การใช้แคดเมี่ยมซัลไฟด์โฟโตคอนดัคติพเซลวัดปริมาณรังสี ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยของประเทศไทย

นายสุพัฒน์ ราชณรงค์

005907

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2518

i 18007181

USE OF CdS PHOTOCONDUCTIVE CELLS IN RADIATION DOSE RATE MEASUREMENT IN THE THAI RESEARCH REACTOR

Mr. Supat Rajanaronk

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

..... กรรมการ

..... กรรมการ

..... กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ศาสตราจารย์วิชัย หโยดม

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้แคดเมี่ยมซัลไฟด์โฟโตคอนดัคติพเซลวัดปริมาณรังสีในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยของประเทศไทย

ชื่อ นายสุพัฒน์ ราชณรงค์

ปีการศึกษา 2517

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาและทดลองว่า แคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลที่ใช้ในวงจรอีเลคตรอนิคส์เกี่ยวกับการควบคุมด้วยแสงนั้น เมื่อนำมาใช้วัดรังสีในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยจะใช้ได้ดีเพียงใด

ขณะที่แคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลกำลังได้รับรังสี ความต้านทานไฟฟ้าจะมีค่าลดลง ซึ่งอาจวัดความต้านทานที่กล่าวนี้โดยตรงหรือต่อวงจรอนุกรมประกอบด้วยเซลไฟฟ้า แคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลและเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า แล้วสังเกตกระแสไฟฟ้า โดสเรท ของรังสีแกมม่านั้นวัดด้วยฟริคโดสมีเตอร์และเทอร์โมลูมิเนสเซนท์โดสมีเตอร์ หาความสัมพันธ์ระหว่างโดสเรทกับความต้านทานไฟฟ้าของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซล หรือกับกระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรม

ผลการทดลองปรากฏว่าแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะใช้เป็นเครื่องวัดรังสีแกมม่า นิวตรอนเร็วซึ่งมีปะปนกับรังสีแกมม่าไม่มีผลต่อแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซล แคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลบางตัวมีความทนทานต่อรังสี ไม่เสื่อมคุณภาพแม้จะได้รับรังสีสะสมเกิน 1 ล้านแรดก็ตาม แต่ถ้าโดสเรทต่ำกว่า 1 แรดต่อนาที พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้าหรือกระแสจะเป็นไปอย่างเชื่องช้า นอกจากนั้นผลการทดลองแสดงว่าอุณหภูมิในบริเวณที่ทำการวัดรังสีจะมีผลต่อแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลอย่างมาก

Thesis Title Use of CdS Photoconductive Cells in Radiation Dose Rate Measurement in the Thai Research Reactor.

Name Mr. Supat Rajanaronk Department Physics

Academic Year 1974

ABSTRACT

The objective of this study is to test whether the cadmium sulphide cell which is used in electronics can also be used as a radiation detector in the nuclear reactor.

While the CdS cell is irradiated, its electrical resistance decreases. The resistance may be measured directly, or a series circuit is made consisting of a battery, a CdS cell and an electrical current indicator in order to observe the current. Dose rates were measured by Fricke dosimeter and thermoluminescence dosimeter. Thus, the relation between the dose rate and the resistance or the current are obtained.

Results show that the CdS cell is suitable for gamma-ray measurement. Fast neutrons have no effect on the CdS cell. Some CdS cells do not show any radiation damage effect after being exposed to more than 10^6 rad. At a dose rate lower than 1 rad/min, the time response of the CdS cell is very slow. Futher, the temperature seems to have a large effect on the CdS cell.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและแนะนำในด้านวิชาการและการทดลองจาก ศาสตราจารย์วิชัย หโยดม และ อาจารย์นงนุช รัตีวานิช หัวหน้ากองการวัด สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและปรึกษาเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือวัดรังสี การทดลองวัดปริมาณรังสีแกมม่าในท่อต่าง ๆ ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย จึงขอขอบพระคุณท่านทั้งสองไว้ ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณคุณวิมาลย์ ทองมิตร และเจ้าหน้าที่สำนักงานพลังงานปรมาณูทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทดลองครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

