

一个双头平面型In-Beam TOF-PET的研究

报告人： 陈金达

2010年8月13日



主要内容

Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work

- 一 背景介绍
 - 1 PET功能作用
 - 2 离束PET与在束PET比较
 - 3 在束PET的分类
 - 4 In-Beam TOF-PET
- 二 双头平面型**In-Beam TOF-PET**的研制进展
 - 1 采用双头平面型结构的理由
 - 2 **Dual-Head Planar-Type In-Beam TOF-PET**的结构及性能指标
 - 3 **Dual-Head Planar-Type In-Beam TOF-PET**探测单元原型性能测试
- 三 结果与讨论
- 四 今后主要的工作



一 背景介绍

Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work

1. PET的功能作用

2. 离束PET与在束PET的比较

3. 在束PET的分类

双头环形结构, 双头平面结构

4. In-Beam TOF-PET



PET的功能作用

Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work

在重离子精确治疗肿瘤过程中，**In-Beam PET**是治疗现场非侵入监测的唯一方法。

PET可以实现以下功能：

1. **检验**辐照重离子的**射程**。
2. **确认**辐照**位置**。
3. **探测**定位误差引起的**偏差**。
4. **量化**实际辐照剂量与治疗计划剂量之间的**差异**。



离束与在束PET的比较

Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work

Beam Off-Line PET就是传统的闭环PET，它位于肿瘤病人辐照**治疗室附近**，用来测量 ^{12}C 和 ^{16}O 碎裂产生的 β^+ 放射性核发生湮灭反应产生的一对511keV γ 射线，重建辐照粒子影像。

