# 脉冲形状甄别方法研究

牛梦臣

2022年5月13日

SNS
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

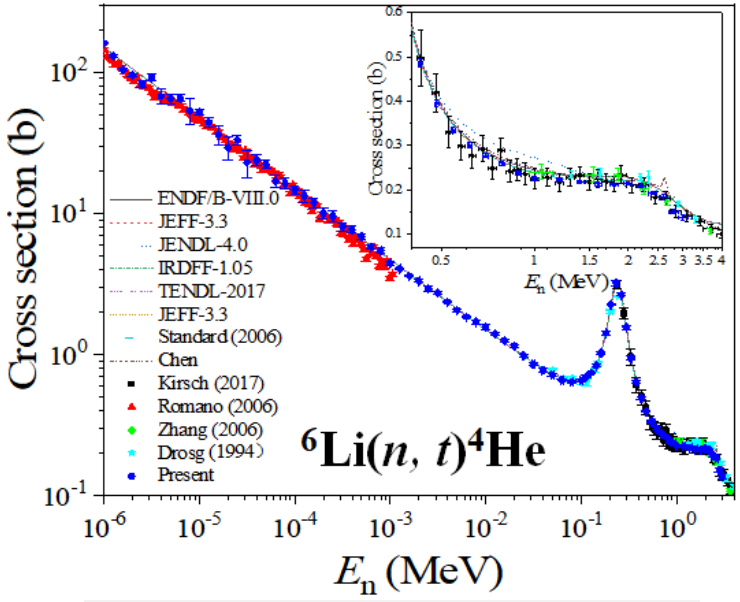
# 目录

- 脉冲形状甄别实验
  - 背景
  - 数据处理
  - 探测器信号模拟
- 总结与展望

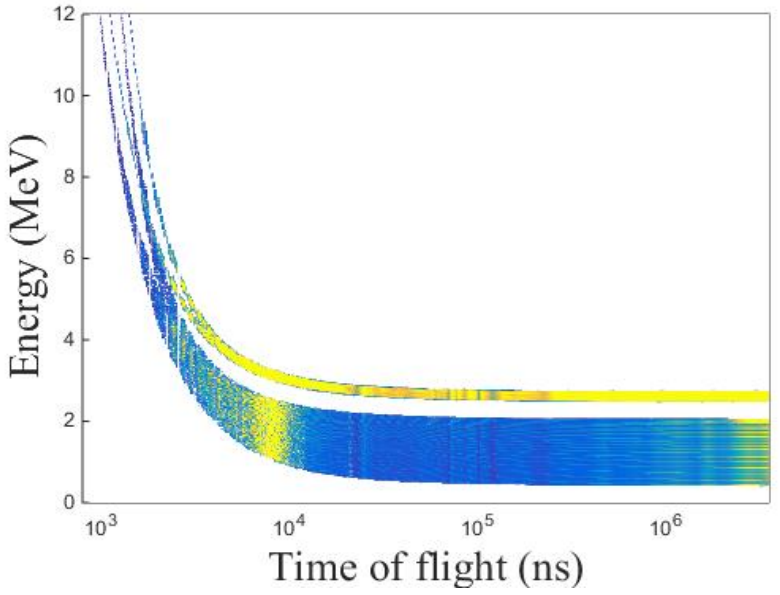
# 轻带电粒子鉴别方法

- **ΔE-E方法：**目前使用低气压多丝正比室作为ΔE探测器，Si作为E探测器，有效降低探测阈值，但是由于气体室能量分辨率相对差，且有效面积2.5cm*2.5cm的气体探测器的实际封装尺寸扩展到4cm*5cm。使得探测器死区大。且气体探测器操作相对复杂，能量分辨率较差。反应截面小(mb量级，需要尽可能大的探测立体角)。如采用20um Si，厚度不确定性达到±50%，能量分辨差。