รายการตารางประกอบ ..... ฌ

รายการภาพประกอบ ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความมุ่งหมายหลัก 1

1.2 ความมุ่งหมายเฉพาะ 1

1.3 ขอบเขตและแผนการวิจัย 2

2. ปฏิกิริยาระหว่างรังสีแกมมากับสารและเครื่องมือวัดรังสีแกมมา 3

2.1 ปฏิกิริยาแบบโฟโตอีเลคตริก 3

2.2 การชนแบบคอมพ์ตัน 4

2.3 การเกิดอีเลคตรอนคู่ 6

2.4 หน่วยของรังสีแกมมาที่ผ่านสสาร 7

2.5 เครื่องมือวัดรังสีแกมมา 8

2.5.1 เครื่องมือวัดรังสีแบบเทอร์โมลูมิเนสเซนท์ 8

2.5.2 ฟริคโดสซิเมเตอร์ 12

หน้า

3. แคดเมี่ยมซัลไฟด์โฟโตคอนดัคติพเซล 15

3.1 คุณสมบัติทั่วไป 15

3.2 ทฤษฎีโฟโตคอนดัคติพวิตี้ 16

4. ทฤษฎีการคำนวณหาปริมาณรังสีแกมมาจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู 20

5. วิธีการศึกษาและวิจัย 26

5.1 การศึกษาแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซล (Cds cell) ที่นำมาใช้ในการวิจัย 26

5.2 ทดสอบความคงทนต่อรังสีก่อนนำไปใช้ทดลองวัดรังสี .. 27

5.3 การทดลองและวิจัย 28

5.4 การทดลองในท่อสนิพ (SNIF) 30

5.5 การทดลองในท่อรังสีแกมมา 38

5.6 การทดลองในท่อนิวตรอนช้า 46

6. การหาปริมาณรังสีแกมมา (dose rate) จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยโดยการคำนวณทางทฤษฎี 55

6.1 ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูและข้อมูลอื่น ๆ ที่จำเป็นในการคำนวณ 56

6.2 วิธีการคำนวณ 61

7. สรุปผลการวิจัย 67

บรรณานุกรม 70

ประวัติการศึกษา 72

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

5-1 เปรียบเทียบความต้านทานของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซล 27

5-2 ค่าความต้านทานและกระแสไฟฟ้าที่ผ่าน ของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซล ในท่อ SNIF 31

5-3 โดสเรทของรังสีแกมมาในท่อ SNIF 32

5-4 แสดงค่าความไวต่อรังสีแกมมาของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลในท่อ SNIF 33

5-5 ค่าความต้านทานและกระแสไฟฟ้าที่ผ่าน ของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซล ในท่อแกมมา 39

5-6 โดสเรทของรังสีแกมมาในท่อแกมมา 40

5-7 แสดงค่าความไวต่อรังสีแกมมาของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลในท่อแกมมา 45

5-8 ค่าความต้านทานและกระแสไฟฟ้าที่ผ่านของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซล ในท่อนิวตรอนช้า 47

5-9 โดสเรทของรังสีแกมมาในท่อนิวตรอนช้า 48

5-10 แสดงค่าความไวต่อรังสีแกมมาของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลในท่อนิวตรอนช้า 53

5-11 เปรียบเทียบความไวต่อรังสีแกมมาของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซล .. 54

6-1 พรอมท์ฟิชชั่น (prompt fission) และฟิชชั่นโปรดัค (fission product) ของรังสีแกมมาพลังงานช่วงต่าง ๆ ที่เกิดจากยูเรเนียม-235 57

6-2 ตารางอีควาเลนท์แคปเจอร์แกมมาเรย์สเปคตรา (Equivalent capture gamma-ray spectra) 58

หน้า

6-3 แสดงการคำนวณหา dose rate ของรังสีแกมมาที่ระยะ
จากจุดกึ่งกลางท่อแกมมาไปยังผิวหน้าแกนเชื้อเพลิง
63 เซนติเมตร 62

