

基于微通道板的快中子像探测器转换器的模拟研究

冉建玲¹ 卢小龙^{1,2} 马占文¹ 王伟¹ 张杰¹
王洁¹ 孟繁良¹ 张宇^{1,2} 姚泽恩^{1,2}

1 (兰州大学 核科学与技术学院 兰州 730000)

2 (兰州大学 教育部 中子应用技术工程研究中心 兰州 730000)

摘要 提出了一种由聚乙烯(Polyethylene, PE)转换器、微通道板(Microchannel Plate, MCP)电子增强器和 CCD (Charge-Coupled Device)相机组成的快中子照相像探测器新方案。采用 Geant4 软件模拟研究了 14.5 MeV 快中子入射在 PE 转换器上的出射质子产额、能谱随 PE 厚度的变化规律,确定了 PE 转换器的厚度范围和转换效率等重要参数。模拟结果显示,PE 转换器的厚度应该选择在 2.5 mm 左右,此时的转换效率约为 0.37%。采用 Geant4 软件模拟了 14.5 MeV 快中子入射在 PE 转换器的质子输运和质子在 MCP 中电子的产生和倍增过程,给出了 MCP 输出的电子束斑图像。模拟结果显示,由 PE 和 MCP 组成的转换器系统能将入射的快中子转换成电子束斑点阵信息,各电子束斑之间的界限清晰,单孔电子束斑直径略大于 MCP 孔径,即电子束斑点阵像素可以达到 MCP 孔径量级。

关键词 快中子照相, 聚乙烯转换器, 微通道板, 电子增益, 空间分辨

中图分类号 TL99

DOI: 10.11889/j.0253-3219.2015.hjs.38.090401

中子照相可检测 X 射线照相无法检测的被重元素物质包裹着的轻元素物质的分布及内部缺陷^[1]。中子照相一般分为冷中子照相、热中子照相、共振中子照相、快中子照相等几种类型^[2-6]。其中,热中子照相研究较多,已发展出较完善的热中子照相的像探测器和成像技术^[3,7]。与热中子照相相比,快中子能量高,穿透能力强,能处理更大体积样品的中子成像检测问题,具有更广泛的应用前景^[6,8-10]。

快中子照相系统研究涉及小型化快中子源、像探测器、图像重建算法等基本问题。其中,D-T 聚变反应在低的氘束流能量下即可实现高的快中子产额^[11],采用中子产额为 $10^{11} \text{ n}\cdot\text{s}^{-1}$ 的 D-T 加速器中子源可以产生满足快中子照相所需的能量约为 14.5 MeV 的快中子束^[12]。中子管具有结构简单、可小型化等优点,是一种备选的 D-T 中子源。但目前国内生产的中子管存在着中子产额偏低、寿命偏短等缺陷。因此,需进一步开发可更换氘靶的长寿命小型化 D-T 中子发生器。

快中子像探测器是需要解决的另一个重要问题之一。近年来已发展了光纤闪烁体转换器加 CCD (Charge-Coupled Device)相机探测器^[9,13]、GEM (Gas Electron Multiplier)探测器^[14]、

Micromegas 探测器^[15-16]、聚乙烯(Polyethylene, PE)转换器加半导体阵列探测器^[17]等多种形式的快中子像探测器。采用光纤闪烁体转换器和 CCD 相机的探测器空间分辨只达到 1-2 mm^[13]; GEM 和 Micromegas 探测器对 γ 射线较敏感,且气体雪崩放电会导致位置分辨下降。

在早先的研究中,微通道板(Microchannel Plate, MCP)已成功用于带电粒子的二维位置信息的探测^[18],并达到了较高的二维位置分辨。本工作将 PE 快中子-质子转换器和 MCP 的高位置分辨及高电子倍增相结合,提出一种新型二维快中子像探测器系统,希望将快中子照相的二维空间分辨率提升到微米量级。本文主要是通过蒙特卡罗模拟研究 PE 的转换效率及 MCP 输出电子束的空间分辨,为探测器的物理设计提供基础数据。

1 快中子照相微通道板像探测器结构及原理

提出的用于快中子照相的微通道板二维像探测器的基本结构如图 1 所示。由真空室、PE、转换器、MCP、荧光屏(Screen-SCR)、反射镜、CCD 相机等

国家自然科学基金(No.11375077)、国家重大科学仪器设备开发专项(No.2013YQ40861)、兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金(No.lzujbky-2015-bt07)资助

