เจตนิพิฐ แก้วใจ : การวิเคราะห์เซนเซอร์พิกเซลตอบสนองชนิดโมโนลิทิคสำหรับระบบตรวจจับทางเดินของอนุภาคชั้นใน (INVESTIGATION OF MONOLITHIC ACTIVE PIXEL SENSOR FOR INNER TRACKING SYSTEM). อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิโนรัตน์ กอบเดช, 105 หน้า.

คำสำคัญ: หัววัดอนุภาค/ เซนเซอร์พิกเซลตอบสนองชนิดโมโนลิทิค/ ประสิทธิภาพการตรวจจับอนุภาค/ ความละเอียดเชิงพื้นที่

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับเซนเซอร์พิกเซลตอบสนองชนิดโมโนลิทิคและการประยุกต์ใช้ในฟิสิกส์พลังงานสูง โดยมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาเทคโนโลยีเซนเซอร์สำหรับหัววัดอนุภาค ALICE ที่เครื่องเร่งอนุภาคขนาดใหญ่ โดยเซนเซอร์ต้นแบบรุ่นใหม่ที่ใช้กระบวนการผลิต CMOS 65 นาโนเมตร ได้รับการออกแบบสำหรับการปรับปรุงหัววัด ITS3 โดยมีการฝังชั้น deep p-well เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมประจุและลดงบประมาณวัสดุเหลือเพียง 0.05% X_0 ต่อชั้น นอกจากนี้ ต้นแบบเซนเซอร์นี้ยังใช้เทคนิคการต่อชิ้น (stitching) เพื่อสร้างเซนเซอร์ขนาดใหญ่ที่บางเป็นพิเศษ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่โครงสร้างทดสอบเซนเซอร์ชนิด APTS-SF ซึ่งมีจุดเด่นที่การอ่านค่าแบบอนาล็อกความเร็วสูง การทดสอบในห้องปฏิบัติการได้มีการปรับแต่งพฤติกรรมสัญญาณพัลส์ของเซนเซอร์โดยการปรับแรงดันไบอัสและแรงดันซับสเตรต เพื่อให้ได้ค่าไกความไวที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการตรวจจับอนุภาคได้อย่างแม่นยำ จากนั้น เซนเซอร์ถูกทดสอบกับแหล่งกำเนิดรังสี ^{55}Fe เพื่อวัดประสิทธิภาพการเก็บอนุภาค (CCE) โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันซับสเตรตมีผลกระทบต่อ CCE น้อยมาก แต่การเพิ่มแรงดันซับสเตรตสามารถเพิ่มค่าความกว้างของสัญญาณได้ นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลกระทบที่ชัดเจนต่อประสิทธิภาพของเซนเซอร์ การศึกษาความทนทานต่อรังสีของเซนเซอร์ดำเนินการโดยการฉายลำโปรตอนพลังงาน 70 MeV ที่ KCMH ภายใต้ปริมาณรังสีรวมที่ 100 krad และ 500 krad พบว่า CCE ลดลงเมื่อได้รับปริมาณรังสีที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีการทดสอบเซนเซอร์กับลำอิเล็กตรอนพลังงาน 1.2 GeV ที่สถานีทดสอบเซนเซอร์ BTF ของสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน แต่ไม่ได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม การทดสอบกับลำพลังงาน 120 GeV จากเครื่องเร่งอนุภาค ณ CERN SPS พบว่าเซนเซอร์มีค่าประสิทธิภาพการตรวจจับอนุภาคที่ 99% แม้จะได้รับปริมาณรังสีรวมสูงถึง 300 Mrad โดยเซนเซอร์ทำงานได้ดีที่สุดที่ค่าขั้นต่ำที่ 100 อิเล็กตรอน พร้อมกับค่าความต่างศักย์ย้อนกลับที่ -4.8 V ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดระหว่างประสิทธิภาพการตรวจจับอนุภาคและความละเอียดเชิงพื้นที่ งานวิจัยนี้มีส่วนสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยี MAPS สำหรับการอัปเกรดการทดลองทางฟิสิกส์พลังงานสูงในอนาคต โดยให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับกลไกการเก็บประจุ ความทนทานต่อรังสี และเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมที่สุด

สาขาวิชาฟิสิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา เจตนิพิฐ แก้วใจ

ปีการศึกษา 2567 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ชิโนรัตน์ กอบเดช

JETNIPIT KAEWJAI : INVESTIGATION OF MONOLITHIC ACTIVE PIXEL SENSOR FOR INNER TRACKING SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. CHINORAT KOBDAJ, Ph.D. 105 PP.

Keyword: pixel sensor telescope/ monolithic active pixel sensor (MAPS)/ detection efficiency/ spatial resolution

This dissertation presents an in-depth investigation of Monolithic Active Pixel Sensors (MAPS) and their application in high-energy physics experiments, focusing on advancements in sensor technology for the ALICE experiment at LHC. A new MAPS prototype, developed using 65 nm CMOS imaging process technology, was designed for the ITS3 upgrade, incorporating a deep p-well implant to enhance charge collection and reduce the material budget to 0.05% X_0 per layer. The prototype also employs innovative stitching techniques to fabricate a large-area, ultra-thin sensor. The study specifically examines the Analog Pixel Test Structure—Source Follower (APTS-SF) sensor, characterized by its high-speed analog readout. Laboratory tests optimized the sensor's pulsing behavior through variations in bias voltage and substrate voltage, achieving an optimal trigger threshold for precise particle detection. The sensor was tested with an ^{55}Fe radioactive source to evaluate CCE. Results indicate minimal impact of substrate bias variation on CCE, although higher substrate bias improved signal amplitude. Radiation hardness studies were conducted using a 70 MeV proton beam at KCMH, exposing the sensor to total ionizing doses of 100 krad and 500 krad. The findings reveal a degradation in CCE with increasing radiation dose. Beam tests at SLRI further characterized the APTS sensor. While beam tests at the SLRI-BTF with a 1.2 GeV electron beam did not yield conclusive results, tests at CERN SPS using a 120 GeV pion beam demonstrated high detection efficiency (99%) despite irradiation with a total ionizing dose of 300 Mrad. The sensor operated optimally at a charge threshold of 100 electrons with a substrate bias of -4.8 V, balancing detection efficiency and spatial resolution. This work contributes to the ongoing development of advanced MAPS technology for future upgrades in high-energy physics experiments, providing key insights into charge collection mechanisms, radiation tolerance, and optimal sensor operating conditions.

School of Physics
Academic Year 2024

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