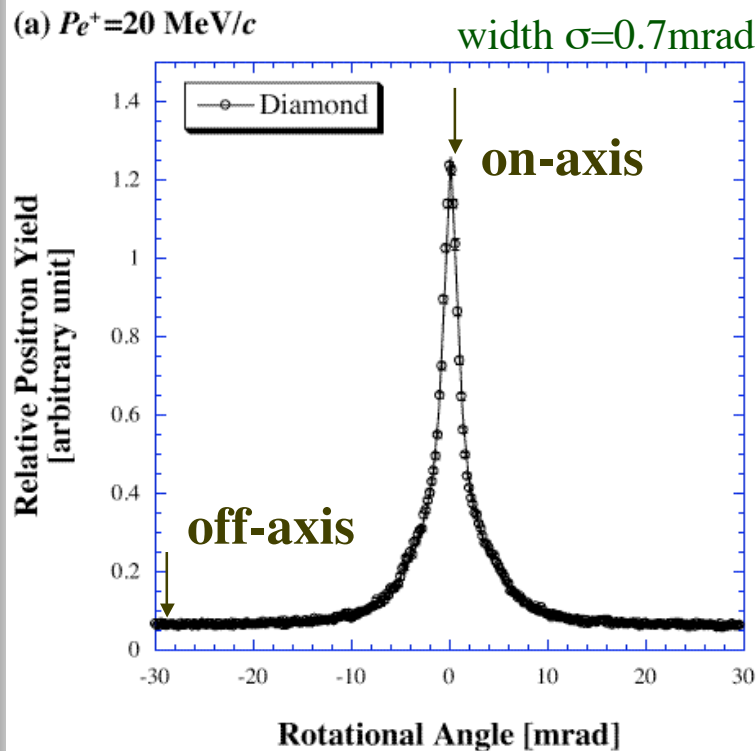
*Experimental Results:
2-Dimensional Axis Scan for 30-mm thick Si
Crystal at $E_{e^-}=8\text{ GeV}$ ($P_{e^+}=20\text{ MeV}/c$)*

(b) 30mm-thick Silicon crystal

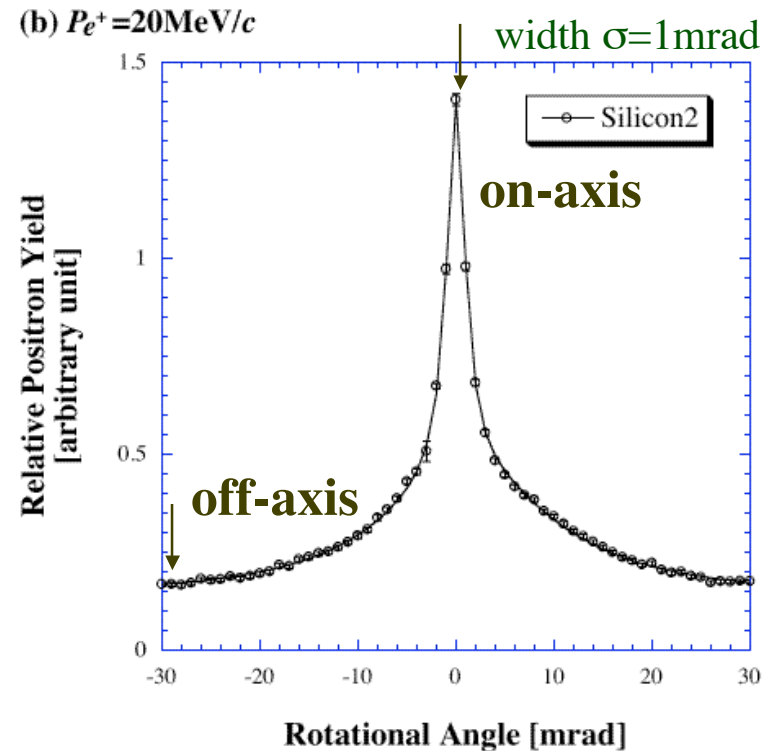


Experimental Results:
**Rocking Curves (Axis $\langle 110 \rangle$) for 5mm-thick
Diamond and 30mm-thick Si Crystals at $E_e = 8$
GeV ($P_{e^+} = 20 \text{ MeV}/c$)**