第一作者:冉建玲,女,1989 年出生,2015 年于兰州大学获硕士学位,主要研究领域为粒子物理与原子核物理

通讯作者:姚泽恩, E-mail: zeyao@lzu.edu.cn

收稿日期: 2015-03-17, 修回日期: 2015-04-23

元件组成。其工作原理为：入射的快中子与 PE 转换器中的氢发生弹性碰撞产生反冲质子，质子入射在 MCP 中产生二次电子并倍增，倍增后输出的电子轰击在荧光屏上发光，光子经反射镜进入 CCD 相机成像。本研究是对 PE 转换器效率、出射质子特性和 MCP 电子倍增等相关问题进行初步模拟研究。

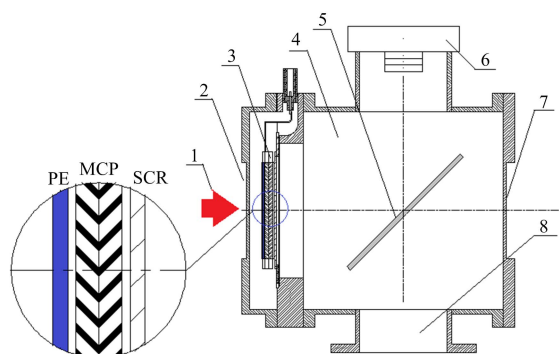


图1 微通道板快中子像探测器示意图

(1) 中子束, (2) 入射窗, (3) PE+MCP+SCR, (4) 真空室, (5) 反射镜, (6) CCD 相机系统, (7) 出射窗, (8) 真空抽气口

Fig.1 Schematic of the fast neutron imaging detector based on MCP.

(1) Neutron beam, (2) Entrance window, (3) PE+MCP+SCR, (4) Vacuum chamber, (5) Reflector, (6) CCD camera, (7) Exit window, (8) Vacuum pumping pot

2 PE 转换器的模拟

就所提出的快中子像探测器系统方案而言，转换器的最佳化是需要解决的首要问题。转换器的氢含量越高，反冲质子的产额越大，转换效率将越高。含氢量比较高的材料有石蜡、聚乙烯、聚丙烯、水等，其中聚乙烯熔点高且易于加工，故在本研究中选 PE 作为转换器材料。

14.5 MeV 快中子在 PE 转换器上产生的质子产额、能谱及角分布等参数是设计 PE 转换器的依据。为此，建立了如图 2 所示模拟模型，采用 Geant4 程序^[19]对 14.5 MeV 快中子入射在 PE 转换器上产生的出射质子的积分产额、能谱、角分布等参数进行模拟。模拟时设置截面直径为 0.01 mm，且中子通量均匀分布的 14.5 MeV 快中子入射在 PE 转换器（直径 5 mm，厚度可调）上，采用半径为 15 cm 的半球壳探测器记录出射质子的积分产额和平均能谱；在球壳上 0°–90° 设置了多个点探测器（每隔 5° 设置一个点探测器），记录了不同角度出射质子的相对产额，以给出出射质子角分布。

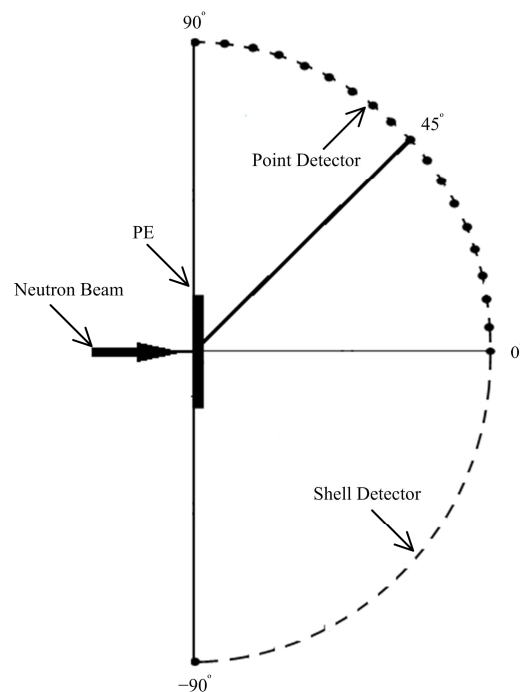


图2 模拟模型

Fig.2 Simulation model.