6-4 แสดงการคำนวณหา dose rate ของรังสีแกมมาที่ระยะ
จากจุดกึ่งกลางท่อแกมมาไปยังผิวหน้าแกนเชื้อเพลิง
73 เซนติเมตร 63

6-5 แสดงการคำนวณหา dose rate ของรังสีแกมมาที่ระยะ
จากจุดกึ่งกลางท่อแกมมาไปยังผิวหน้าแกนเชื้อเพลิง
83 เซนติเมตร 64

6-6 แสดงการคำนวณหา dose rate ของรังสีแกมมาที่ระยะ
จากจุดกึ่งกลางท่อแกมมาไปยังผิวหน้าแกนเชื้อเพลิง
93 เซนติเมตร 65

6-7 เปรียบเทียบผลการคำนวณและทดลองหาปริมาณรังสี
(dose rate) ของรังสีแกมมาในท่อแกมมา ณ ระยะต่าง ๆ
ห่างจากผิวของแกนเชื้อเพลิง 66

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
2-1	ปฏิกริยาแบบโฟโตอีเลคตริก	3
2-2	การชนแบบคอมพ์ตัน	4
2-3	แสดงการเกิดอีเลคตรอนคู่	6
2-4	บลอกไดอะแกรมของเครื่องมือวัดรังสีแบบเทอร์โมลูมิเนสเซนท์ (photon) ออกมาเมื่อให้ความร้อน	9
2-5	บลอกไดอะแกรมของเครื่องมือวัดรังสีแบบเทอร์โมลูมิเนสเซนท์	11
2-6	สเปคโตรโฟโตมีเตอร์	14
3-1	สัญญลักษณ์ของโฟโตคอนดัคติพเซล	15
3-2	ไดอะแกรมระดับพลังงานแสดงการเกิดอีเลคตรอนและหลุม เนื่องจากการกระตุ้นของโฟตอนในกรณีโฟโตคอนดัคติพเอฟเฟค	17
3-3	แคดเมี่ยมซัลไฟด์โฟโตคอนดัคติพเซลแบบต่าง ๆ	18
4-1	Volume distributed source ซึ่งมีการดูดกลืนภายในตัว (self-absorption)	21
4-2	แสดง infinite plane source	21
5-1	แสดงวงจรที่ใช้ในการทดลอง	29
5-2	ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซล ตัวที่ 1 (หมายเลข 91) กับ dose rate ในท่อ SNIF	34
5-3	ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซล ตัวที่ 2 (หมายเลข 73) กับ dose rate ในท่อ SNIF	35
5-4	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ dose rate ในท่อ SNIF (สำหรับ CdS cell) ตัวที่ 1 หมายเลข 91)	36

หน้า

5-5 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ dose rate ในท่อ SNIF (สำหรับ CdS cell ตัวที่ 2 หมายเลข 73) ... 37
5-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซล ตัวที่ 1 (หมายเลข 91) กับ dose rate ในท่อแกมมา .. 41
5-7 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซล ตัวที่ 2 (หมายเลข 73) กับ dose rate ในท่อแกมมา .. 42
5-8 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ dose rate ในท่อ แกมมา (สำหรับ CdS cell ตัวที่ 1 หมายเลข 91) .. 43
5-9 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ dose rate ในท่อ แกมมา (สำหรับ CdS cell ตัวที่ 2 หมายเลข 73) .. 44
5-10 แท่งกราไฟด์และตำแหน่งของท่อนิวตรอนช้า 46
5-11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแกมมากับความต้านทานของ แคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลตัวที่ 1 (หมายเลข 91) ในท่อ นิวตรอนช้า 49
5-12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแกมมากับความต้านทาน ของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลตัวที่ 2 (หมายเลข 73) ในท่อ นิวตรอนช้า 50
5-13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแกมมากับกระแสไฟฟ้าที่ไหล ผ่านแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลตัวที่ 1 (หมายเลข 91) ในท่อ นิวตรอนช้า 51

หน้า

5-14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแกมม่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลตัวที่ 2 (หมายเลข 73) ในท่อนิวตรอนช้า 52

6-1 แสดงแกนเชื้อเพลิงและจุดสังเกต 61