

利用白光中子源测量芯片的 翻转截面

报告人：刘毓萱

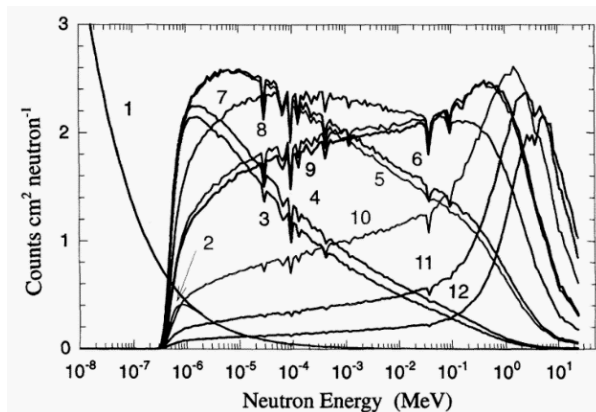
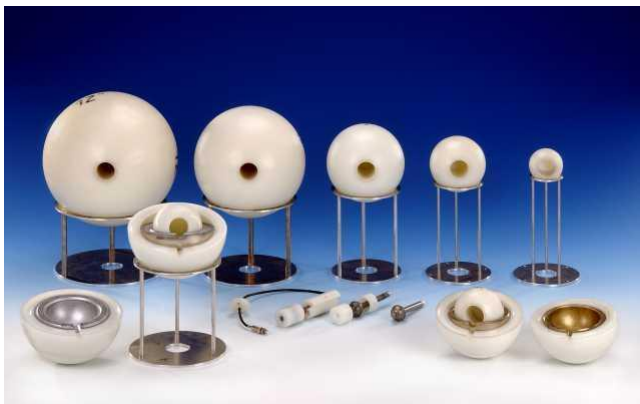


CONTENS



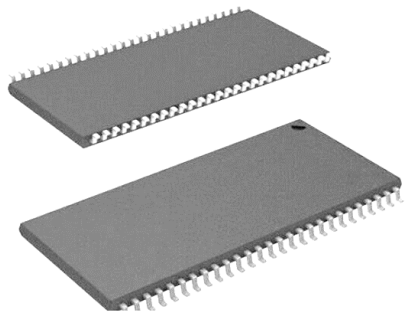
- 1、背景介绍
- 2、实验设计
- 3、实验结果
- 4、总结展望

背景介绍

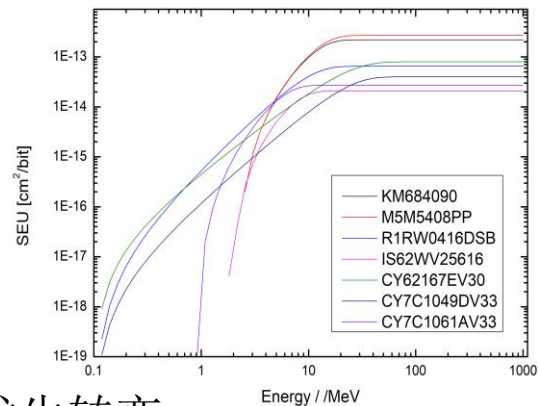
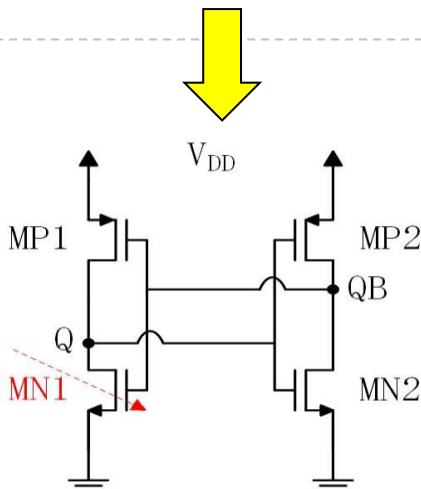