模拟得到的出射质子产额随 PE 厚度的变化数据如图 3 所示。不同 PE 厚度下出射质子的平均能谱模拟结果如图 4 所示。图 5 给出了不同 PE 厚度下出射质子的角分布。

由图 3 可见，当 PE 厚度小于 2 mm 时，出射质子积分产额随 PE 厚度显著增长，当 PE 厚度大于 2.5 mm 时，质子产额增长已不显著。由图 4 可见，当 PE 厚度小于 2.5 mm 时，随 PE 厚度增加质子能谱向低能区域移动，当厚度大于 2.5 mm 时，质子能谱已不再有明显变化。由图 5 可看出，出射质子角分布前倾，随 PE 厚度增大，角分布前倾更显著，PE 厚度 2.5 mm 和 3 mm 的角分布数据趋于一致。说明厚度大于 2.5 mm 时，角分布不会有显著变化。将图 5 中的角分布数据进行了拟合处理，并计算了每个角度范围的出射质子数占总质子数的比例，以 PE 厚度为 2.5 mm 为例，分布在 0°–15°、0°–30°、0°–45°、0°–60° 的质子数占总质子数比例分别约为 41.5%、79.9%、93.7%、97.5%。

按照转换器质子产额应尽可能高、质子能谱稳定、质子角分布尽可能前倾的原则，PE 转换器厚度应选在 2.5 mm 左右较为合适，此时，14.5 MeV 快中子在 PE 转换器上的质子转换效率约为 0.37%。

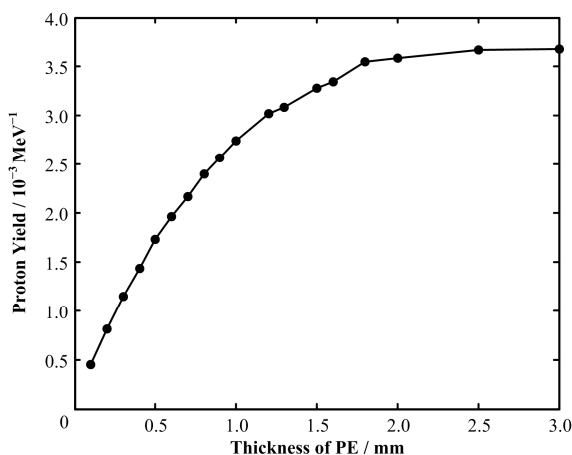


图3 反冲质子产额随 PE 厚度的变化
Fig.3 Yields of the recoiled protons as a function of PE thickness.

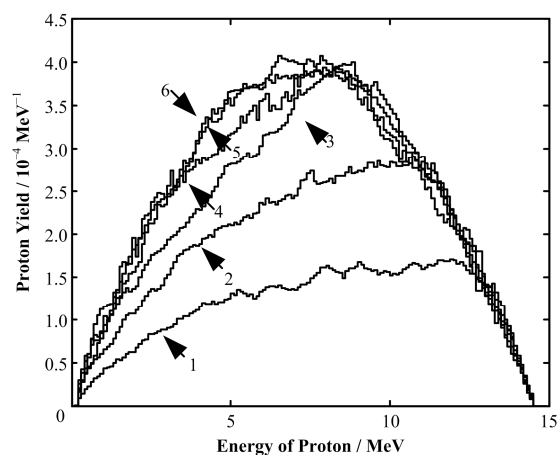


图4 不同厚度 PE 的反冲质子的能谱
(1) 0.5 mm, (2) 1.0 mm, (3) 1.5 mm, (4) 2.0 mm, (5) 2.5 mm, (6) 3.0 mm
Fig.4 Energy spectra of the recoiled protons from different PE thicknesses.
(1) 0.5 mm, (2) 1.0 mm, (3) 1.5 mm, (4) 2.0 mm, (5) 2.5 mm, (6) 3.0 mm

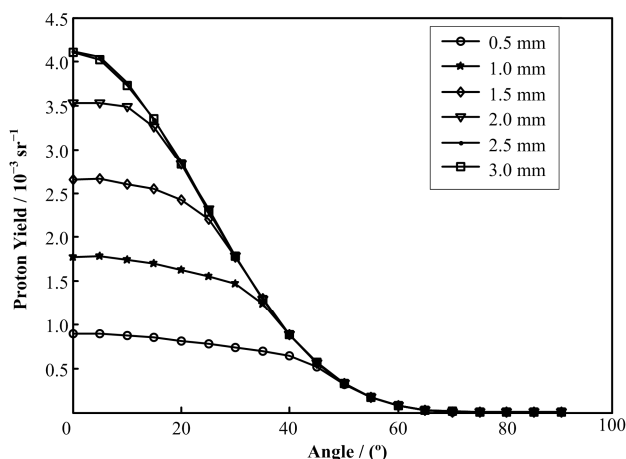


图5 不同厚度 PE 的反冲质子角分布
Fig.5 Angular distribution of the recoiled protons from different PE thicknesses.