在束PET位于**治疗现场**，用于肿瘤治疗现场Bragg峰位置和剂量分布的监测，在每次辐照治疗后立即开始测量和影像重建，及时指导治疗。



在束PET的分类

在束PET有2种结构形式（它们通常不是闭环结构）：

双头环形结构， 双头平面结构。

(1) *In-Beam PET*（双头环形结构, GSI / 德国）

(2) *Beam On-Line PET*（双头平面结构, HIMAC/日本）

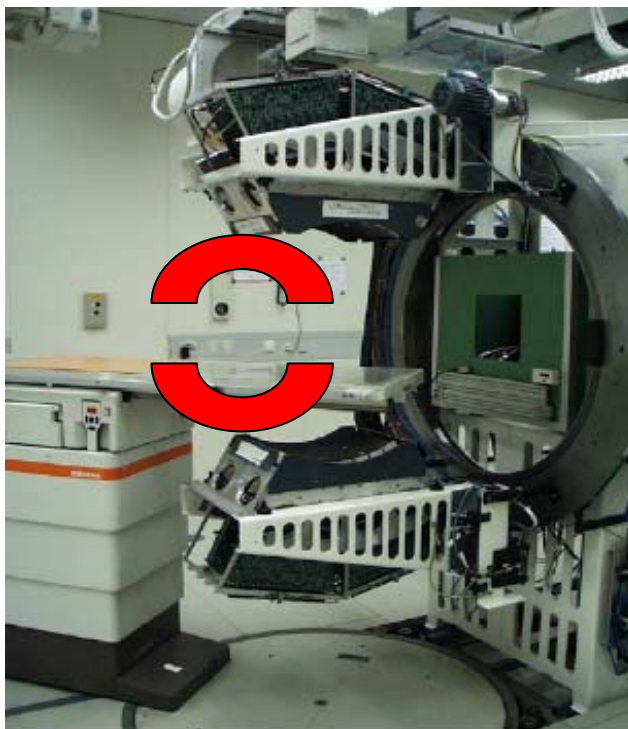
Outline

Introduction

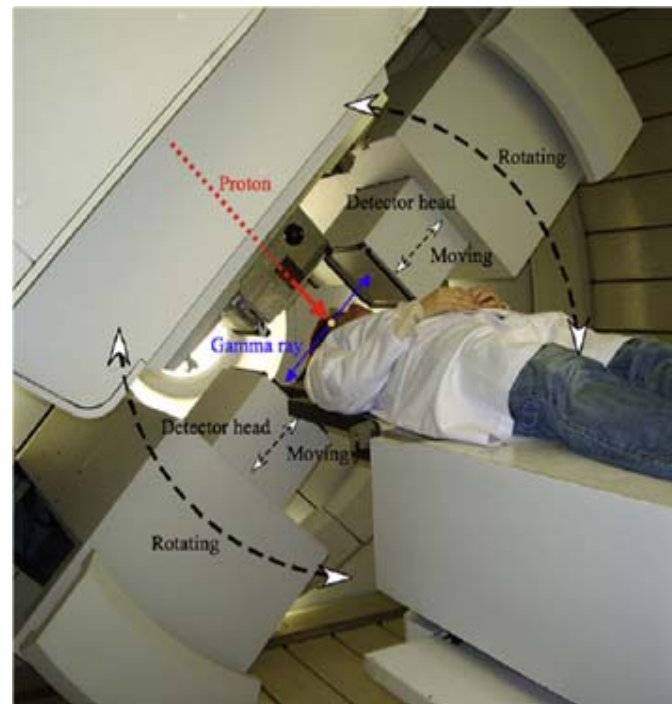
The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Problems

Future Work



In-Beam PET 内部结构



Beam On-Line PET 外观图



In-Beam TOF-PET的引出

Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work

通过对现有的一些PET的比较研究发现，**In-Beam PET（双头环形）**基本沿用传统PET结构，**闭环**最接近实际剂量分布，**窄隙双头**基本再现实际剂量分布，**宽隙双头**有些形变，探测效率降低。**Beam On-Line PET（双头平面）**性能好于宽隙In-Beam PET，结构简单，价格便宜。

因此，我们设计了以LYSO晶体为基础的双头平面型In-Beam TOF-PET



二 双头平面型In-Beam TOF-PET研制进展

Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work

1 采用双头平面型结构的理由

**2 Dual-Head Planar-Type In-Beam TOF-PET
的结构及性能指标**

**3 Dual-Head Planar-Type In-Beam TOF-PET
探测单元原型性能测试**



采用双头平面型结构的理由

Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work

Beam On-Line PET性能好于宽隙In-Beam PET，**结构简单，价格便宜**。因此，我们设计研制以LYSO晶体为基础的**双头平面型PET**。LYSO较BGO**光输出高，时间响应快**，再加上**增加TOF测量**，预计性能优于HIMAC的Beam On-Line PET (BOLPET-RGP)。

TOF-PET比PET的成像时间更短，成像质量更高



Dual-Head Planar-Type In-Beam TOF-PET的结构

Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work

1) Block

■晶体: **LYSO**

■象素尺寸: **2mm × 2mm × 15mm**, 4侧面和端面光学处理
Block: **22 × 22** 象素晶体矩阵, 象素晶体中心距2.3mm,
Block前端面与侧面用一些反射材料包裹, 后端面与多阳极
PMT H8500耦合。

Block外尺寸: **52mm × 52mm × 15 mm**

2) Head

■Head: **3 × 5** Blocks

■电子学: $30 \times 4 = 120$ 路位置信号, **30** 路时间信号

3) In-Beam TOF-PET

■双头平面结构

■两头之间距离可调节范围: **35-80** cm



Dual-Head Planar-Type In-Beam TOF-PET主要性能指标

Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work

	预期的性能指标
能量分辨	~16% @ ^{22}Na
位置分辨 (FWHM)	~2 mm(X,Z), ~8 mm(Y)
TOF时间分辨	~1 ns (FWHM)
符合时间窗	~6 ns
Bragg 峰定位精度	~0.5 mm