多球谱仪法：一个探测器配合多个慢化球

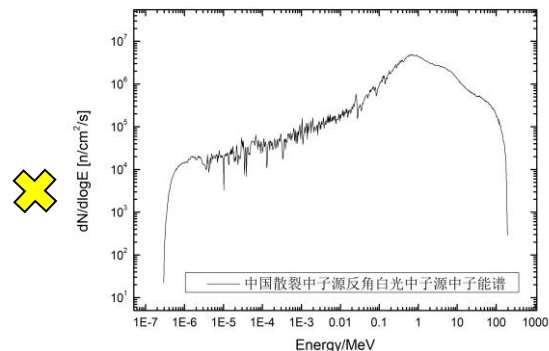
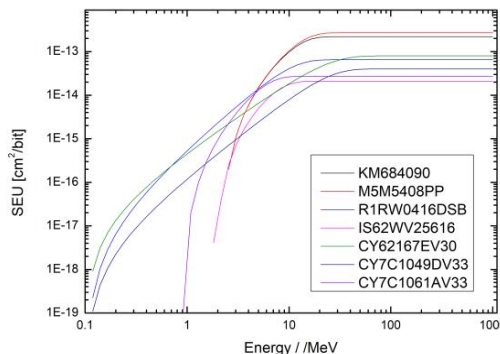
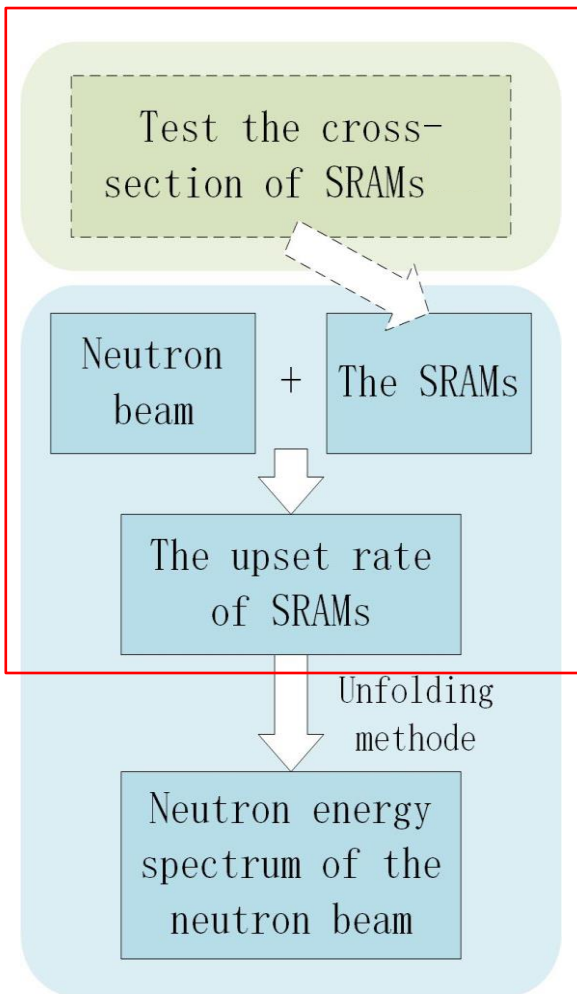
- 体积庞大、不易携带
- 操作复杂



- **SRAM单粒子翻转：**当高能粒子入射存储器件时，导致器件内存储的数字信号发生转变。



奇异值矩阵方法—SVD



- SRAM的翻转截面，四参数韦伯函数拟合：

$$\sigma(E_n) = \sigma_{sat} \left(1 - \exp\left(-\left(\frac{E_n - E_{th}}{\alpha}\right)^\beta\right)\right)$$

σ_{sat} 为SRAM翻转饱和截面， E_{th} 为导致翻转发生的阈值能量， α 和 β 均为形状因子。

- 每个能量bin内的中子数目 f_i 乘该SRAM对这个能量的中子的响应 R_{ki} ，然后在整个能量范围内累加，即得到该SRAM的翻转率

$$N_k = \sum R_{ki} f_i$$

➤ 奇异值矩阵方法—SVD

Test the cross-section of SRAMs^[3]

Neutron beam

+

The SRAMs

The upset rate of SRAMs

Unfolding method

Neutron energy spectrum of the neutron beam

$$N_k = \sum R_{ki} f_i \Rightarrow \mathbf{N} = \mathbf{R}\mathbf{F} \Rightarrow \mathbf{F} = \mathbf{N}\mathbf{R}^{-1}$$