3 MCP 材料二次电子发射模拟

质子及电子在 MCP 玻璃材料上产生的二次电子的发射系数关系到 MCP 电子倍增增益的大小及 MCP 输出信号的强弱,是探测器系统设计所需的基础数据。二次电子的发射系数与质子、电子的能量、入射角及 MCP 材料等有关。采用 Geant4 程序分别对不同入射角度、不同能量的质子和电子在 MCP 材料上产生的二次电子的发射系数进行了模拟。

根据图 4 中 PE 转换器出射质子能谱模拟结果,模拟时质子能量的取值设置为 0.01–14.5 MeV;为研究二次电子发射系数与质子入射角的关系,质子入射方向与 MCP 材料表面的夹角被分别设置为 6°、8°、12°;MCP 半导体玻璃按照通常所用材料配比的平均成分进行了输入(即 MCP 材料成分质量百分比为 48% SiO₂+32% PbO+7% Bi₂O₃+2.25% Na₂O+2.25% K₂O+2% Rb₂O+2% Cs₂O+3% BaO+1% Al₂O₃+0.5% As₂O₃)。另外,考虑到 MCP 在工作时,须在两端加 1 000–2 000 V 的高压,使电子得以加速,以提高电子的倍增效果,故模拟研究了电子能量取值为 1–2 000 eV 的二次电子发射系数。

不同能量质子在 MCP 材料上产生的初级二次电子的发射系数模拟结果如图 6 所示。由图 6 可以看出,质子与 MCP 材料表面的夹角越小,二次电子发射系数越大;电子产额随质子能量的增大快速增加达到最大值,随后快速减小。以 6° 入射角为例,在质子能量约为 0.012 MeV 附近,二次电子发射系数达到最大,约为 720;在质子能量小于 0.012 MeV 区域,二次电子发射系数随质子能量快速增长;在质子能量大于 0.012 MeV 区域,二次电子发射系数随质子能量增大快速减小。随着质子能量增高产生的二次电子产额下降的主要原因可能是:能量高的质子在 MCP 材料里面的穿透深度大,深部产生的二次电子无法逸出 MCP 材料所致。

由图 6 结果,为提高质子在 MCP 材料上产生的初级二次电子的发射系数,应该尽可能让 PE 转换器出射质子能谱向低能区移动,但由图 4 模拟结果可知,当 PE 转换器厚度大于 2.5 mm 时,质子能谱已不再有明显变化,此时大部分反冲质子的能量主要分布在 1–14.5 MeV,由图 6 中质子能量为 1–14.5 MeV 时的二次电子的发射系数模拟数据(图 6 中放大部分),粗略估计 14.5 MeV 快中子在 PE 转换器上产生的反冲质子在 MCP 孔中产生的初级二次电子的发射系数在 1–10。

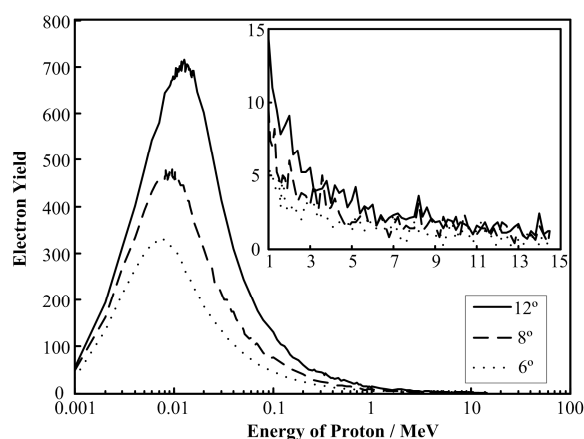


图6 电子产额随入射质子能量的变化
Fig.6 Electron yields as a function of the incident proton energy.