Dual-Head Planar-Type In-Beam TOF-PET

探测单元原型——测试平台布局

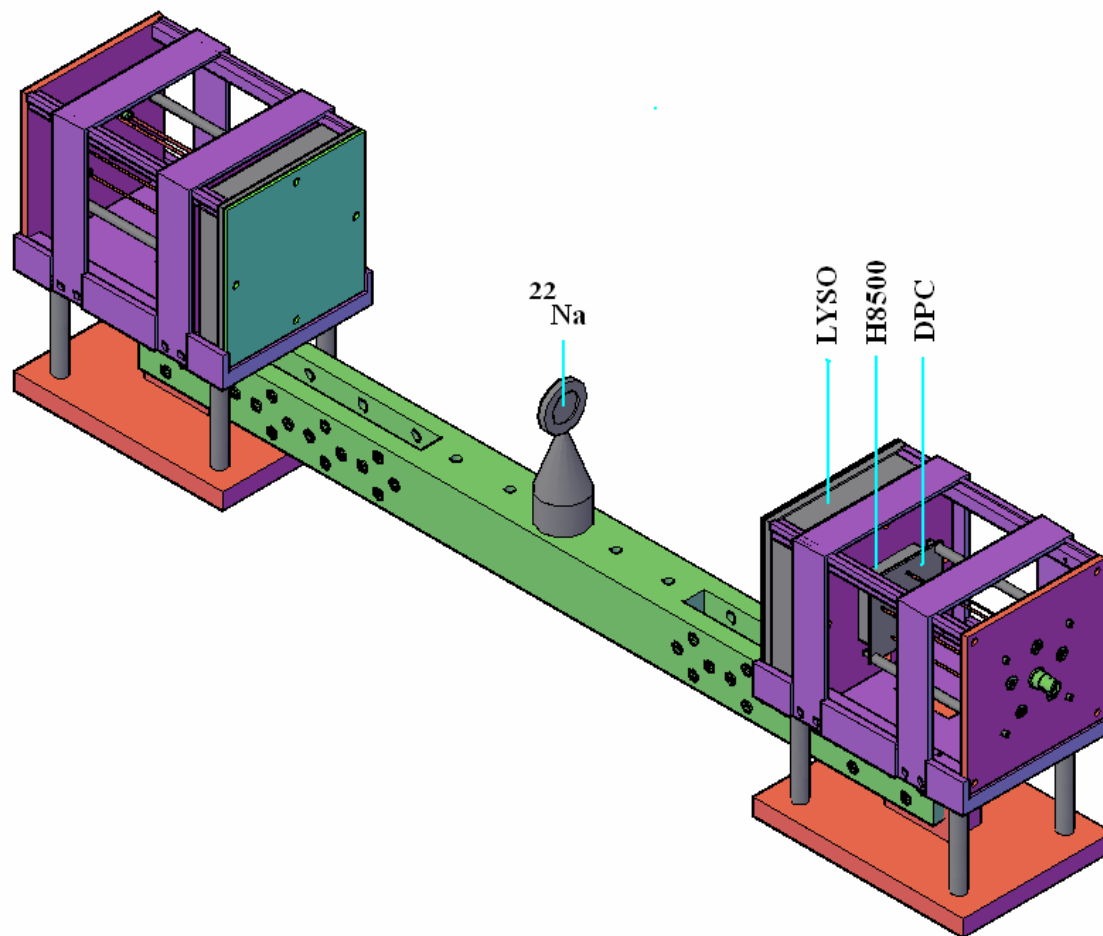
Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work