- **E-TOF方法：**已经在实验中应用，并且得到了很好的全截面&微分截面结果，在重要的高能中子区遇到困难，高能中子引发的反应不能得到良好的粒子鉴别。




高能区$E_n$>3MeV统计误差较大，结果精度较差

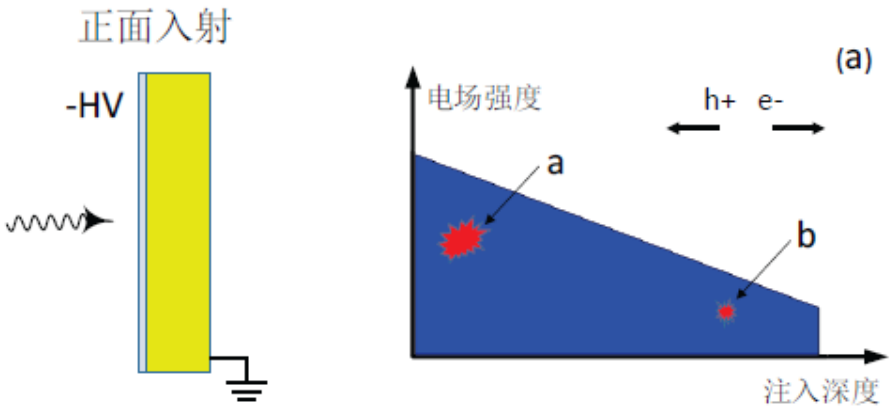



在$E_n$>3MeV区，α、t核素鉴别带在E-TOF方法的二维谱中叠加在一起

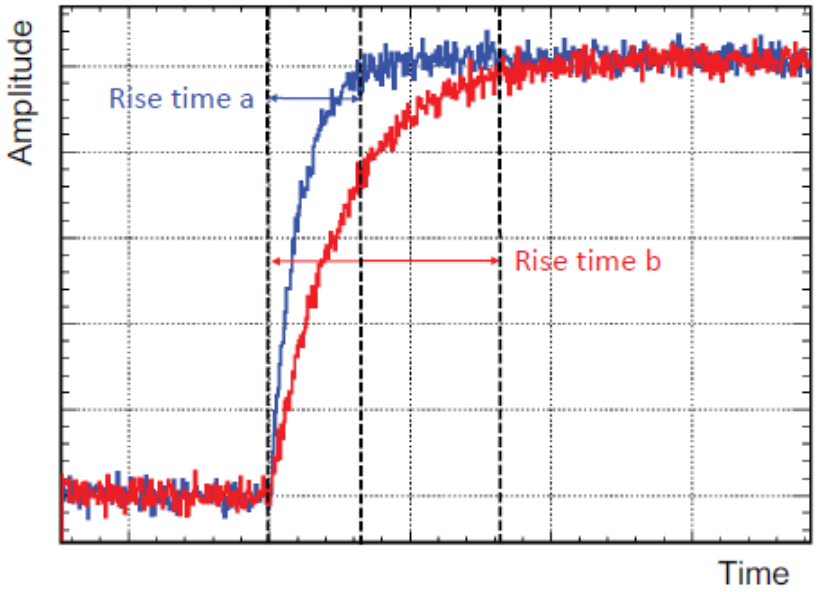
# 脉冲形状甄别法原理



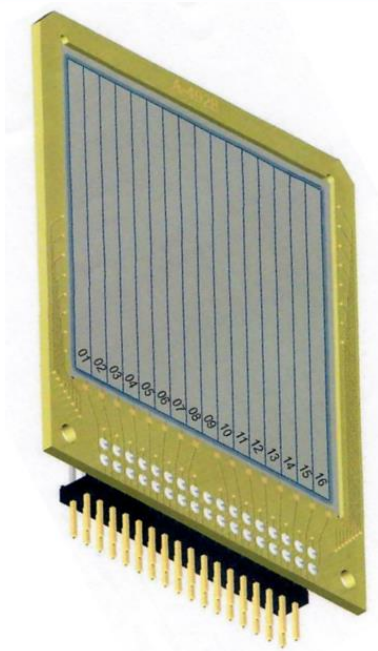
- **脉冲形状甄别(PSD)方法:** 利用探测器信号的脉冲形状(幅值与上升时间)与入射粒子的Z和A之间的依赖关系，提取粒子的种类信息。
- PSD方法利用单片硅探测器能量和信号上升时间信息就可以实现粒子鉴别，能够显著降低粒子鉴别的阈值。
- 数字化采集前放输出信号，通过波形分析提取上升时间与能量信息。




相同能量的两不同核素粒子（$E_a=E_b$, $Z_a>Z_b$）正面入射（从电场强度高的一侧入射）为例，a与b粒子的能量相同，故电离产生的电子空穴对总数目相同。