矩阵R不可逆

奇异值分解（SVD）法：

SVD是对矩阵进行分解。求解时需要先对R进行奇异值分解（对应方阵的 $A = W\Sigma W^{-1}$ ）：

$$\mathbf{R} = \mathbf{U}\mathbf{S}\mathbf{V}^T$$

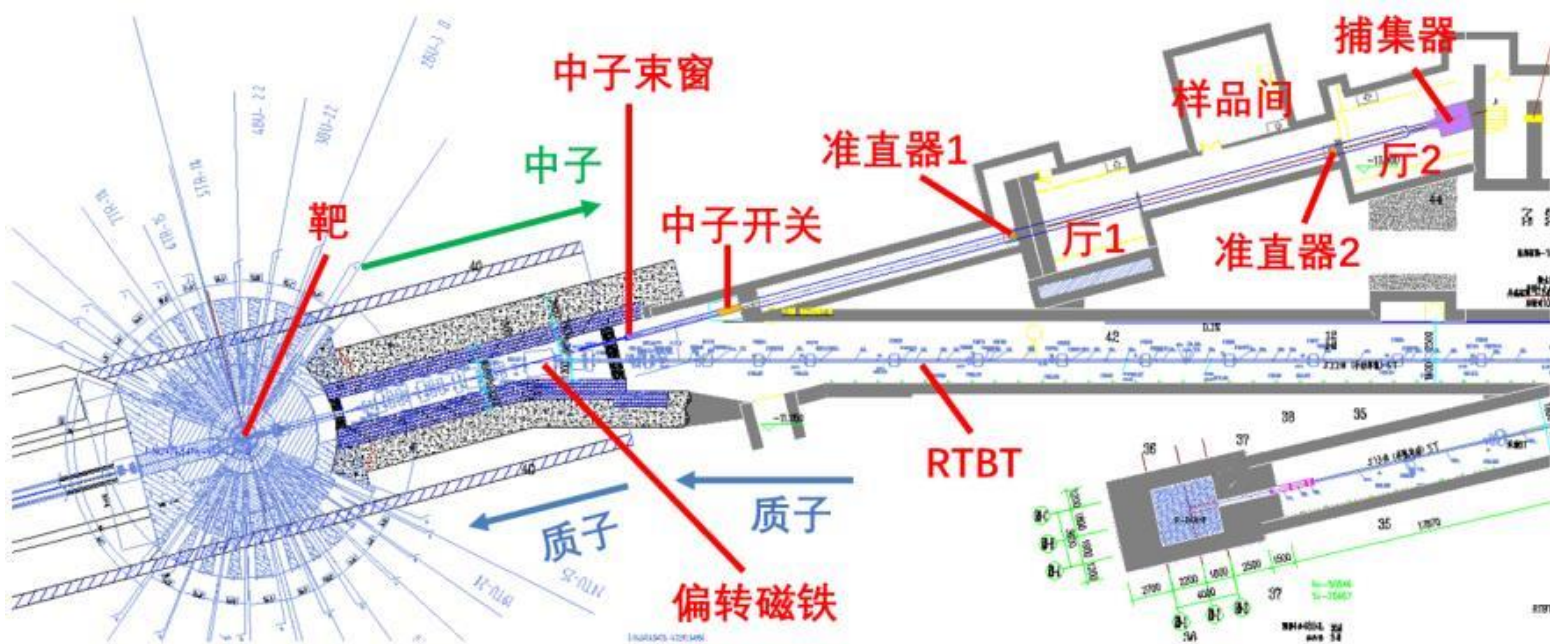
矩阵R是不可逆，但是分解后的 $\mathbf{U}\mathbf{S}\mathbf{V}^T$ 可逆。

即先求矩阵R的伪逆矩阵： $R^+ = VS^+U^T$ 随之对矩阵F进行求解：

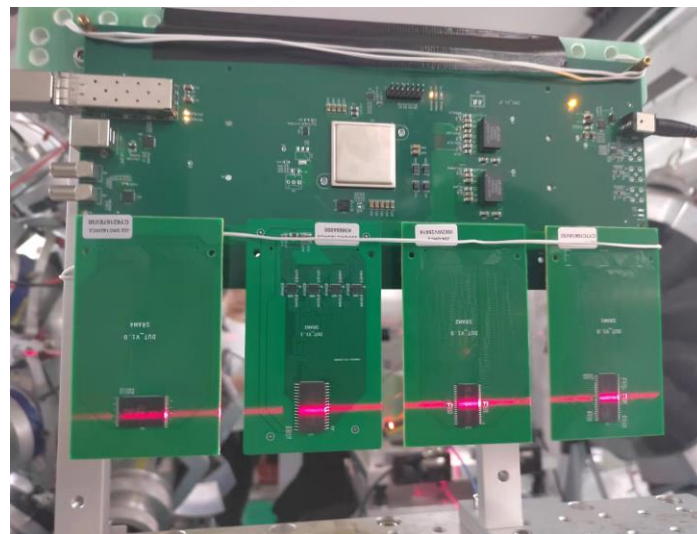
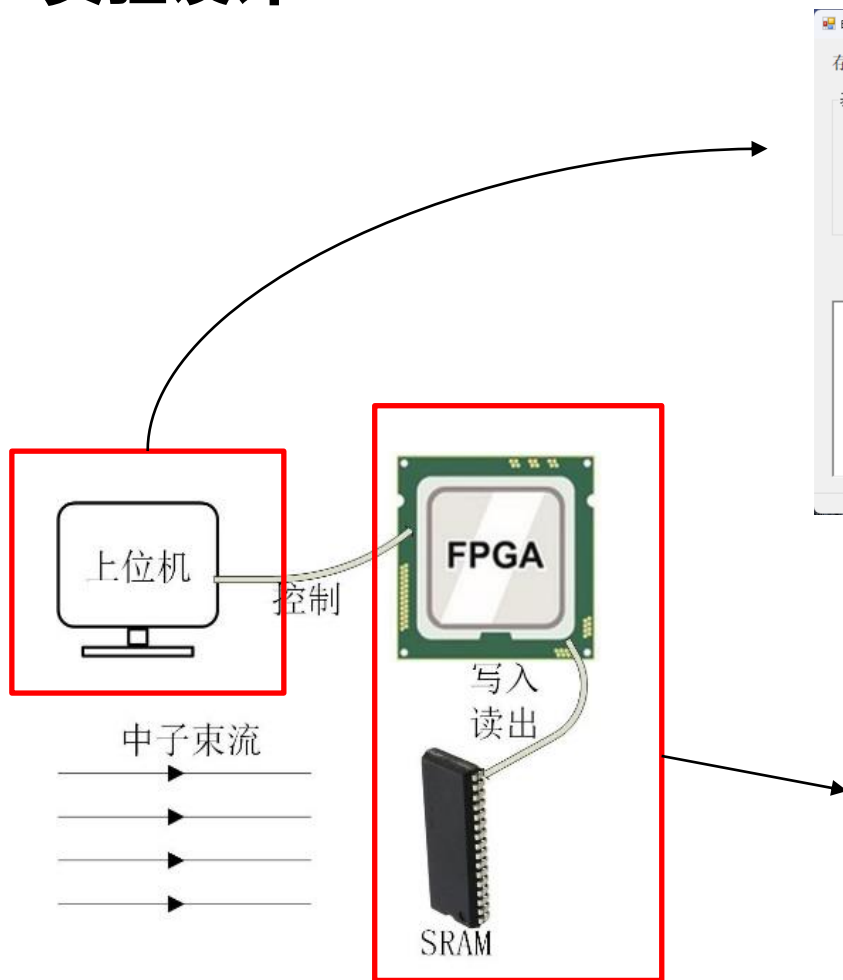
$$F^+ = R^+N = VS^+U^TN$$