5mm-Diamond alone

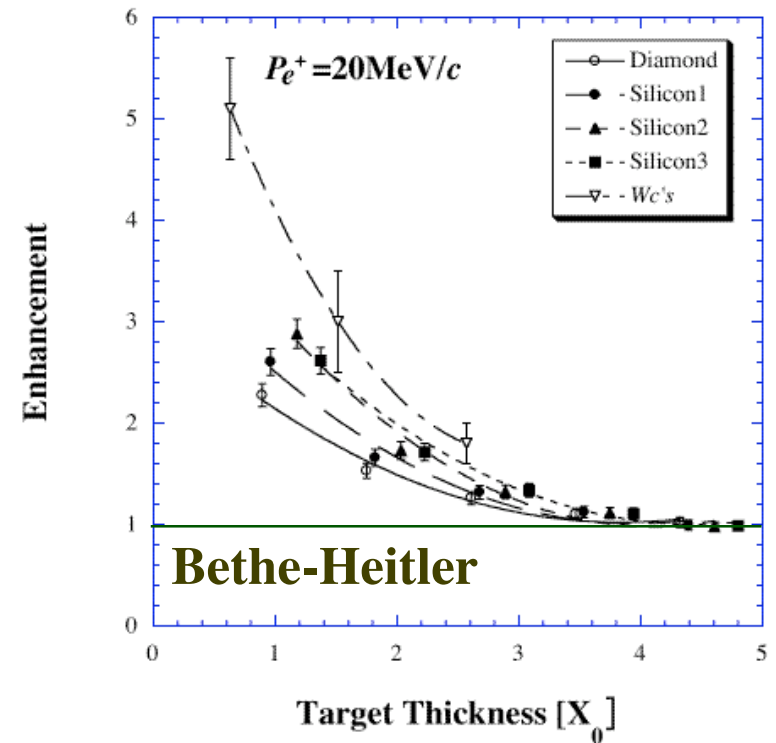
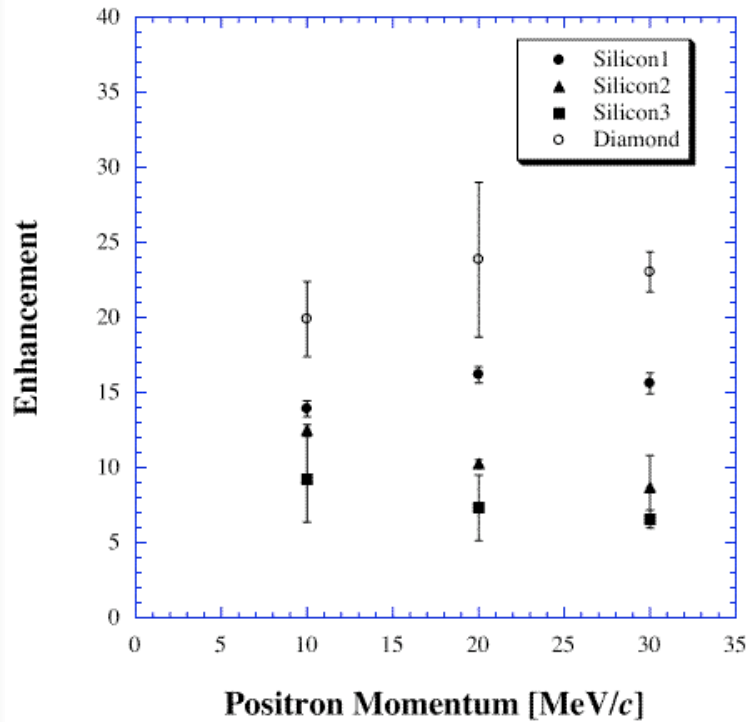