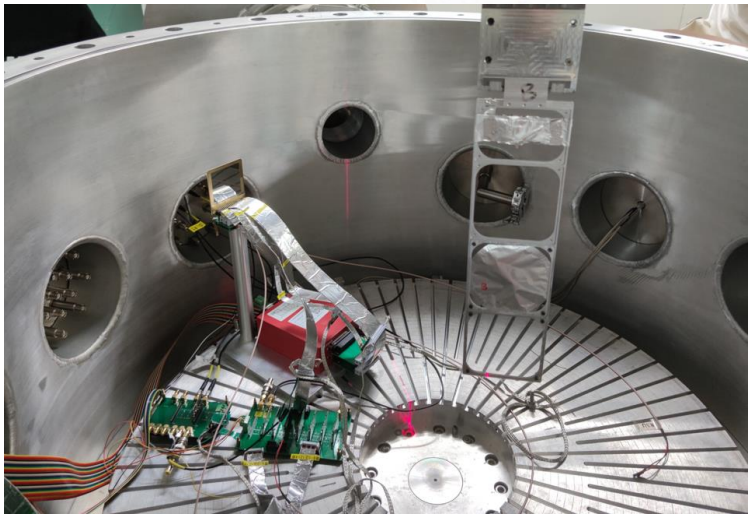


# 脉冲形状甄别法实验

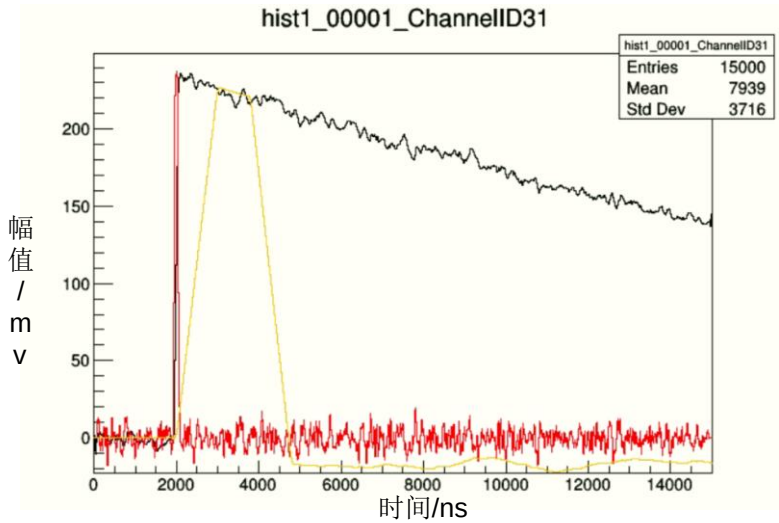


正面5-8、背面9-12 — PACI

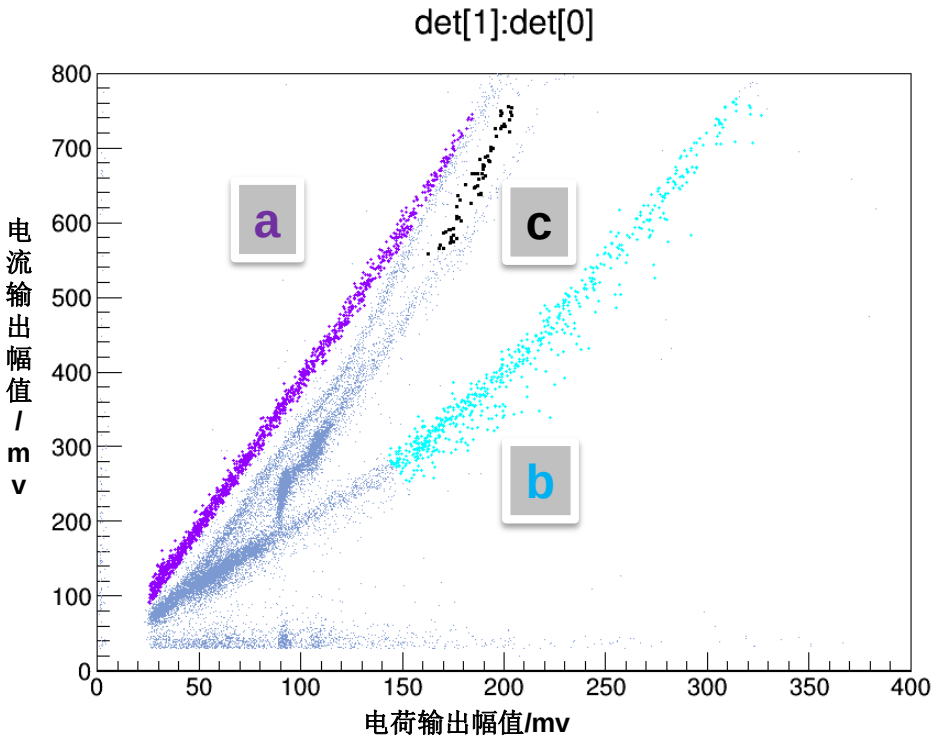
其他 — A1442



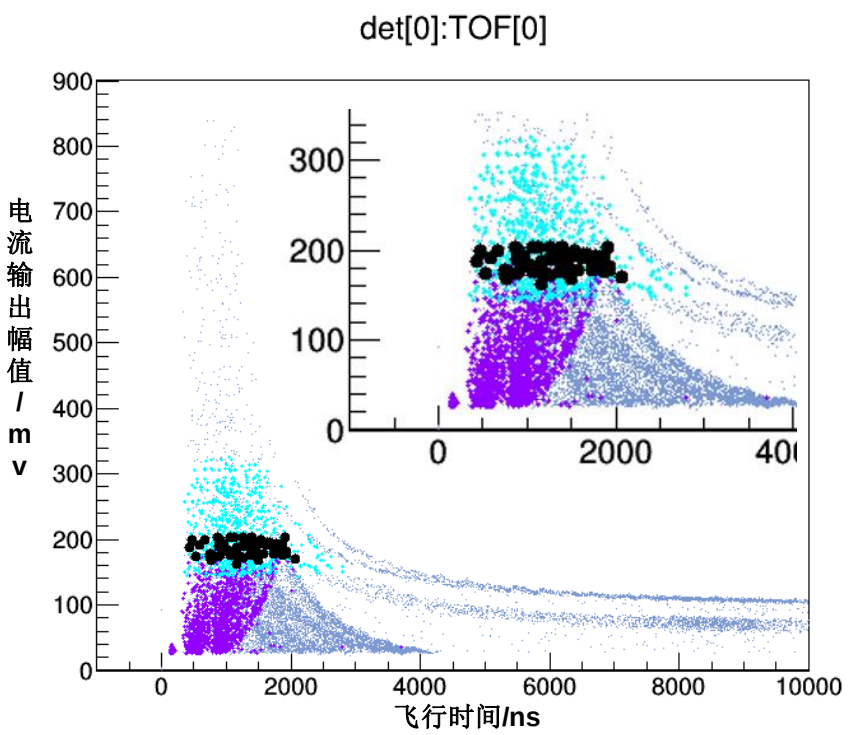
PSD实验实拍图




PSD实验典型信号



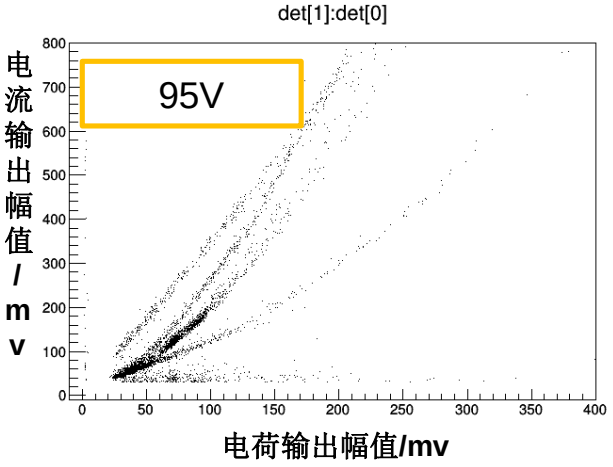

PSD法粒子鉴别结果

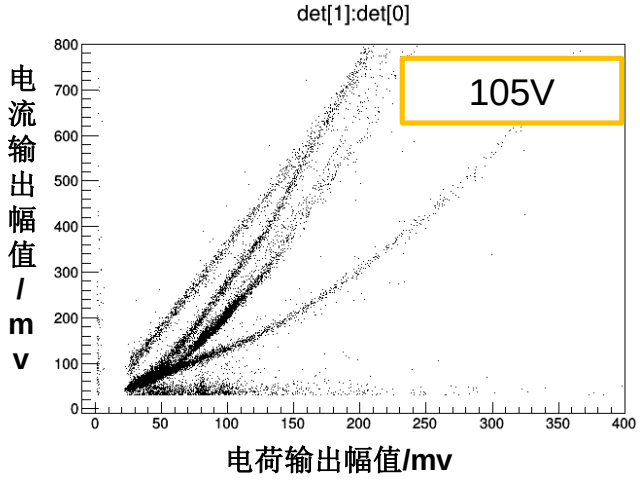


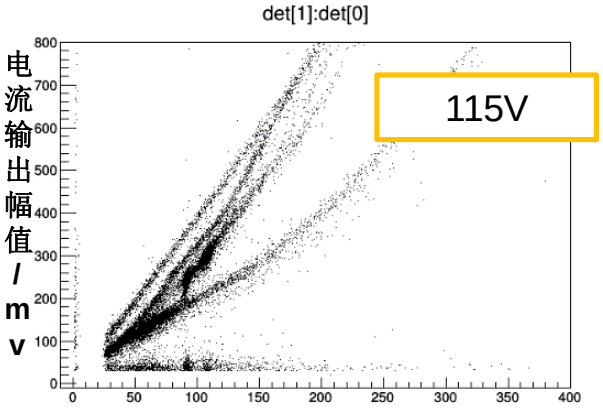

E-TOF法粒子鉴别结果

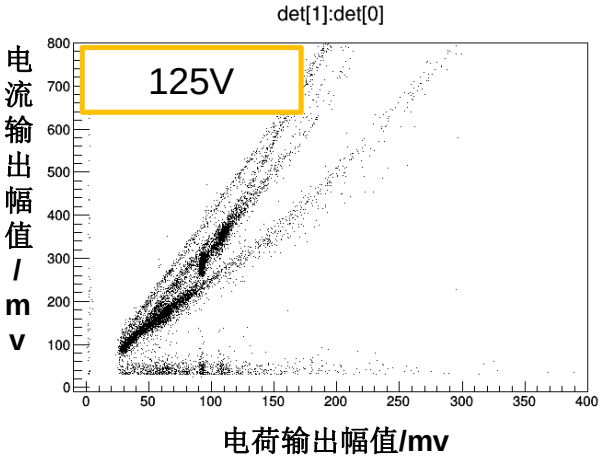