4 MCP 输出电子束斑图像模拟

为对 PE 转换器加 MCP 构成的像探测器的本征空间分辨给出估计, 采用 Geant4 程序开展了 MCP 输出电子束斑图像的模拟研究。建立了如图 7 所示的 Geant4 模拟模型, 即让一束均匀分布的能量为 14.5 MeV 的快中子束垂直入射在厚度为 2.5 mm 的 PE 转换器上, PE 转换器之后为两块呈“V”型的 MCP, MCP 的几何参数为: 每块 MCP 板厚度 2 mm, 微孔孔径 100 μm , 微孔倾角取为 6°, 微孔间 MCP 材料壁厚为 80 μm , MCP 两端加 2 000 V 电压以在孔中产生电场。在微通道板之后设置了一台电子计数器以记录电子的计数及位置, 计数器的像素取为 10 μm ×10 μm 。模拟时跟踪的中子数为 10^6 。

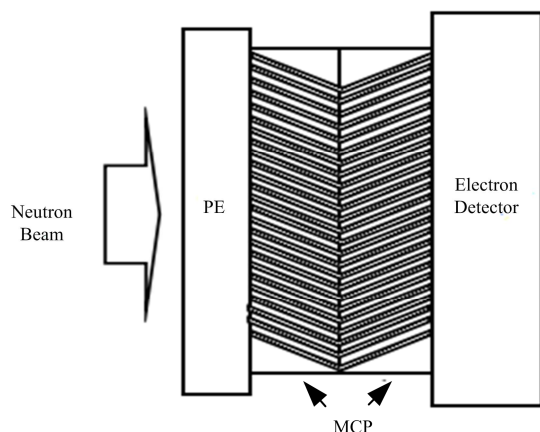


图7 电子成像的模拟模型
Fig.7 Simulation model for electronic imaging.

首先, 开展了 MCP 单孔电子倍增过程及电子束束斑图像的模拟, 即设置截面直径为 100 μm , 且均匀分布的 14.5 MeV 中子束正对着 MCP 的一个单

孔入射。模拟得到的 MCP 单孔输出电子计数约为 3.5×10^7 , 电子束束斑图像如图 8(a)所示, 电子束的主斑清晰可辨, 分布在直径略大于 100 μm 的圆内。还观察到在电子束主斑周围出现了少量电子形成的图像, 其原因可能是能量较高的反冲质子穿越了 MCP 微孔壁在相邻的微孔中产生的电子所致, 这种效应可能会对探测器的空间分辨产生负面影响。

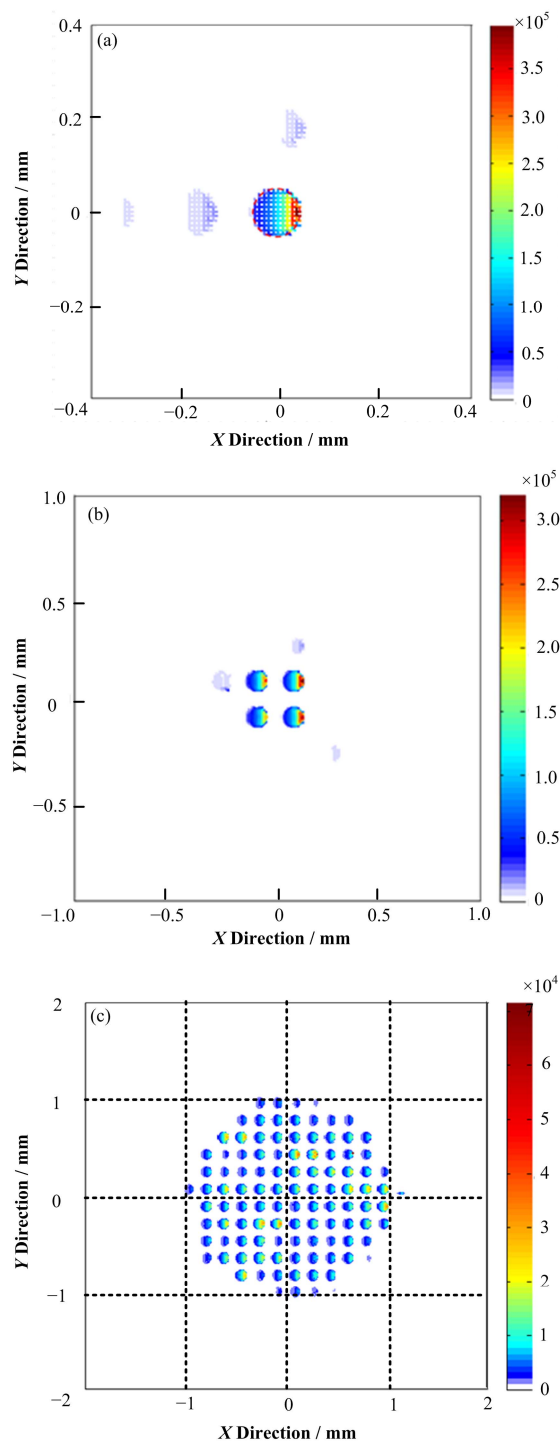


图8 电子束斑图像
中子束直径分别为 0.1 mm (a)、0.36 mm (b) 和 2 mm (c)
Fig.8 Imaging of electron beam spot. The diameters of the neutron beam are 0.1 mm (a), 0.36 mm (b) and 2 mm (c)