- 求解白光中子能谱，即已知 N_k 和 R_{ki} 求解 f_i

CSNS Back-n白光中子实验



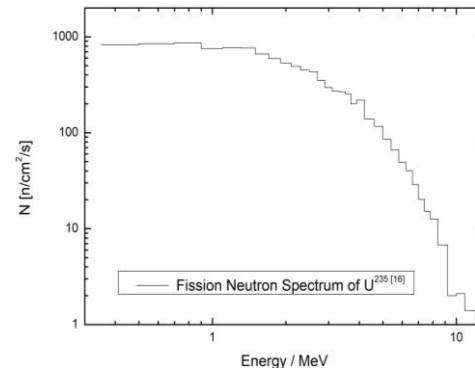
实验设计



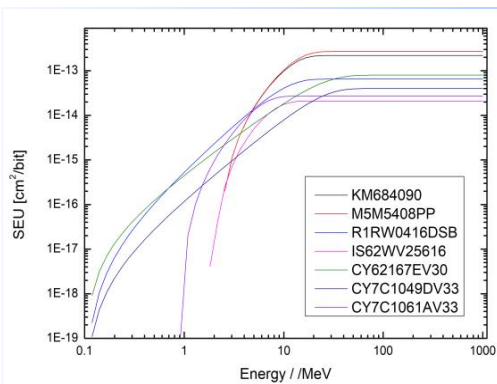
不同SRAM参与解谱

$$\sigma(E_n) = \sigma_{sat} \left(1 - \exp\left(-\left(\frac{E_n - E_{th}}{\alpha}\right)^\beta\right)\right)$$

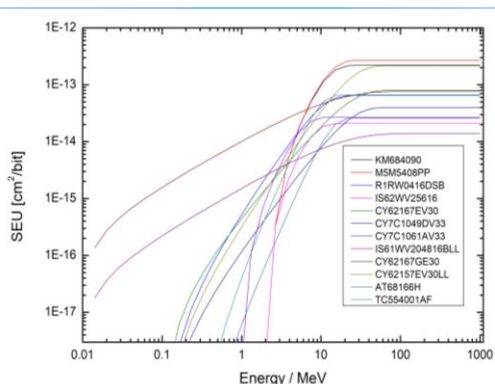
DEVICE	σ_{sat} $\times 10^{-14}$	E_{th}	α	β
KM684000	22.0	2.2	10	2.1
M5M5408PP	27.0	2.2	11	2.1
IS62WV25616	6.50	0.1	10	2
R1RW0416DSB	2.10	1.9	6	2
CY62167EV30	4.00	0.1	23	1.6
CY7C1049DV33	8.00	0.1	30	1.8
CY7C1061AV33	2.70	0.9	7.3	2.55
IS61WV204816BLL	1.4	0.01	14.05	0.82
CY62167GE30	7.73	0.01	11.57	0.80
CY62157EV30LL	21.6	0.1	24.22	1.98
AT68166H	2.60	0.2	13.08	2.99
TC554001AF	6.60	0.2	9.25	3.02