双头平面型In-Beam TOF-PET 探测单元原型3D图



初步测试结果

——两个TOF-PET单元原型符合测量

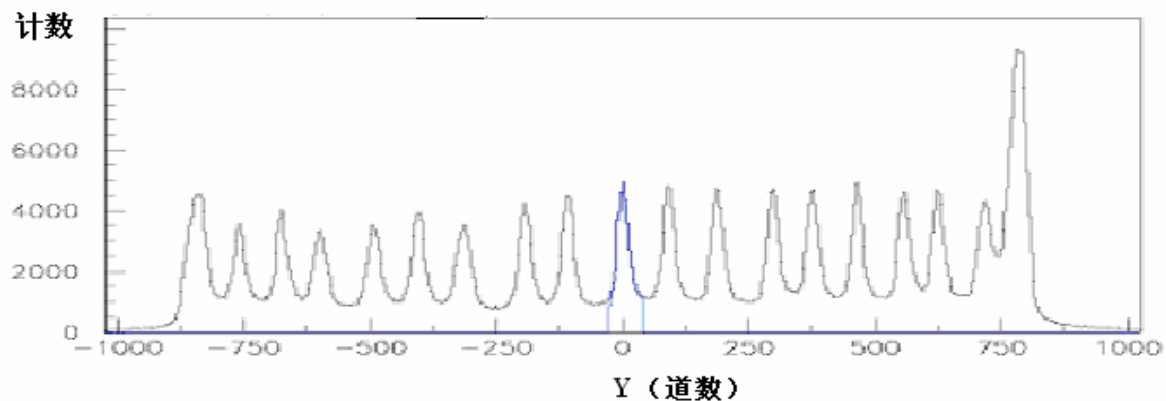
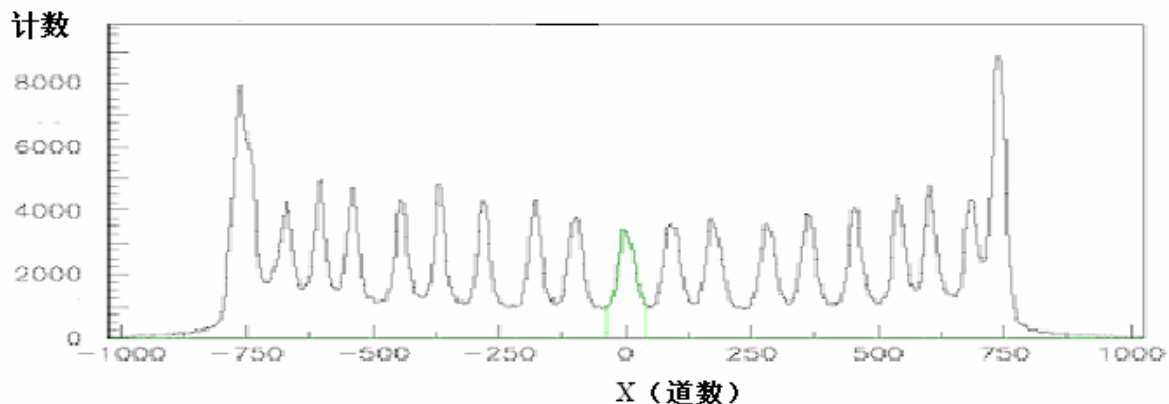
Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work