30mm-Silicon alone



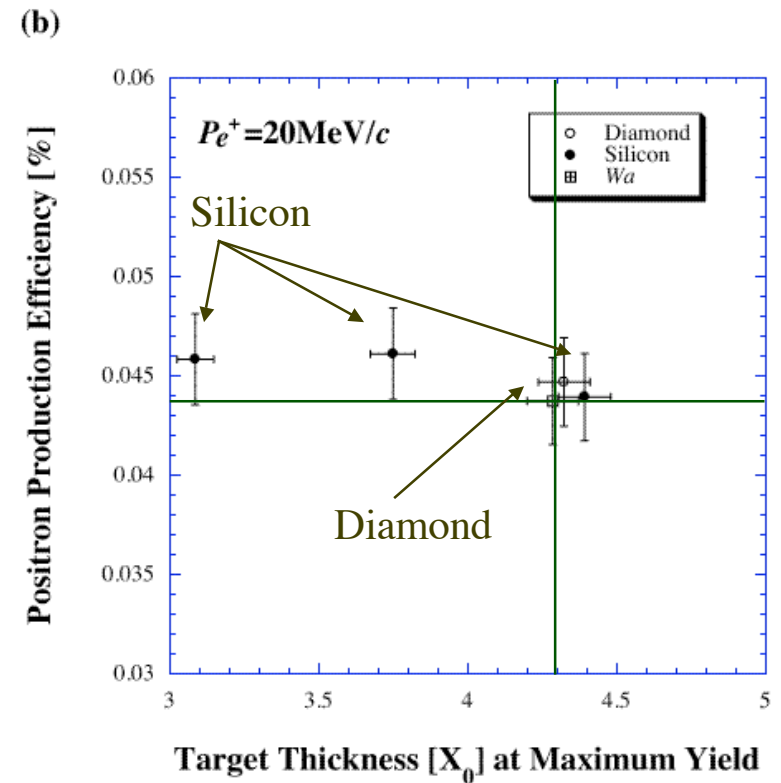
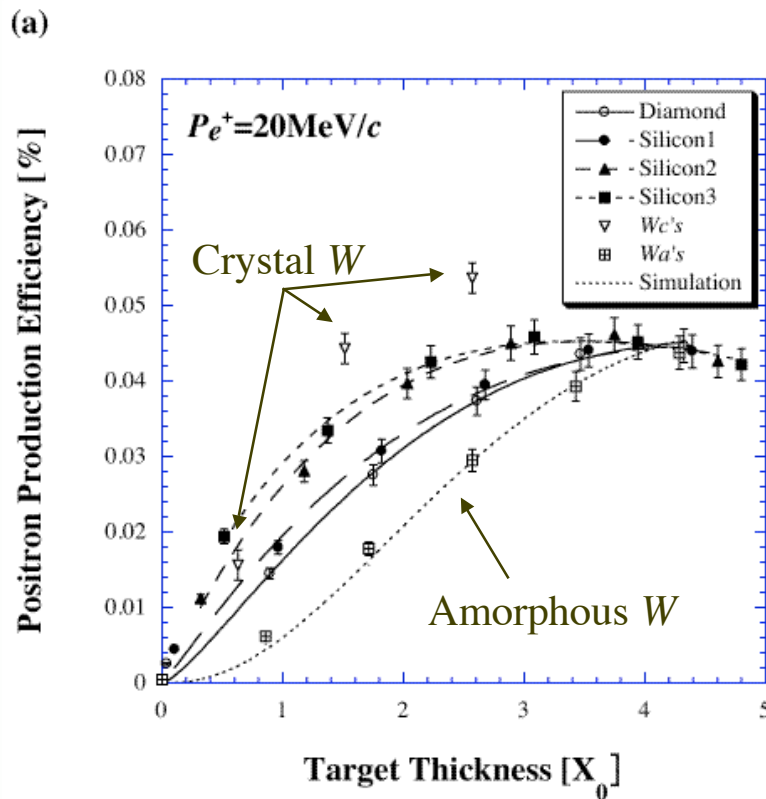
Experimental Results:

Variations in the enhancement ($N_{e^+@peak}/N_{e^+@base}$) & Momentum dependence of the e^+ yield at $E_{e^-}=8$ GeV ($P_{e^+}=20$ MeV/c)



Experimental Results:

Variations of the e^+ production yield for the on-axis crystal targets at $E_{e^-}=8\text{ GeV}$ ($P_{e^+}=20\text{ MeV}/c$)



Conclusions

まとめ

- KEK-8GeV電子陽電子入射器において、系統的な結晶標的による陽電子生成データを取得した
- 標的厚が薄いときは、結晶効果により高い陽電子増大度を示すが、結晶厚が厚くなると増大度は急速に減少する
- 軽元素結晶標的（Diamond, Silicon）による陽電子生成が最大となる最適標的厚での生成効率、非晶質標的と同程度になるが（Diamond/Silicon/Tungsten標的:3/6/26%増）、結晶効果による有効放射長の短縮を確認した（非晶質タングステンに対しDiamond/Silicon/Tungsten標的:0.7/0.8/0.5倍）
- Diamond標的の単位放射長当たりの陽電子生成効率は、Silicon標的に比べ20%程度高い

今後の方針

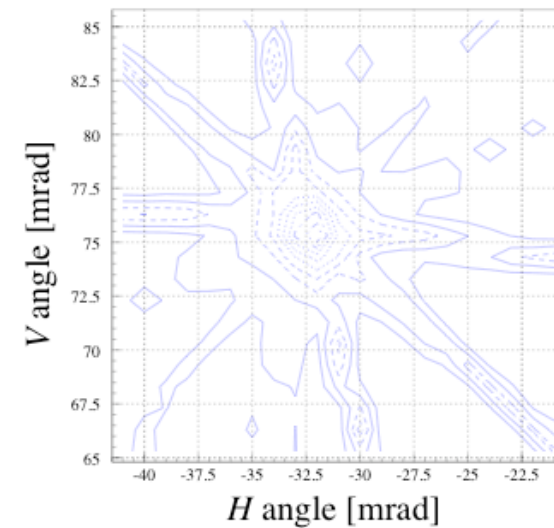
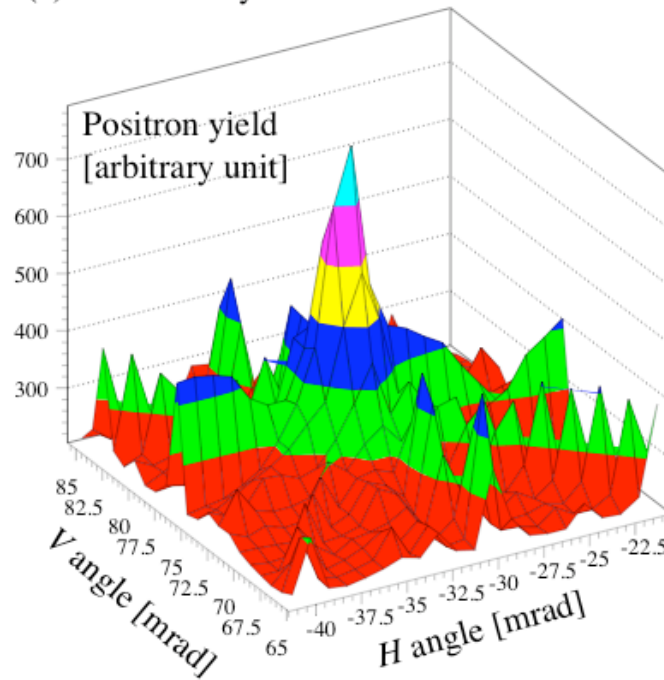
- 厚いダイヤモンド標的（10mm以上）による陽電子生成実験
- シミュレーションによるチャネリング／干渉性制動放射の放射素過程の理解
- チャネリング放射光の系統的な測定（角度分布、エネルギー分布）

Future Plan

- ✓ 原理実証実験(吉田等)
- ✓ 系統的な実験データの蓄積 (標的の種類、標的厚さ、標的スキーム、etc.)
- ✓ 大強度陽電子源 (生成標的、収集部、加速部を含む) 設計のための信頼性の高いシミュレーションコードの開発 (現在進行中)
- ✓ シミュレーションによる陽電子源の最適化
 - ⇒ 実用可能性の判断
- ✓ 実用化に向けた開発 (高品質結晶の製作、標的の冷却構造、標的の放射線損傷、熱負荷の問題)
 - ⇒ 実用化に向けた実験的検証

