อานนท์ สงมูลนาค : การพัฒนาหัววัดอนุภาคแบบ Monolithic Active Pixel Sensors (MAPS) เพื่อประยุกต์ใช้ในเครื่องสร้างภาพตัดขวางจากโปรตอนโดยอาศัยคอมพิวเตอร์ (DEVELOPMENT OF MONOLITHIC ACTIVE PIXEL SENSORS (MAPS) DETECTOR FOR APPLICATIONS IN PROTON COMPUTED TOMOGRAPHY). อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิโนรัตน์ กอบเดช, 105 หน้า.

คำสำคัญ: หัววัดอนุภาค/ เครื่องสร้างภาพตัดขวาง/ ลำอนุภาคโปรตอน/ การหาเส้นทางอนุภาค

เครื่องสร้างภาพตัดขวางจากโปรตอนด้วยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือสร้างภาพ 3 มิติทางการแพทย์ เพื่อใช้ในการวินิจฉัยผู้ป่วยเพื่อเตรียมเข้ารับการรักษาด้วยโปรตอน ในการถ่ายภาพรายละเอียดของผู้ป่วยด้วยวิธีนี้ ความถูกต้องในการวัดเส้นทางและพลังงานของอนุภาคโปรตอนเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก ในงานวิจัยนี้ โปรแกรม GATE ที่เป็นโปรแกรมสำหรับการจำลองแบบวิธีมอนติคาร์โล ซึ่งสร้างมาจากชุดเครื่องมือของโปรแกรม GEATN4 ถูกใช้เพื่อจำลองการทดลองหัววัดอนุภาคเพื่อเตรียมการสำหรับการสร้างเครื่องมือทดลอง จากผลลัพธ์ของความถูกต้องของเส้นทางอนุภาคที่คำนวณได้พบว่ามีค่าลดลงเมื่อเพิ่มจำนวนของอนุภาคปฐมภูมิ ดังนั้นการจำลองจึงบ่งบอกได้ว่าความเข้มข้นของแหล่งกำเนิดอนุภาคที่มีปริมาณน้อยมีความเหมาะสมกับเครื่องทดลองสร้างภาพตัดขวางจากโปรตอนด้วยคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตาม ลำอนุภาคโปรตอนที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยเพื่อกำจัดเซลล์มะเร็งนั้นมีความเข้มข้นสูงถึง 1 พันล้านอนุภาคต่อวินาที เพื่อที่จะให้หัววัดโปรตอนวัดสัญญาณของโปรตอนจำนวนขนาดนี้ได้นั้น หัววัดต้องมีความเร็วมากพอ ในการทดลองนี้ FPGA trigger สร้างสัญญาณเพื่อส่งไปยังหัววัดผ่านทาง DAQ บอร์ดแผ่นแรก สัญญาณความถี่ที่ใช้ให้ถูกตั้งไว้ที่ 9.5 กิโลเฮิรตซ์ เพื่อใช้ขีดสุดของอัตราการอ่านของหัววัด โดยที่แหล่งกำเนิดโปรตอนที่ใช้คือระบบ ProBeam™ ตั้งอยู่ที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย และแท่งอะคริลิค collimator ถูกใช้เพื่อลดจำนวนอนุภาคโปรตอน สัญญาณพื้นหลังและสัญญาณรบกวนถูกวัดในระบบห้องมืด อนุภาคที่ถูกวัดได้ในบริเวณพื้นที่ 2 ซิกมา ซึ่งเป็นบริเวณที่ถูกคำนวณด้วยการแจกแจงแบบเกาส์เซียน จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาเส้นทางของอนุภาคนั้น ๆ ในงานวิจัยนี้ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดโปรตอนถูกใช้ที่ 70 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ สำหรับค่าพลังงานต่ำสุดของเครื่องให้กำเนิดโปรตอน และ 200 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกับเครื่องสร้างภาพตัดขวางจากโปรตอนด้วยคอมพิวเตอร์ ถูกเลือกใช้ในการคำนวณหาเส้นทางของอนุภาคโปรตอน โดยจากผลการทดลองพบว่าในช่วงพลังงานทั้งคู่มีค่าความถูกต้องในการหาเส้นทางประมาณร้อยละ 70 และยังแสดงให้เห็นได้อีกว่า การทดลองของหัววัดอนุภาคแบบ MAPS นี้ สามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องต้นแบบของเครื่องสร้างภาพตัดขวางจากโปรตอนด้วยคอมพิวเตอร์ได้

สาขาวิชาฟิสิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ARNON SONGMOOLNAK : DEVELOPMENT OF MONOLITHIC ACTIVE PIXEL SENSORS (MAPS) DETECTOR FOR APPLICATIONS IN PROTON COMPUTED TOMOGRAPHY. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. CHINORAT KOBDAJ, Ph.D. 105 PP.

Keyword: telescope/ computed tomography/ proton beam/ track reconstruction

Proton computed tomography (pCT) is a three-dimensional medical imaging device used for diagnosing patients prior to proton therapy. Accurate tracking of proton paths and measuring their energy are crucial for reconstructing detailed diagnostic images. In this work, the Gate software, which is the Monte Carlo (MC) simulation and built from the GEANT4 toolkit, was used to model the telescope simulation and achieve the experimental construction. The correctness of reconstructed tracks in the simulation is decreased by increasing number of primaries. So, the simulation suggests that a low-intensity particle source is suitable for a pCT experiment. However, proton beam therapy, which delivers a precise beam of protons to destroy tumor cells, typically operates at a beam rate of around 10^9 protons/s. For identifying proton tracks from this pencil beam, the readout system of a proton detector must be fast enough to distinguish proton hit signals because of high beam rate. In this experiment, a field-programmable gate array (FPGA) trigger generated 9.5 kHz of trigger frequency to the telescope through the first data acquisition (DAQ) board. The proton beam scanning (PBS) from the ProBeam™ system at King Chulalongkorn Memorial Hospital (KCMH) in Bangkok, Thailand, served as the proton source, and an acrylic collimator was used to reduce the number of protons in the treatment beam. Background and noise were measured in the dark test for noise removal in detected signal. Track analysis was done on activated pixels within a 2-sigma area of a Gaussian beam model to find possible tracks in the apertured part. The study investigated the lowest treatment beam at 70 MeV and the transmission beam for pCT imaging at 200 MeV. In both cases, approximately 70% of the tracks were successfully completed. The experimental reconstruction results demonstrate the feasibility of developing the monolithic active pixel sensor (MAPS) telescope as a pCT prototype.

School of Physics
Academic Year 2022

Student's Signature _____
Advisor's Signature C. Kobdaj