随后开展了大束斑中子束条件下 MCP 输出电子图像的模拟研究。分别让截面直径为 0.36 mm 和 2 mm 的均匀分布的中子束入射在 PE 板上, 即两个直径的中子束分别覆盖了 4 个和 95 个 MCP 微孔。模拟得到的电子束图像分别如图 8(b)和(c)所示。图 8(b)中 4 个 MCP 微孔的电子束斑边界清晰, 其直径略大于 MCP 微孔直径 100 μm , 同时也观察到了较高能量的质子穿越 MCP 微孔壁在邻近微孔中形成的干扰电子图像信息。图 8(c)中的 $\phi 2$ mm 直径快中子束形成的 95 个电子束斑分布在直径 $\phi 2$ mm 范围内, 各电子束斑之间分界清晰。

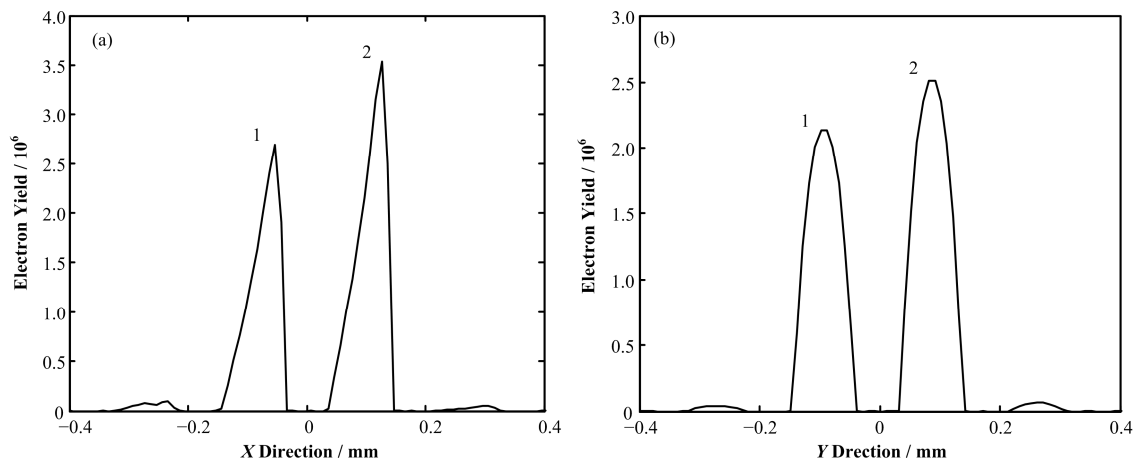


图 9 束斑的电子计数随 X (a)和 Y (b)坐标的变化曲线
Fig.9 Electron counts distribution of beam spot in X (a) and Y (b) direction.

5 结语

提出了一种由 PE 转换器、MCP 电子增强器、荧光屏和 CCD 相机组成的快中子照相像探测器新方案, 并对 PE 和 MCP 组成的转换器系统进行了模拟研究。采用 Geant4 软件模拟了 14.5 MeV 快中子入射在 PE 转换器上的出射质子产额、能谱随 PE 厚度的变化规律, 确定了 PE 转换器的厚度应该选择在 2.5 mm 左右, 对应的转换效率约为 0.37%。采用 Geant4 软件模拟了 14.5 MeV 快中子入射在 PE 转换器的质子输运和 MCP 中的电子产生和电子倍增过程, 给出了 MCP 输出电子束的束斑的图像。模拟结果验证了 PE 和 MCP 组成的转换器系统能够将入射的快中子转换成电子束斑点阵信息, 各电子束斑之间的界限清晰, 单孔电子束斑直径略大于 MCP 孔径, 验证了 PE 和 MCP 组成的转换系统像素可以达到 MCP 孔径量级。从电子束斑模拟图像中观察到了较高能量的质子穿越 MCP 微孔壁在邻近微孔中形成的干扰电子图像信息, 此效应对整个中子像探测器的空间分辨可能会产生影响, 需要进一步研究和实验验证。