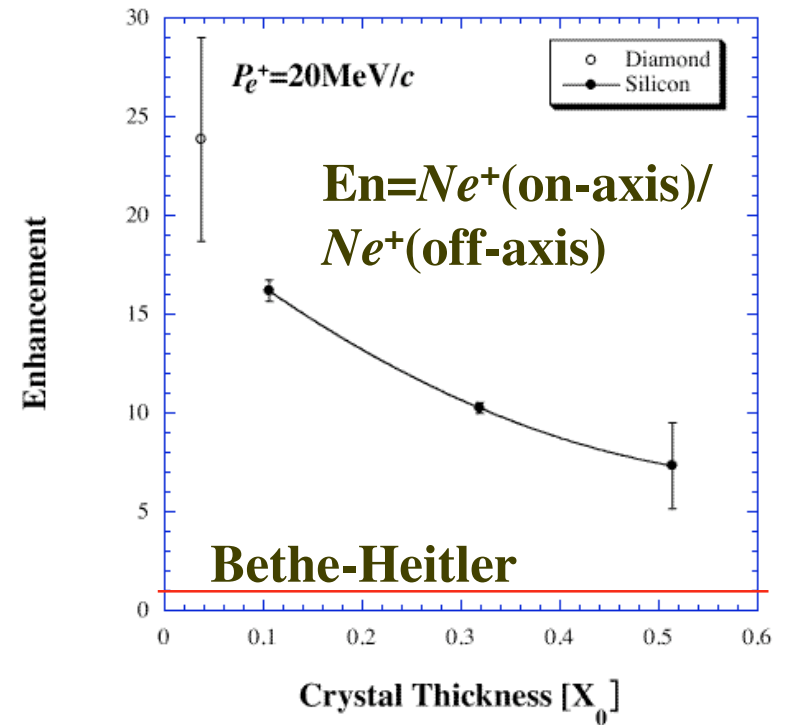
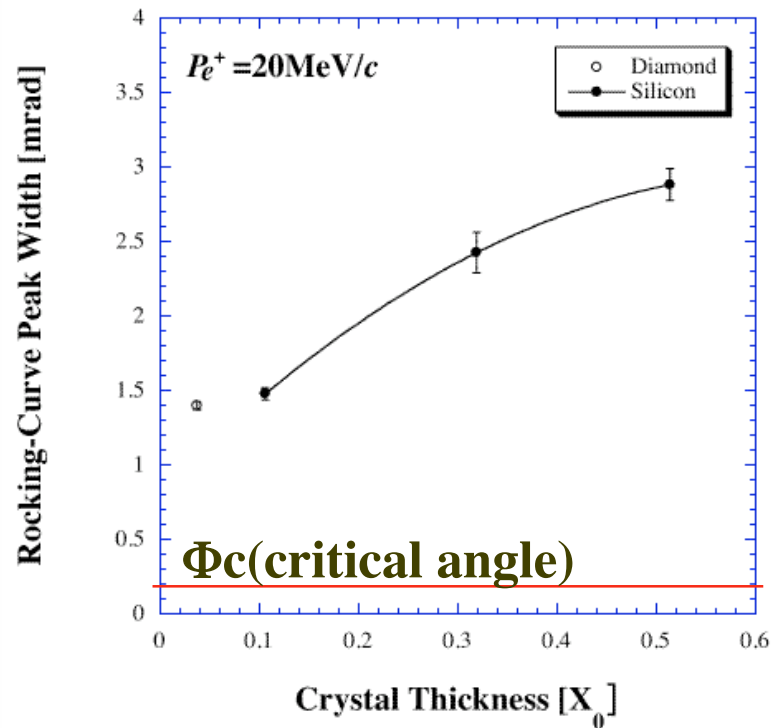
Experimental Results: 2-Dimensional Axis Scan for 5mm-thick Diamond Crystal at $E_{e^-}=8\text{ GeV}$ ($P_{e^+}=20\text{ MeV}/c$)