**a**: 高能质子
**b**:高能α离子
**c**:氘

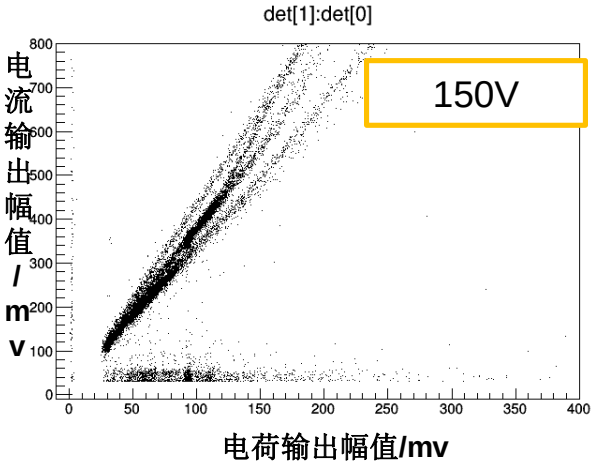
## 不同偏压对比

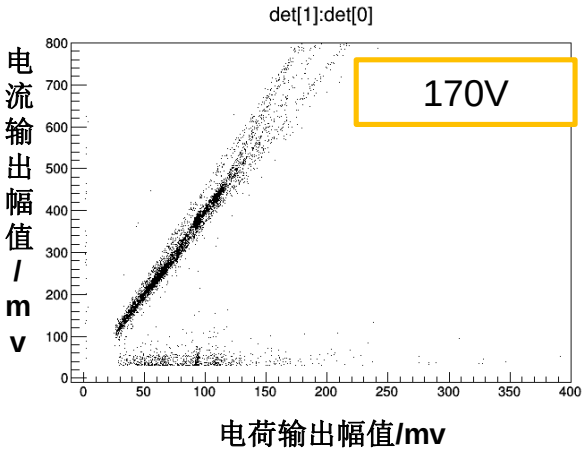


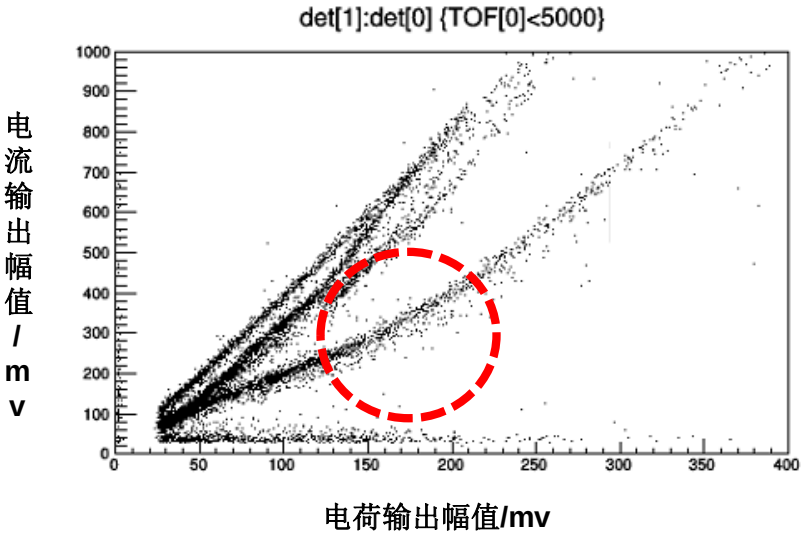



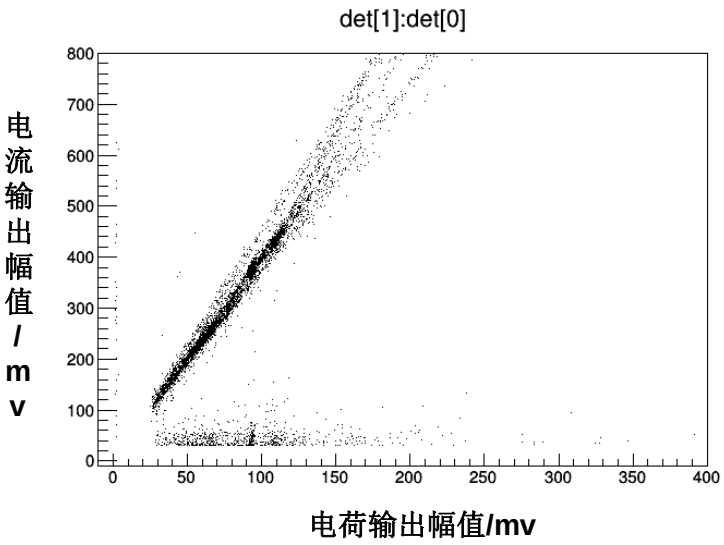




6LiF下不同偏压的det[1](电流幅值):det[0](电荷幅值)




115V偏压下（耗尽偏压147V） PSD数据分析结果



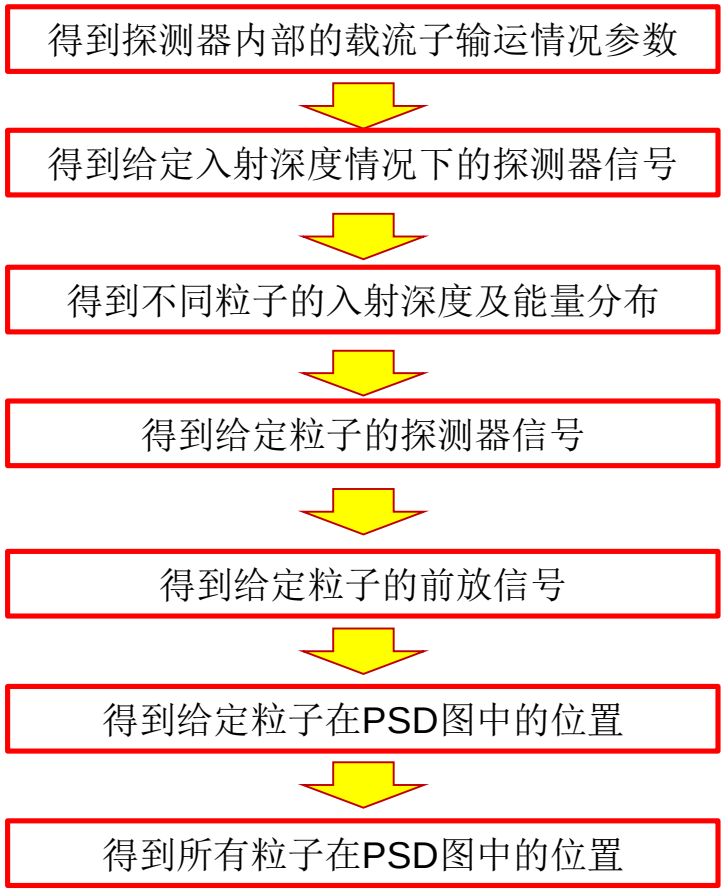

170V偏压下（耗尽偏压147V） PSD数据分析结果

**研究目标：**

- ✓ 解释圆圈处事件带出现弯曲的原因
- ✓ 模拟不同粒子在不同偏压下半导体探测器内部载流子漂移过程及其感应信号
- ✓ 建立弯曲位置与半导体探测器或前放具体参数之间的联系
- ✓ 模拟任意带电粒子在不同结构半导体探测器中的实验结果