X方向位置分辨 **1.17mm (FWHM)**

Y方向位置分辨 **1.03mm (FWHM)**

位置分辨明显小于相邻两晶体的平均物理间距 2.3 mm



初步测试结果

——两个TOF-PET单元原型符合测量

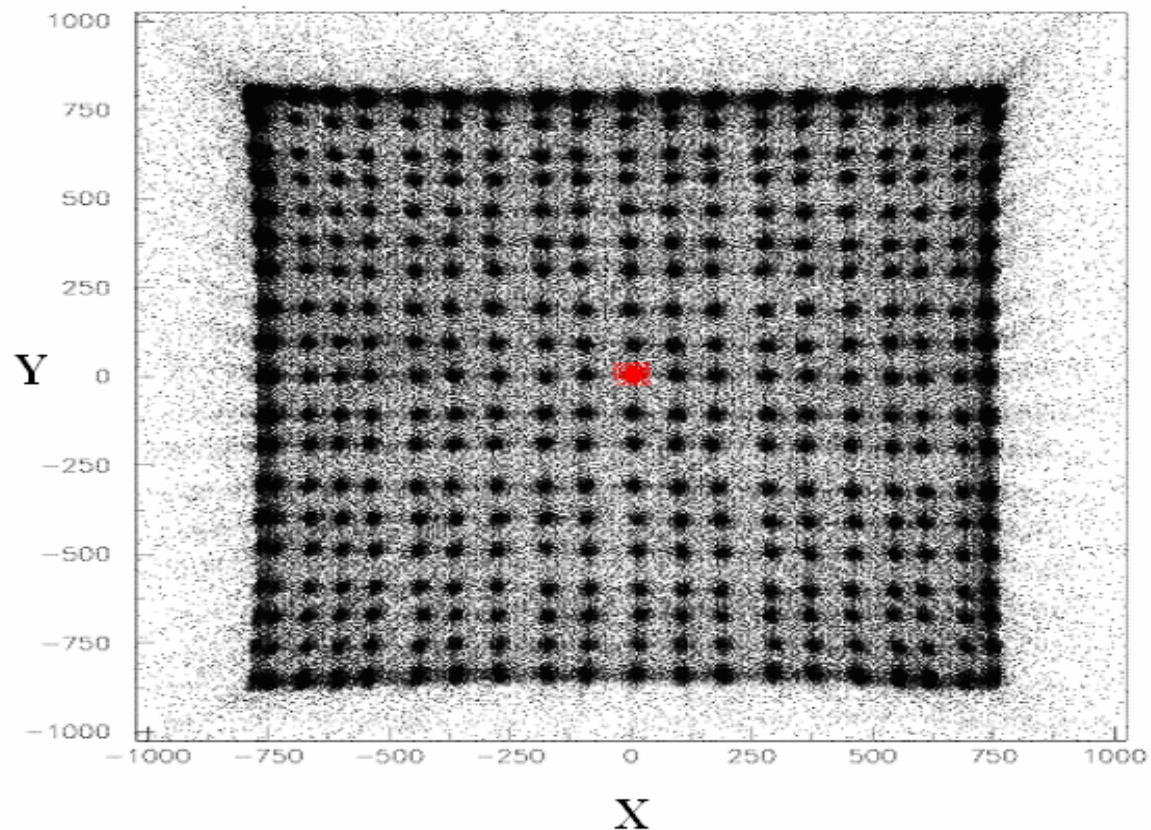
Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work



双头平面型In-Beam TOF-PET探测单元原型测量
 ^{22}Na 源湮灭事件散布图



初步测试结果

——两个TOF-PET单元原型符合测量

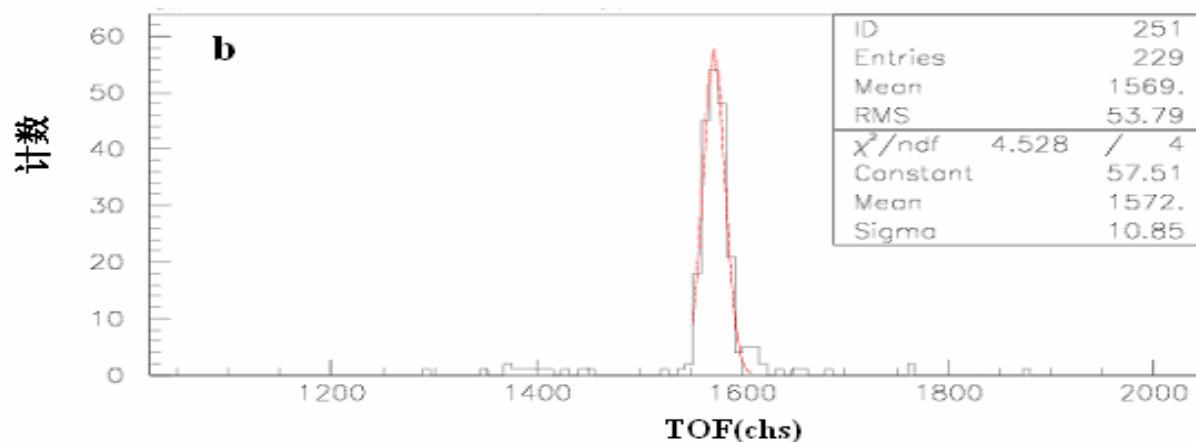
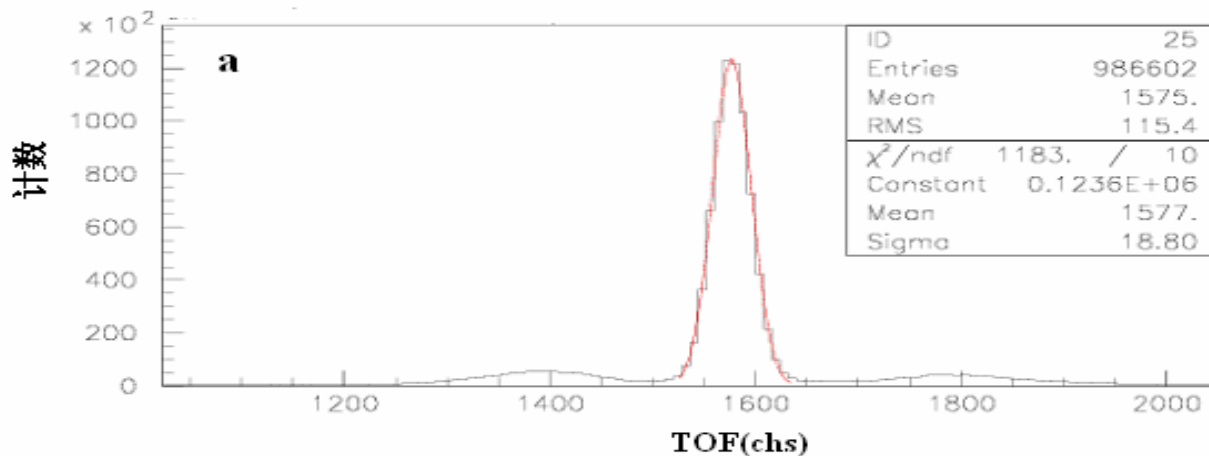
Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work