(a) Diamond crystal

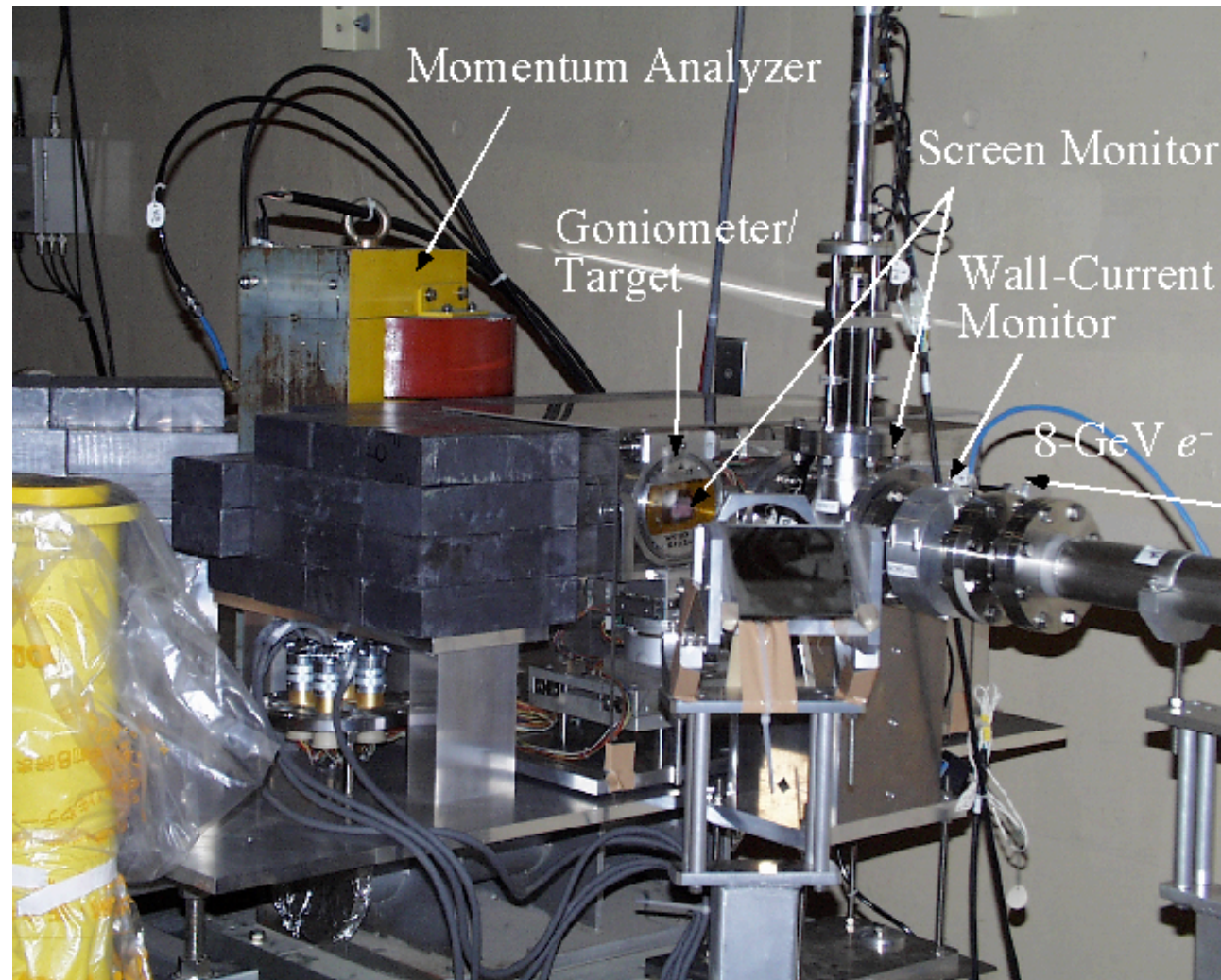


Experimental Results:

Variations in the width of the rocking-curve peak for $E_{e^-}=8\text{ GeV}$ ($P_{e^+}=20\text{ MeV}/c$)