# 信号模拟

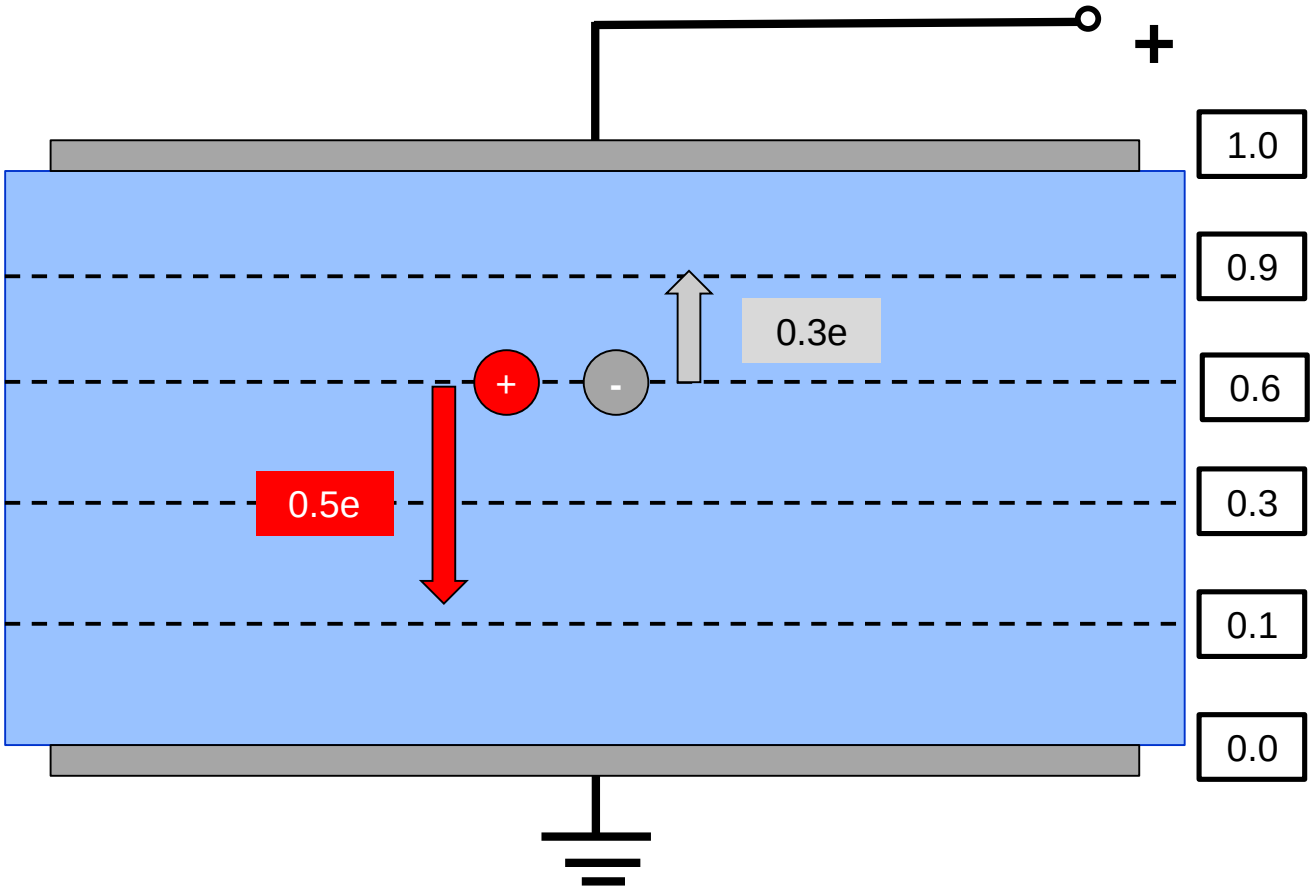
模拟思路


得到探测器内部的载流子输运情况参数
得到给定入射深度情况下的探测器信号
得到不同粒子的入射深度及能量分布
得到给定粒子的探测器信号
得到给定粒子的前放信号
得到给定粒子在PSD图中的位置
得到所有粒子在PSD图中的位置

得到给定入射深度情况下的探测器信号

**Shockely-Ramo定理**

载流子运动过程中在某一电极上产生的感应电荷数目，只与将该电极电势置1，其他电极电势置0时载流子扫过的权重电势变化△$\varphi_w$有关。产生的感应电流大小，等于将该电极电势置1，其他电极电势置0时权重电场$E_w$与载流子速度的点积。