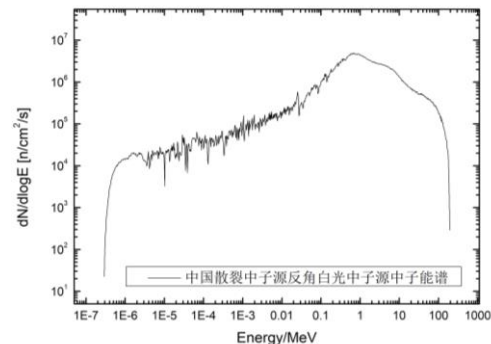
235U裂变中子谱



7种不同的SRAM的翻转截面

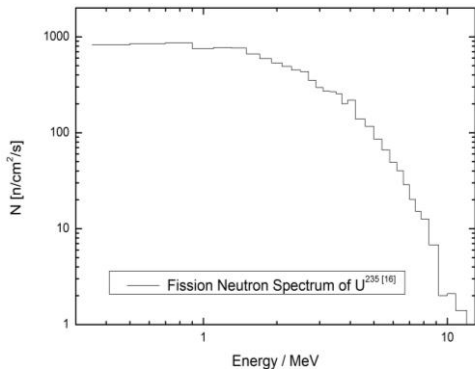


12种不同的SRAM的翻转截面

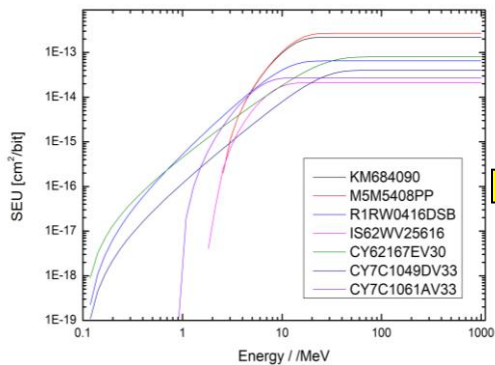


中国散裂中子源反角白光中子能谱

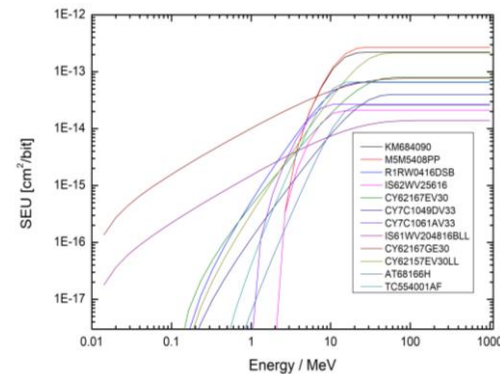
不同种SRAM参与解谱²³⁵U裂变中子谱



²³⁵U裂变中子谱



7种不同的SRAM的翻转截面

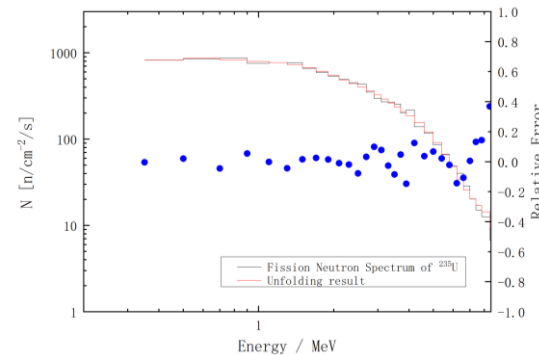
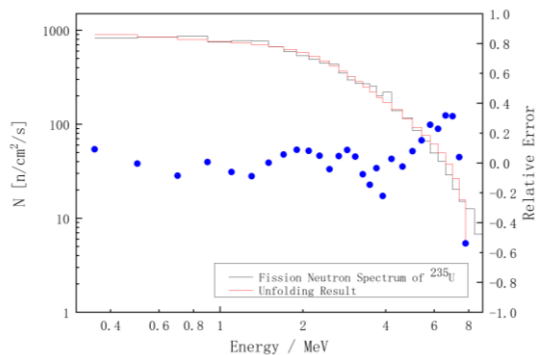


12种不同的SRAM的翻转截面

- 每个能量bin内的相对误差表示为:

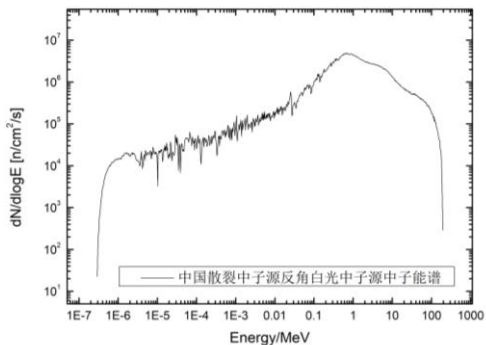
$$RE(i) = (N'_i - N_i) / N_i$$

- ²³⁵U裂变中子谱34个能量bin

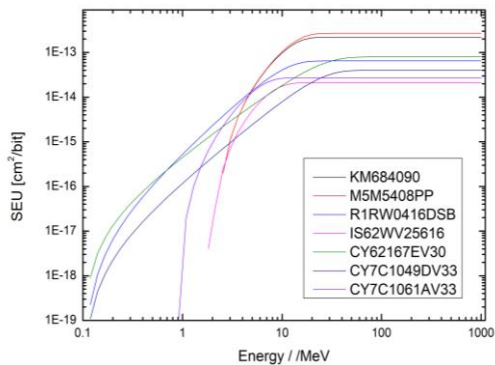


²³⁵U裂变中子谱解谱结果和每个能量bin内的相对误差

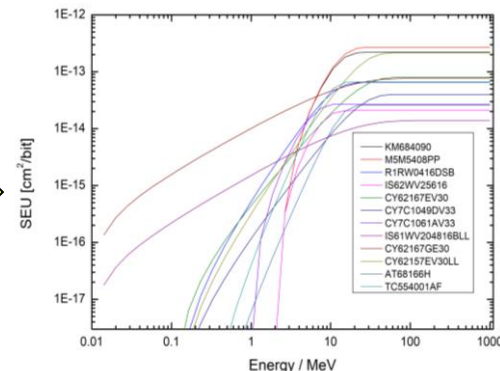
不同种SRAM参与解谱反角白光中子能谱



中国散裂中子源反角白光中子能谱



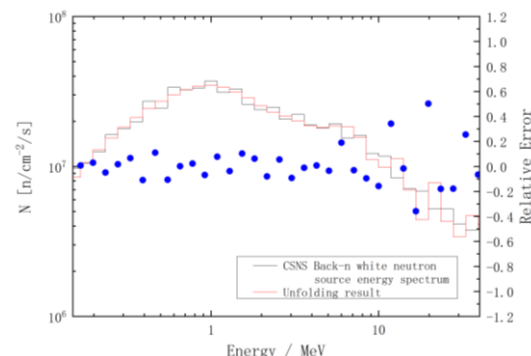
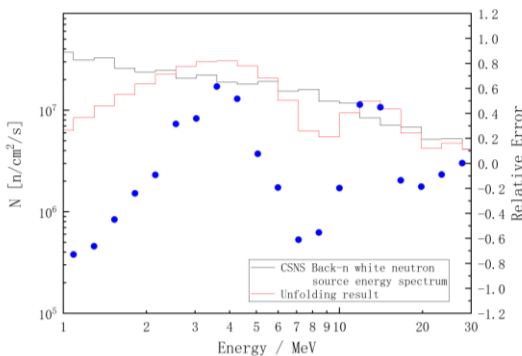
7种不同的SRAM的翻转截面