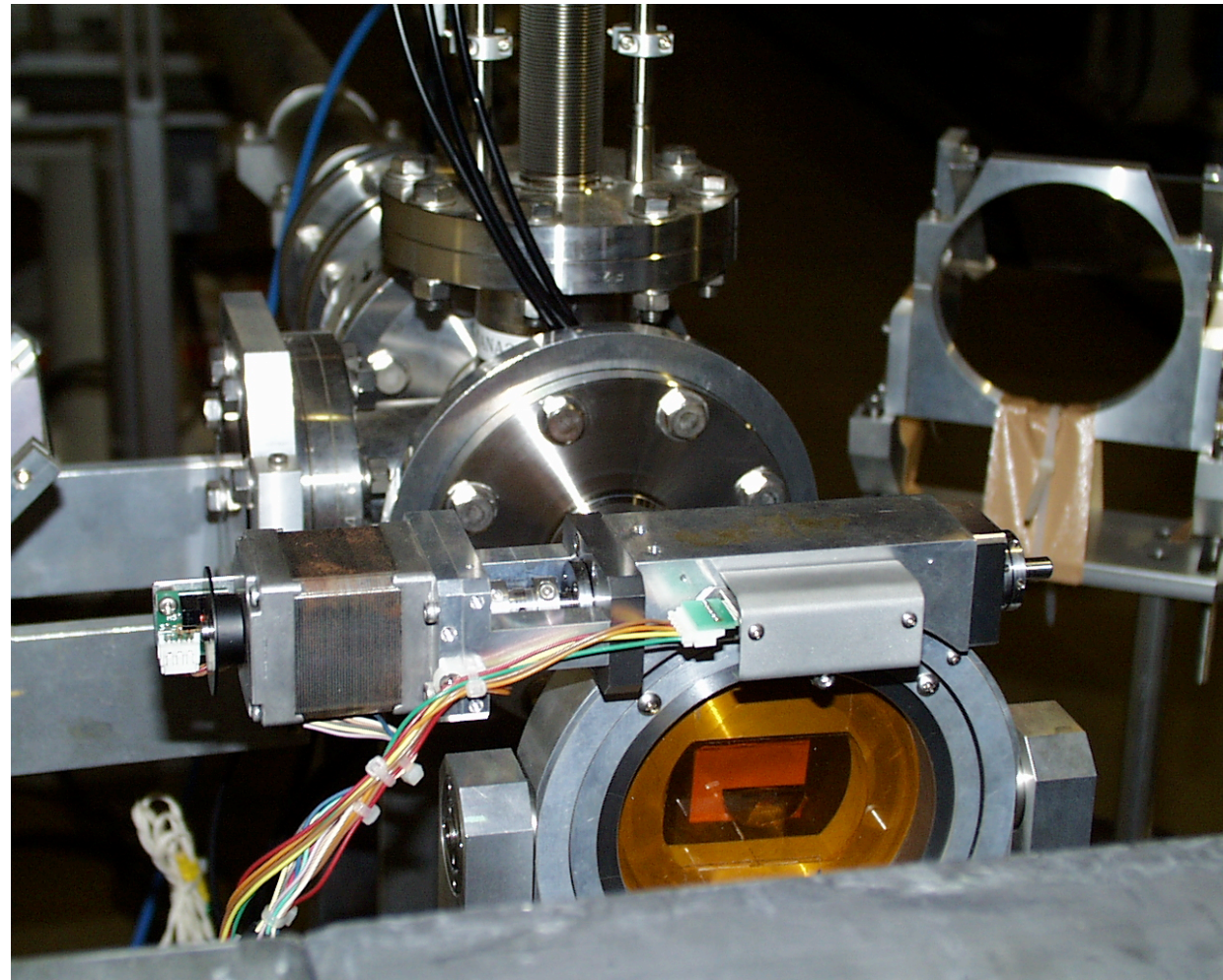


Linac Beam Line at the 3rd switch yard



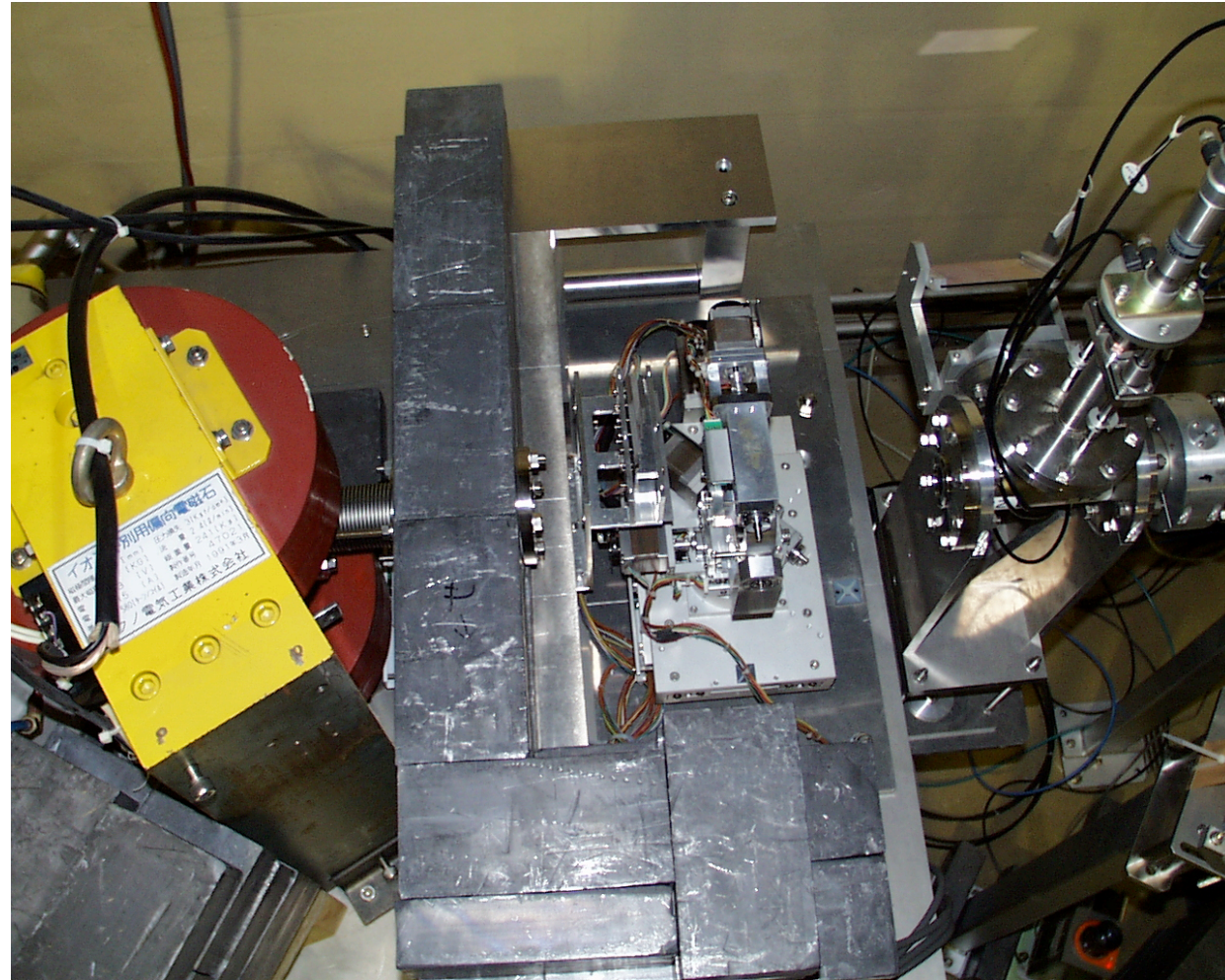
2004春季日本物理学会@九州大学, 27-
30/Mar, 2004

Experimental Setup (cont'd): Photo picture of a crystal target on a goniometer



2004春季日本物理学会@九州大学, 27-
30/Mar, 2004

Experimental Setup (cont'd): Photo picture of crystal & amorphous targets



2004春季日本物理学会@九州大学, 27-
30/Mar, 2004

Experimental Setup (cont'd): Positron spectrometer



2004春季日本物理学会@九州大学, 27-
30/Mar, 2004