为进一步定量分析电子束斑的大小, 选择图 8(b)中的两个电子束斑, 分别在其中心线上沿 X 和 Y 方向进行扫描, 给出了电子计数随 X 和 Y 坐标的变化曲线, 结果如图 9(a)和(b)所示。图 9(b)中电子计数随 Y 坐标的变化曲线呈现出很好的对称性, 图 9(a)中电子计数随 X 坐标的变化曲线对称性较差, 这可能是 MCP 开孔的倾角所致。图 9(a)中的 1 号和 2 号分布的半高宽约为 51 μm , 底宽约为 105 μm ; 图 9(b)中的 1 号和 2 号分布的半高宽分别约为 73 μm , 底宽约为 108 μm 。即电子束斑的最大直径略大于 MCP 微孔直径 100 μm 。

对所提出的像探测器方案, 其二维空间分辨还应该与荧光屏及 CCD 相机系统的参数及图像重建方法相关, 本文研究还没有涉及此部分研究内容。另外, 由转换器系统 MCP 输出的电子信息, 还可以采用位置分辨较高的二维电阻膜阳极板及电子学系统进行读出^[18], 再进行数据处理和图像重建。

参考文献

- 1 Liu Y, Sowerby B D, Tickner J R. Comparison of neutron and high-energy X-ray dual-beam radiography for air cargo inspection[J]. *Applied Radiation and Isotopes*, 2008, **66**(4): 463–473. DOI: 10.1016/j.apradiso.2007.10.005
 - 2 Kardjilov N, Hilger A, Manke I, et al. Industrial applications at the new cold neutron radiography and tomography facility of the HMI[J]. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, 2005, **542**(1–3): 16–21. DOI: 10.1016/j.nima.2005.01.005
 - 3 唐彬, 张松宝, 李西安, 等. 热中子照相成像系统的研制[J]. *核电子学与探测技术*, 2006, **26**(1): 84–86. DOI: 10.3969/j.issn.0258-0934.2006.01.021
- TANG Bin, ZHANG Songbao, LI Xi'an, et al.