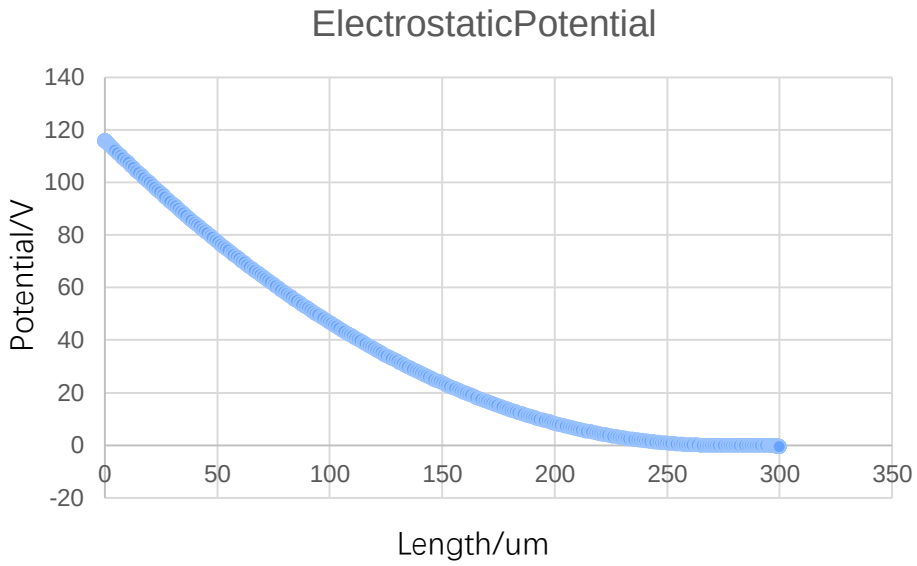


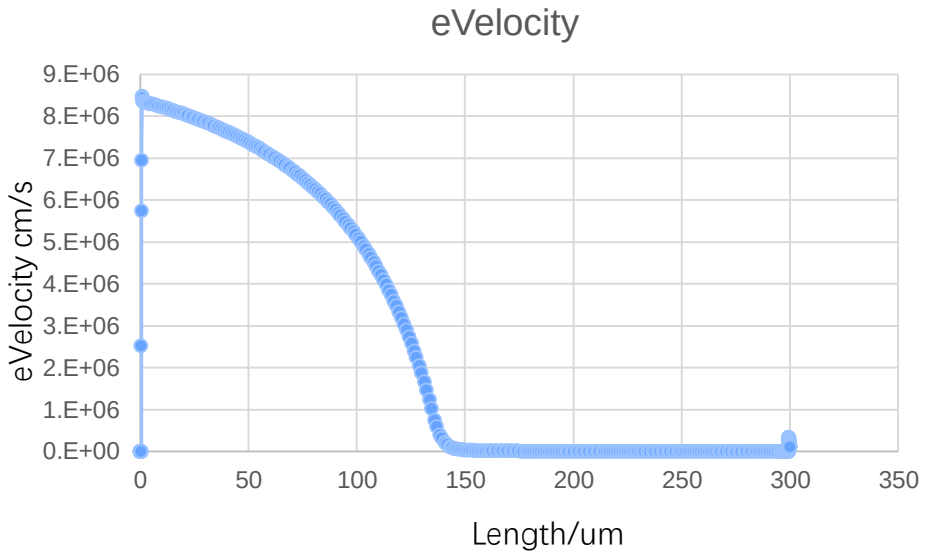

$$Q_{induced} = q \cdot [\phi_w(b) - \phi_w(a)]$$

$$I_{induced} = q\vec{v} \cdot \overrightarrow{E_w}$$

# 信号模拟

得到探测器内部的载流子输运情况参数

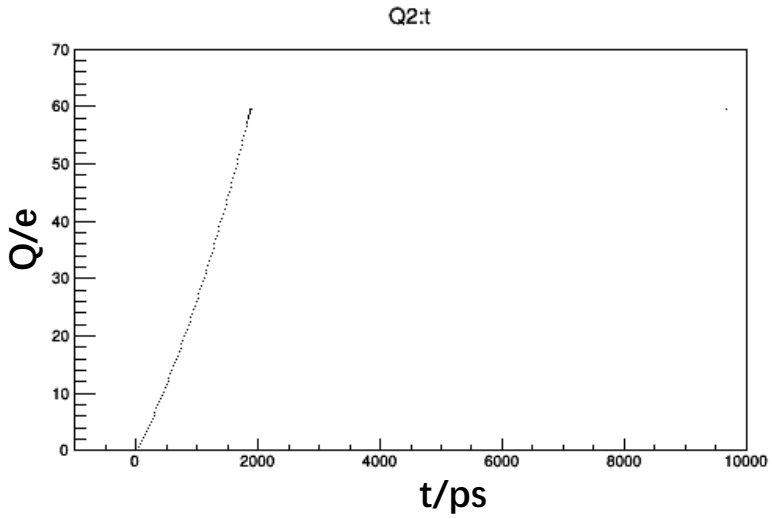


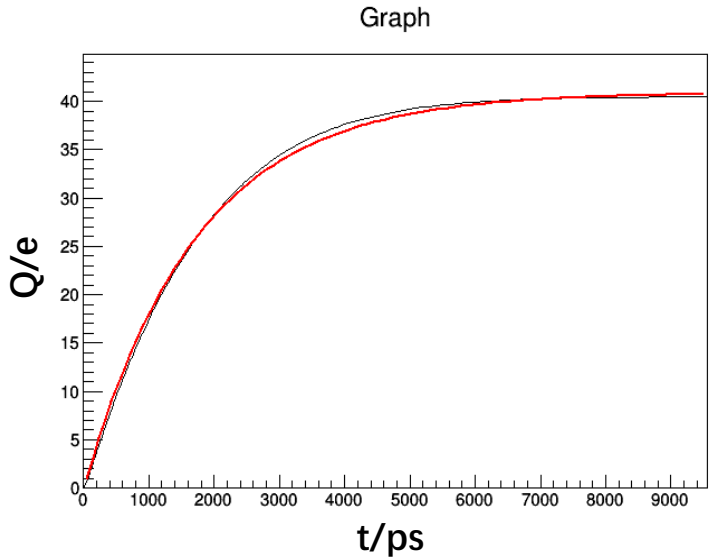

（a）硅条探测器内120V的电势分布；（b）硅条探测器内120V的电子漂移速度分布（未全耗尽）

# 信号模拟

得到给定入射深度情况下的探测器信号




向表面漂移产生电荷总量随时间变化图（局部）




向背面漂移产生电荷总量：时间曲线拟合（局部）

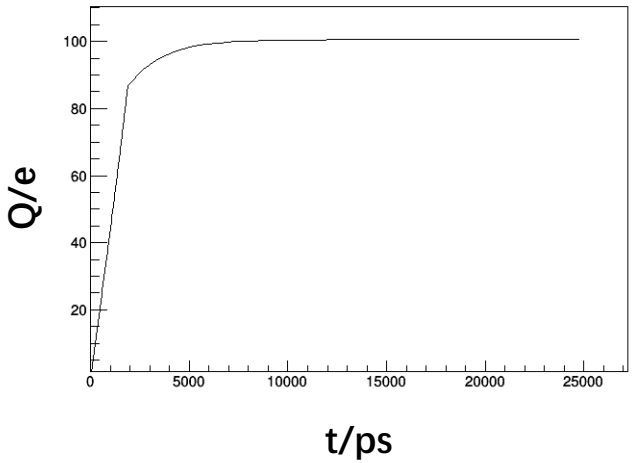
假设有100个电子空穴对在100um处产生，给出感应电荷的模拟结果

对向背面漂移的曲线进行[2]-[0]*exp(-x/[1])的拟合，得到结果如图所示，拟合结果较为相符。

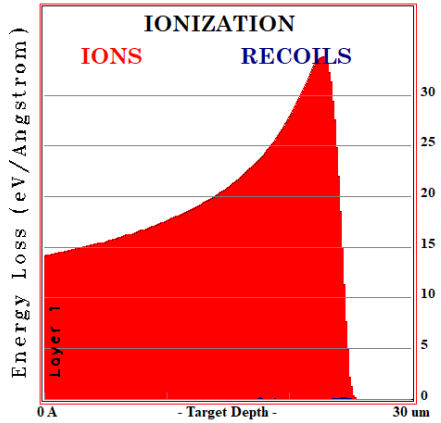