12种不同的SRAM的翻转截面

- 反角白光中子能谱能量范围为 0.5eV~200MeV, 55个能量bin

- ²³⁵U 裂变中子能谱更贴近SRAM的敏感区
- ²³⁵U 裂变中子谱的能量bin数目更少



反角白光中子能谱解谱结果和每个能量bin内的相对误差

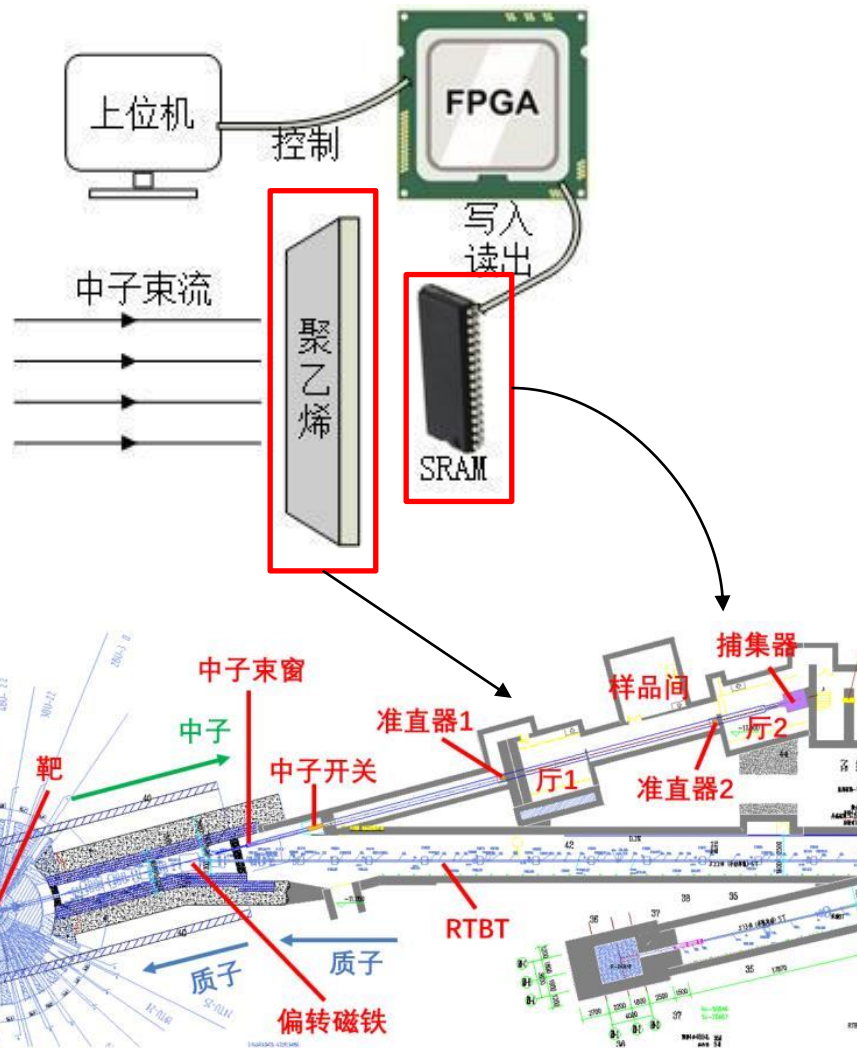
翻转截面测试示意图

$$N_k = \sum R_{ki} f_i \rightarrow \mathbf{N} = \mathbf{R}\mathbf{F}$$

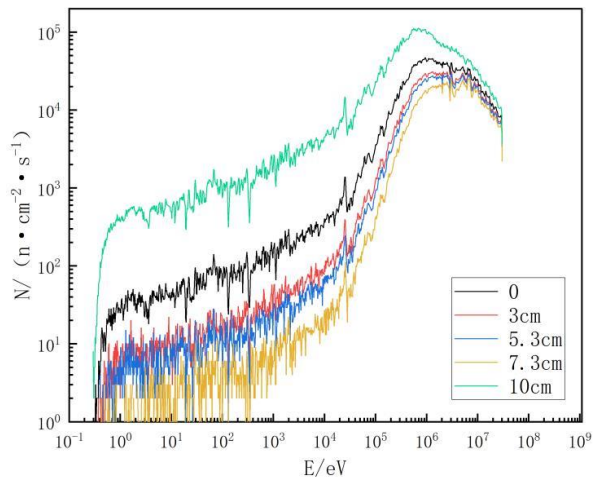
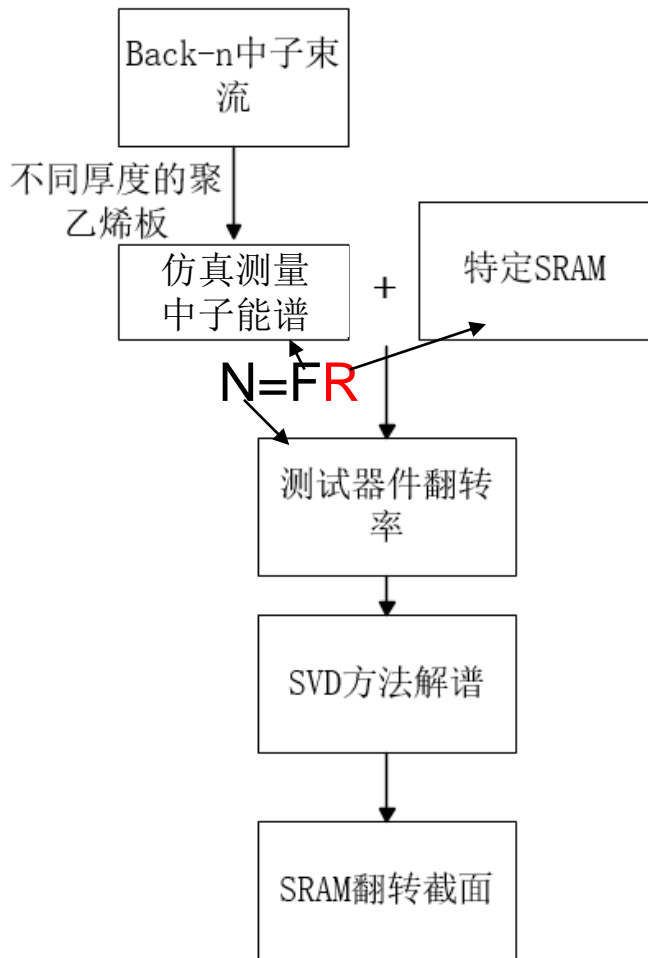
↓ 欠定方程求解

更多已知翻转截面的SRAM

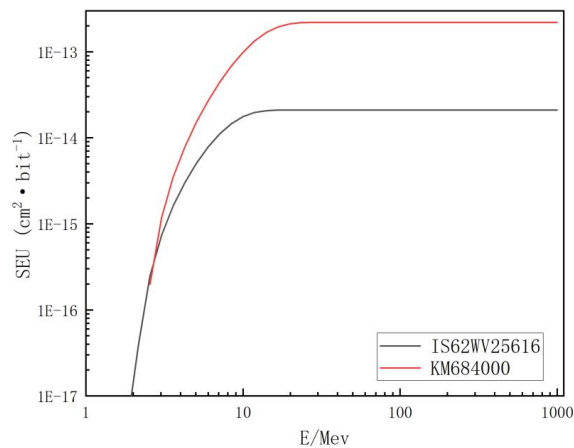
- 单能中子源测试
 - 能量范围很窄
 - 环境因素
- TOF技术
 - 终止时间依赖于FPGA的读取速度
 - 在 高能段具有很大误差