- Development of imaging system of thermal neutron radiography facility[J]. Nuclear Electronics and Detection Technology, 2006, **26**(1): 84–86. DOI: 10.3969/j.issn.0258-0934.2006.01.021
- 4 Chen G Y, Lanza R C. Fast neutron resonance radiography for elemental imaging: theory and applications[J]. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2002, **49**(4): 1919–1923. DOI: 10.1109/TNS.2002.801696
 - 5 邹宇斌, 唐国有, 胥建国, 等. 快中子共振成像实验研究[J]. 原子能科学技术, 2008, **42**(增): 17–20
ZOU Yubin, TANG Guoyou, XU Jianguo, *et al.* Experimental study of fast neutron resonance radiography[J]. Atomic Energy Science and Technology, 2008, **42**(Suppl): 17–20
 - 6 Sowerby B D, Ticker J R. Recent advances in fast neutron radiography for cargo inspection[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2007, **580**(1): 799–802. DOI: 10.1016/j.nima.2007.05.195
 - 7 Guo Z Y, Zou Y B, Lu Y R. Neutron radiography with compact accelerator at Peking University: problems and solutions[J]. Physics Procedia, 2012, **26**(1): 70–78. DOI: 10.1016/j.phpro.2012.03.011
 - 8 蒋诗平, 陈亮, 陈阳, 等. 快中子照相的实验研究[J]. 核技术, 2005, **28**(2): 151–154
JIANG Shiping, CHEN Liang, CHEN Yang, *et al.* Experimental study on fast neutron radiography[J]. Nuclear Techniques, 2005, **28**(2): 151–154
 - 9 Lehmann E, Frei G, Nordlund A, *et al.* Neutron radiography with 14 MeV neutrons from a neutron generator[J]. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2005, **52**(1): 389–393. DOI: 10.1109/TNS.2005.843635
 - 10 魏国海, 韩松柏, 贺林峰, 等. 核燃料元件模拟件的中子照相无损检测[J]. 核技术, 2013, **36**(7): 070204. DOI: 10.11889/j.0253-3219.2013.hjs.36.070204
WEI Guohai, HAN Songbai, HE Linfeng, *et al.* Non-destructive testing dummy nuclear fuel rods by neutron radiography[J]. Nuclear Techniques, 2013, **36**(7): 070204. DOI: 10.11889/j.0253-3219.2013.hjs.36.070204
 - 11 姚泽恩, 岳伟明, 罗鹏, 等. 厚靶 $T(d,n)^4\text{He}$ 反应加速器中子源的中子产额、能谱和角分布[J]. 原子能科学技术, 2008, **42**(5): 400–403. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6931.2003.01.007
YAO Zeen, YUE Weiming, LUO Peng, *et al.* Neutron yield, energy spectrum and angular distribution of accelerator based $T(d,n)^4\text{He}$ reaction neutron source for thick target[J]. Atomic Energy Science and Technology, 2008, **42**(5): 400–403. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6931.2003.01.007
 - 12 刘洋, 沈飞, 杨尧, 等. D-T 快中子照相准直屏蔽体设计及中子束特性的模拟研究[J]. 核技术, 2011, **34**(4): 273–277
LIU Yang, SHEN Fei, YANG Yao, *et al.* Simulation of BSA design and beam characteristic for fast neutron radiography using a D-T neutron source[J]. Nuclear Techniques, 2011, **34**(4): 273–277
 - 13 郭利安, 张国辉, 邹宇斌, 等. 高效快中子转换屏的研制及其性能测试[J]. 原子能科学技术, 2009, **43**(3): 203–207
GUO Li'an, ZHANG Guohui, ZOU Yubin, *et al.* Manufacture and test of high efficiency fluorescent converter for fast neutron radiography[J]. Atomic Energy Science and Technology, 2009, **43**(3): 203–207
 - 14 Croci G, Claps G, Cavenago M, *et al.* nGEM fast neutron detectors for beamdiagnostics[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2013, **720**(1): 144–148. DOI: 10.1016/j.nima.2012.12.014
 - 15 Charpak G, Derre J, Giomatari Y, *et al.* Micromegas, a multipurpose gaseous detector[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2002, **478**(1): 26–36. DOI: 10.1016/S0168-9002(01)01713-2
 - 16 Zhou J R, Zhang Y, Hu B T, *et al.* The study of neutron CT with micromegas as a neutron detector[J]. Nuclear Physics Review, 2009, **26**(4): 322–326
 - 17 Uher J, Jakubek J, Koster U, *et al.* Detection of fast neutrons with the Medipix-2 pixel detector[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2008, **591**(1): 71–74. DOI: 10.1016/j.nima.2008.03.027
 - 18 贾昌春, 陈向军, 田善喜, 等. 基于微通道板的二维位置灵敏探测器的研制[J]. 核技术, 1999, **22**(3): 153–156
JIA Changchun, CHEN Xiangjun, TIAN Shanxi, *et al.* Development of a two-dimensional-sensitive detector based on MCP[J]. Nuclear Techniques, 1999, **22**(3): 153–156
 - 19 Introduction to Geant4[EB/OL]. [http://geant4.web.cern.ch/geant4/support/Introduction To Geant4. shtml](http://geant4.web.cern.ch/geant4/support/Introduction%20To%20Geant4.shtml), 2007-3-1

Simulation study on the converter of fast neutron imaging detector based on micro-channel plates

RAN Jianling¹ LU Xiaolong^{1,2} MA Zhanwen¹ WANG Wei¹ ZHANG Jie¹
WANG Jie¹ MENG Fanliang¹ ZHANG Yu^{1,2} YAO Zeen^{1,2}

1(School of Nuclear Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

2(Engineering Research Center for Neutron Application, Ministry of Education, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract Background: As a unique non-destructive testing technique, fast neutron radiography has been widely concerned in recent years. However, the fast neutron imaging detector with higher resolution and higher detection efficiency still needs to be researched. **Purpose:** A new fast neutron imaging detector consisting of a polyethylene (PE) converter and a microchannel plate (MCP), is proposed for 14.5-MeV fast neutron radiography. Simulation studies are conducted for the design aim. **Methods:** The yields and energy spectra of the recoil proton produced by 14.5-MeV fast neutron on the PE converter are simulated using Geant4 code. The yields and the energy spectra of the recoil proton under the different PE converter thicknesses are presented in order to determine the converter efficiency and the reasonable thickness of the PE converter. Less than 14.5 MeV, fast neutron incident, the electronic gain process in MCP is simulated using Geant4 code. In order to analyze spatial resolution, the electron beam spot images are recorded after MCP. **Results:** The simulation results show that the thickness of PE converter should be selected in the range of 2.5 mm, and the converter efficiency is about 0.37%. The electron images show that the electron beam spot diameter is slightly bigger than MCP aperture. **Conclusion:** It can be predicted that the spatial resolution of the detector is close to MCP aperture.

Key words Fast neutron radiography, Polyethylene converter, MCP, Electron gain, Spatial resolution

CLC TL99