# 信号模拟



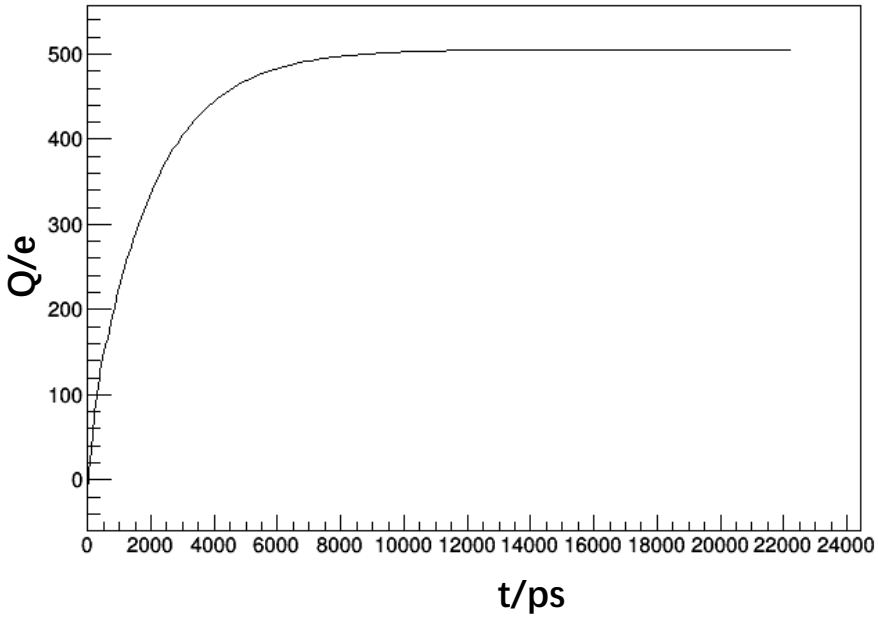
得到给定入射深度情况下的探测器信号




100um处向表面漂移产生电荷总量随时间变化图



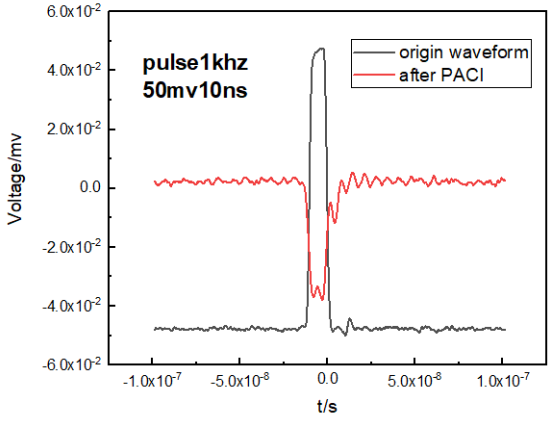

5MeVα粒子入射在硅中的能损图



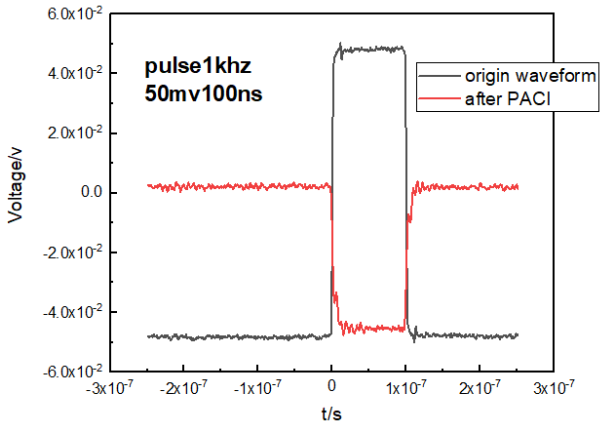

5MeVα粒子入射在硅探测器引起的总的信号波形

# 信号模拟

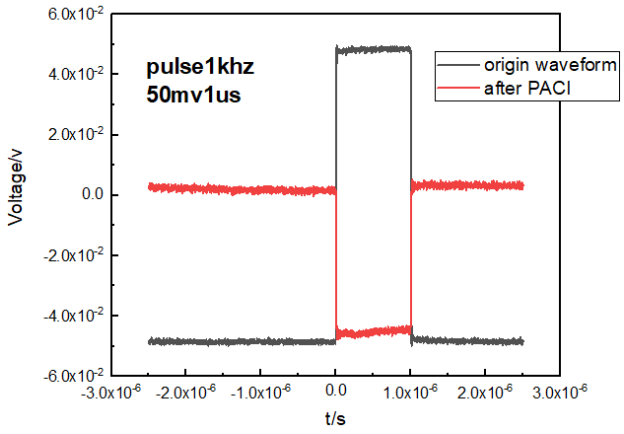
## 传递函数的获取



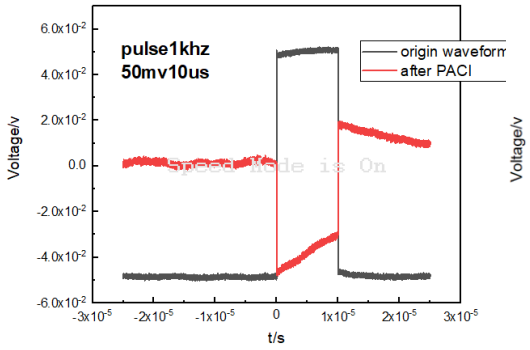

（a）



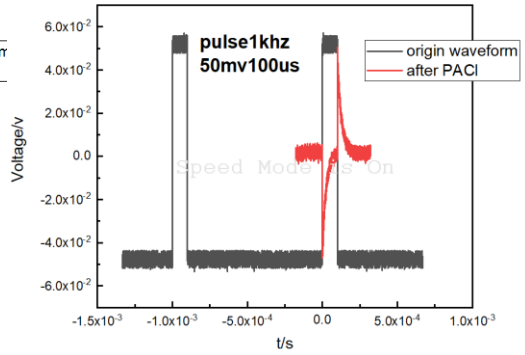

（b）



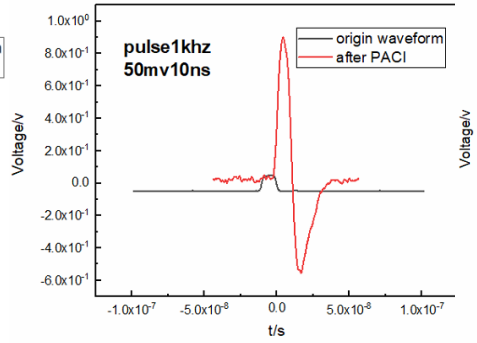

（c）



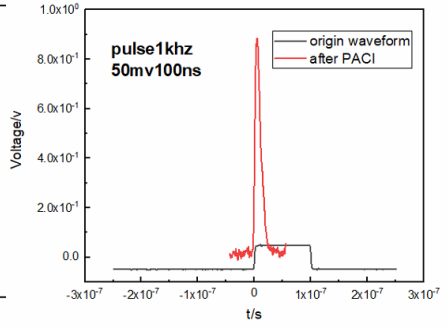

（d）




（e）



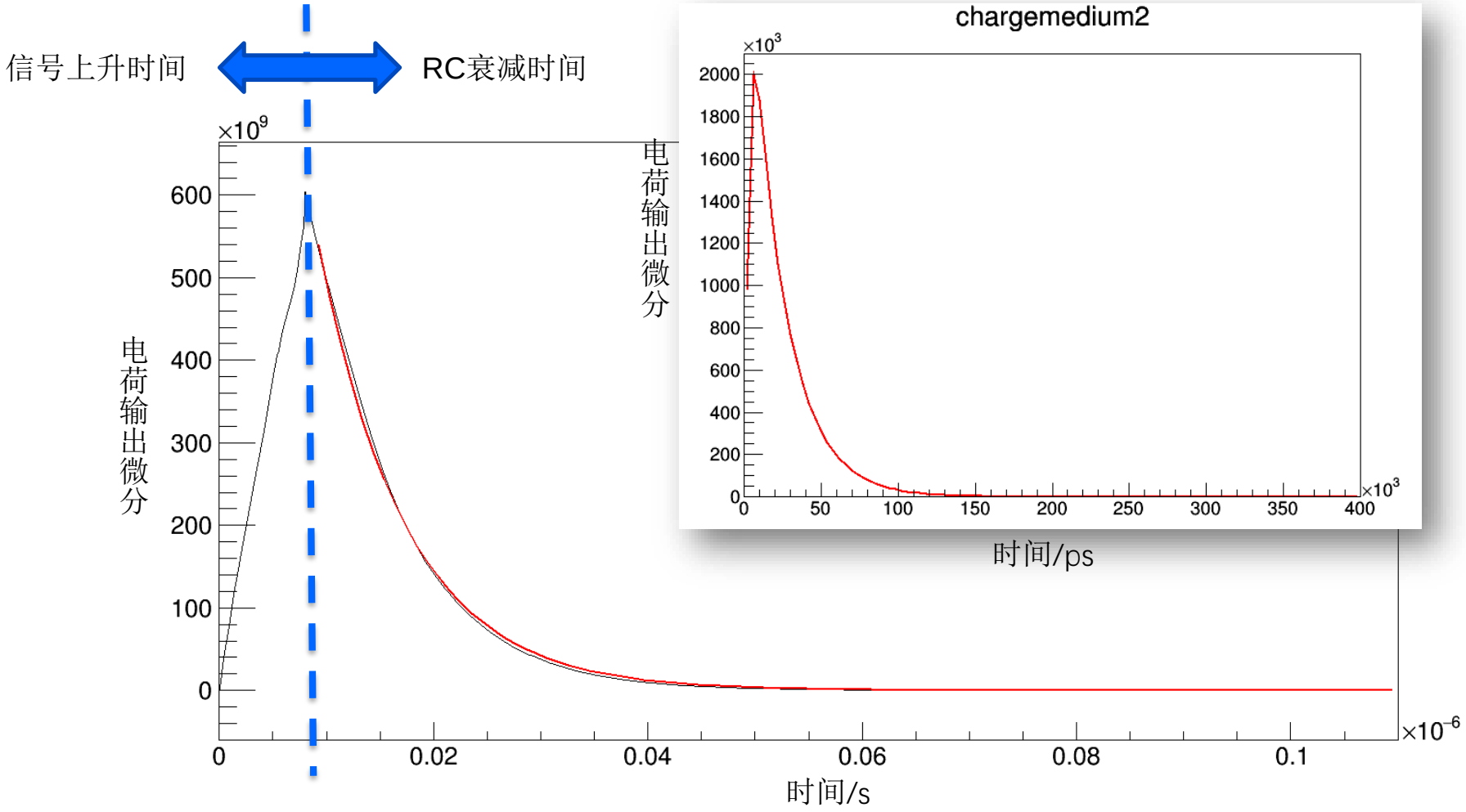

（f）




（g）

不同脉宽下的脉冲信号（上升、下降沿2ns）及其对应的电荷输出信号(a-e)和电流输出信号(f、g)（黑色为原始波形）