翻转截面测试

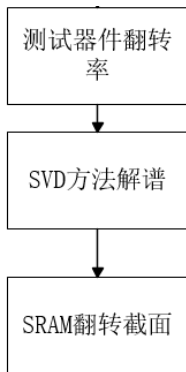


通过不同厚度聚乙烯下中子能谱的仿真结果



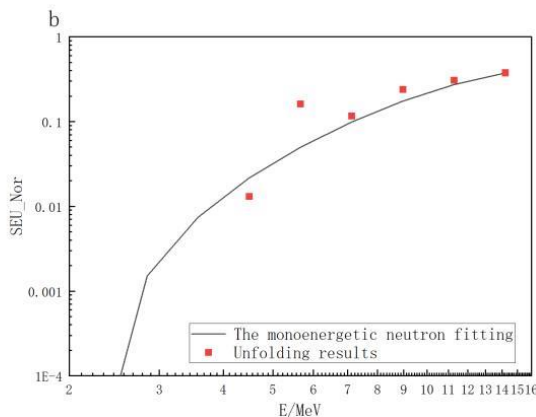
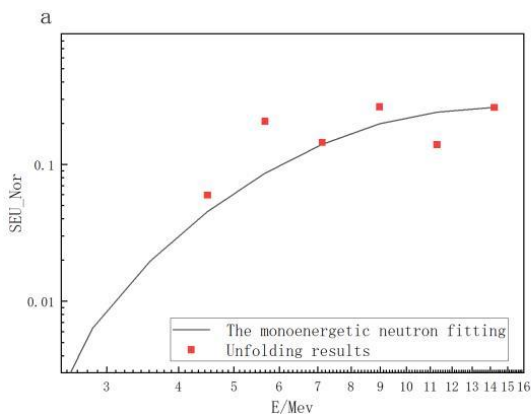
KM684000 和 IS62WV25616 翻转截面

实验结果



不同厚度聚乙烯下 SRAM 翻转率测试结果

Polyethylene thickness /cm	KM684000 Upset rate/min	IS62WV25616 Upset rate/min
0	1.67	2.97
3	1.03	2.22
5.3	0.75	1.73
7.3	0.65	1.48
10	0.48	1.11



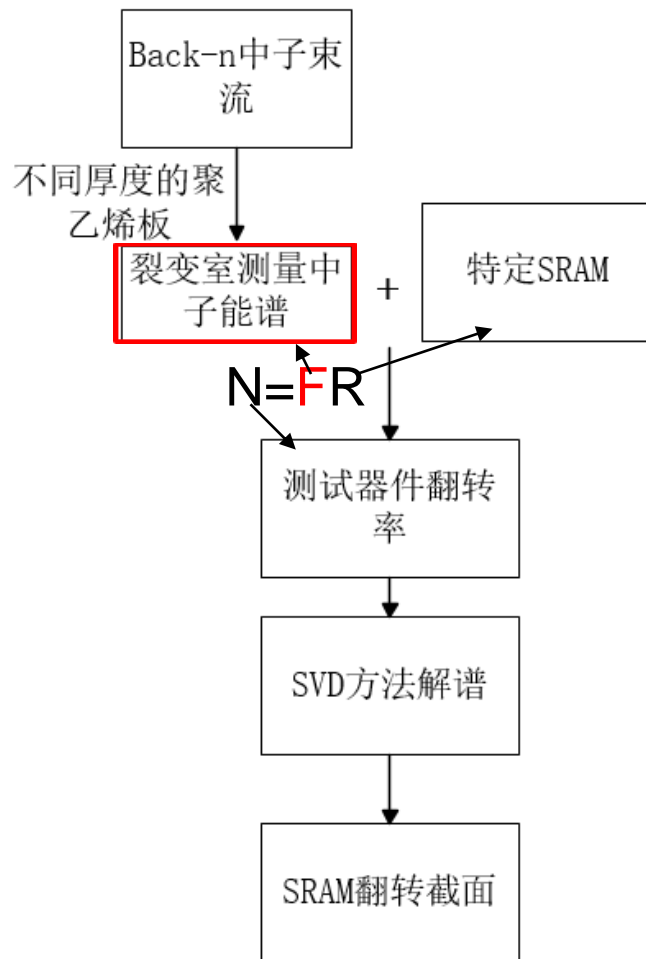
翻转截面求解结果与单能中子拟合翻转截面对比

- 求解结果在14Mev 处归一
- 在 4 MeV—15MeV能量范围内，翻转截面信息基本吻合

总结展望

- 总结：
 - 验证了采用SRAM测量中子能谱的理论可行性:成本更低, 操作更加方便
 - 提出一种操作更方便的 SRAM 翻转截面测试方法: 成本低、实验条件简单

- 展望：
 - 低能加速器中子源, 硼中子俘获治疗中子源 (BNCT) 等低能中子源测量需求不断增加
 - 实验上详细测量通过聚乙烯改变中子能谱的中子通量



THANK YOU!