一个探测单元的时间分辨

$\Delta t_{\text{TOF}} = 1531 \text{ ps (FWHM)}$

探测单元中单个晶体条的时间分辨

$\Delta t_{\text{TOF}} = 884 \text{ ps (FWHM)}$



初步测试结果小结

Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work

一个探测单元的时间分辨

$$\Delta t_{\text{TOF}} = 1531 \text{ ps (FWHM)}$$

探测单元中单个晶体条的时间分辨

$$\Delta t_{\text{TOF}} = 884 \text{ ps (FWHM)}$$

尽管 $\Delta t_{\text{TOF}} \sim 1 \text{ ns (FWHM)}$, 但等效噪声计数率 $\text{NECR}_{\text{TOF}} = 2 \text{ NECR}_{\text{NON-TOF}}$, 信噪比 $\text{SNR}_{\text{TOF}} = 1.4 \text{ SNR}_{\text{Non-TOF}}$, 这将明显改善影像质量。



三 结果与讨论

Outline

Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work

依据现有实验条件，我们仅利用很微弱的 ^{22}Na 面源，测量了双头平面型In-Beam TOF-PET探测单元原型的初步性能：

本征位置分辨：

X方向达到 **1.17mm** (FWHM) ，

Y方向达到 **1.03mm** (FWHM) 。

LYSO Block中心像素晶体

TOF时间分辨达到**884 ps** (FWHM) 。

从测量数据分析，设计的**双头平面型In-Beam TOF-PET**位置分辨明显好于Anger Logic读出的PET。TOF时间分辨有望达到 $\sim 1\text{ns}$ FWHM，这将提高PET的影像质量。



四 今后的主要工作

Outline

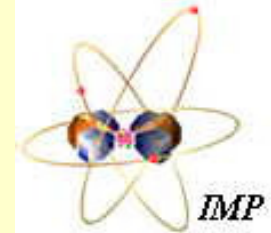
Introduction

The Design of
Dual-Head
Planar-Type
In-Beam
TOF PET

Conclusion
&
Discussion

Future Work

目前，正准备条件，争取在重
离子肿瘤治疗终端，利用200-
400MeV/u ^{12}C 束流，辐照PMMA，
测量 ^{12}C 的Bragg峰位置和剂量空
间分布影像。提取Bragg峰定位
精度和检验影像质量。



谢谢!