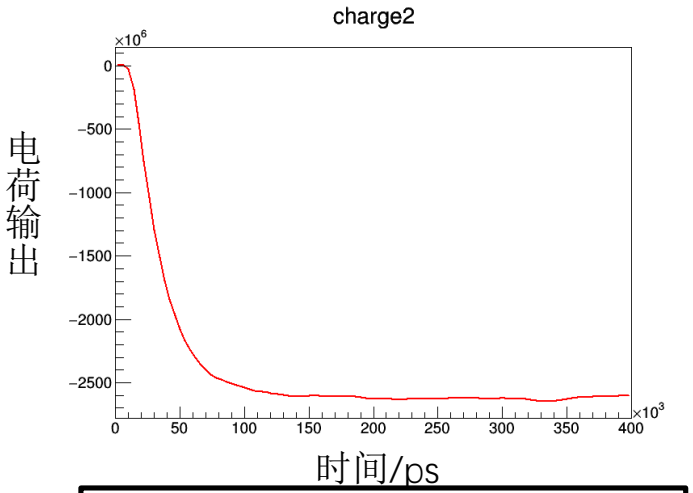
# 信号模拟



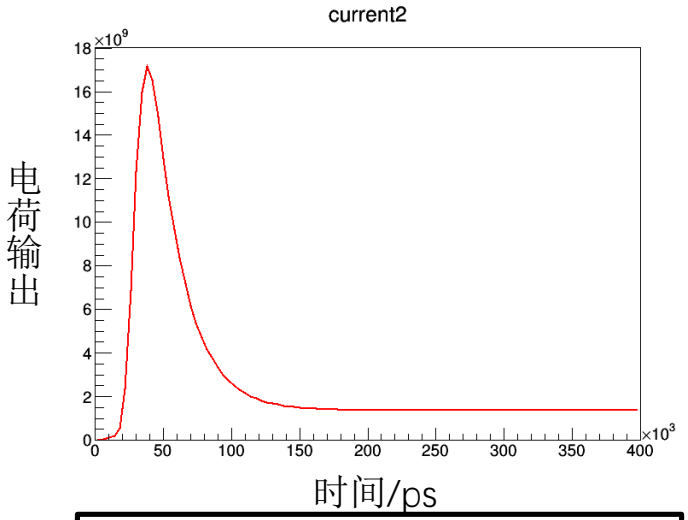

模拟产生的信号进行微分后的结果

# 信号模拟

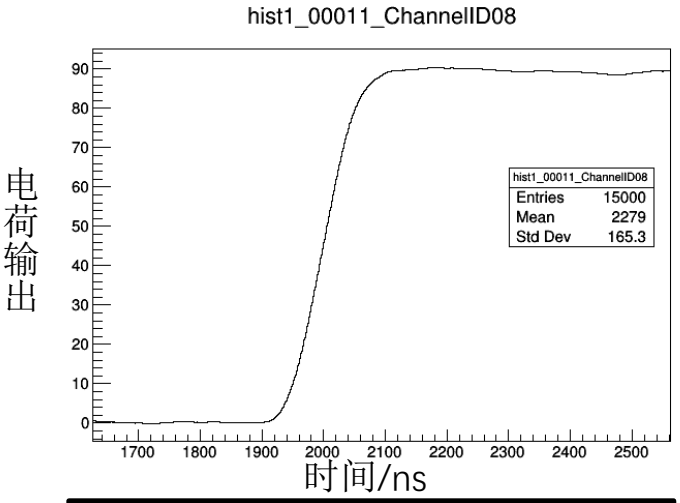
## 模拟输出与实际输出对比



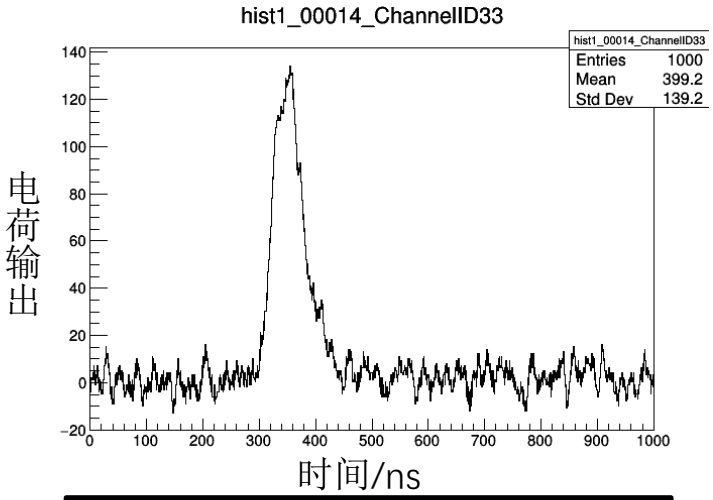

卷积后的电荷输出




卷积后的电流输出




实验中的电荷输出




实验中的电流输出

# 信号模拟

可实现功能

## 载流子输运情况/感应信号模拟

- 不同结构半导体探测器（如p-i-n型、电流型、肖特基型等）
- 不同能量、不同种类带电粒子
- 不同入射面（正面入射、背面入射）
- 不同偏置电压
- 不同厚度死层/未耗尽区
- 可调节步长
- 不同电子学（传递函数）

# 总结与展望

- **模拟的优化**
  - 完善模型，将不同偏压下的电容变化加入模拟过程，建立探测器的输出幅值信息与感应电荷之间的联系
  - 给出不同粒子的模拟事件带，与实际相对比
  - 从一维转化为二维或者三维
  - 考虑加入缺陷、极化效应等方面的影响
- **文章的撰写**

# 谢 谢 !