

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



250758



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลึกเรืองรังสีชนิดสารอนินทรีย์สำหรับการวัดปริมาณรังสีทางการแพทย์

Development of inorganic scintillator for medical radiation detection



โดย

ดร.นันทวัฒน์ อู๊ด

ภาควิหารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทโครงการสนับสนุนการวิจัยขยายผลสู่การปฏิบัติ

และพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์

จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2554

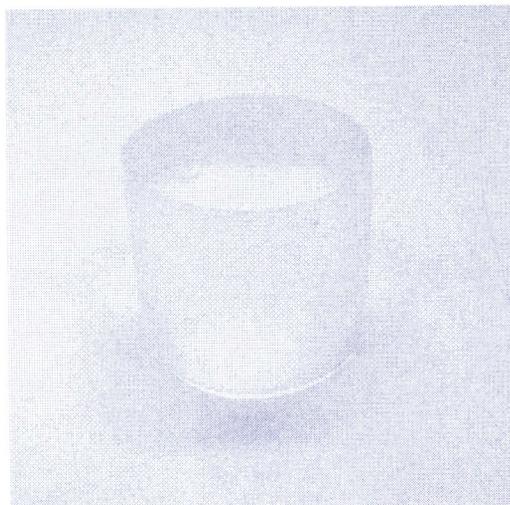
๐๐๐๒๕๕๙๘๗

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลึกเรืองรังสีชนิดสารอนินทรีย์สำหรับการวัดปริมาณรังสีทางการแพทย์
Development of inorganic scintillator for medical radiation detection



โดย

นายันทวัฒน์ อู่อติ

ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทโครงการสนับสนุนการวิจัยขยายผลสู่การปฏิบัติ
และพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์
จากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2554

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โดยการให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทโครงการสนับสนุนการวิจัยขยายผลสู่การปฏิบัติและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2554

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ดร.นันทวัฒน์ ฐิติ

หัวหน้าโครงการวิจัย

รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

ชื่อ โครงการวิจัย (ภาษาไทย) การพัฒนาผลึกเรืองรังสีชนิดสารอนินทรีย์สำหรับการวัดปริมาณ
รังสีทางการแพทย์

(ภาษาอังกฤษ) Development of inorganic scintillator for medical radiation
detection

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททุนโครงการสนับสนุนการวิจัยขยายผลสู่การปฏิบัติและพัฒนาต่อยอด
งานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2554 จำนวนเงิน 400,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ มีนาคม 2554 ถึง มีนาคม 2555

หน่วยงานและผู้ดำเนินการวิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและหมายเลขโทรศัพท์

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย นันทวัฒน์ อู่อดี

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Nuntawat Udee

ที่อยู่ ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

99 หมู่ 9 ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

โทรศัพท์ (055) 966402, 086-627-0953

โทรสาร (055) 966300

e-mail nun_oudee@hotmail.com

ผู้ร่วมงานวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย มานิตย์ จิตรภักดี

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Manit Jitpukdee

ที่อยู่ ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

254 ถ.พญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม 10330

โทรศัพท์ 084-044-1735

โทรสาร 02-2186789

e-mail jmanit@hotmail.com

บทคัดย่อ

250758

หัววัดรังสีชนิดทิลเลขั้นเป็นหัววัดรังสีที่มีความสำคัญในการตรวจวินิจฉัยทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โดยหัววัดรังสีชนิดผลึกเรืองรังสีที่เป็นสารอนินทรีย์เช่นผลึก NaI(Tl) และ CsI(Tl) เป็นหัววัดรังสีที่นิยมใช้กันมากในการวัดรังสีแกมมาทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ แต่อย่างไรก็ตามหัววัดรังสีชนิดผลึก NaI(Tl) มีข้อเสียที่สำคัญคือมีราคาแพงและไวต่อความชื้นค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับหัววัดรังสีชนิดผลึก CsI(Tl) ซึ่งมีราคาที่ถูกกว่า ไม่ไวต่อความชื้นและมีประสิทธิภาพในการเปล่งแสงดีกว่า การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการปลูกผลึก CsI ที่สารเจือด้วยสาร TlII ในอัตราส่วนต่างๆ ให้เป็นผลึกรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว โดยปริมาณสารเจือ TlII ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.44 wt% จากการศึกษาความสามารถในการแจกแจงพลังงานรังสีและความสูงของพีคส์จากการใช้สารเจือปริมาณต่างๆ สำหรับกระบวนการปลูกผลึก CsI(Tl) ได้ใช้วิธีการปรับปรุงระบบปลูกผลึกแบบบริดจ์แมน-สตอกบาร์เจอร์ โดยการพัฒนาให้ระบบเตาปลูกผลึกมีลักษณะการเคลื่อนที่ของเตาเป็นแบบเคลื่อนแกรเดียนท์ของอุณหภูมิในแนวตั้งแทนระบบดั้งเดิมและทำการทดสอบประสิทธิภาพระบบเตาปลูกผลึกที่ได้พัฒนาขึ้น สำหรับขั้นตอนของการประเมินหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสีชนิดผลึก CsI(Tl) ที่พัฒนาขึ้นได้ใช้วิธีการตรวจสอบแบบประกันคุณภาพตามมาตรฐานของทบวงการประมาณระหว่างประเทศซึ่งประกอบด้วย การหาความสามารถในการแจกแจงพลังงาน (%FWHM) ของผลึกวัดรังสี การหา sensitivity ในการวัดรังสีแกมมา ความแม่นยำของการนับวัด (χ^2 test) การตอบสนองเชิงเส้นของพลังงาน และการตอบสนองเชิงเส้นของความแรงรังสี ผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้พบว่าผลึก CsI(Tl) ที่พัฒนาขึ้นเป็นผลึกที่ค่อนข้างใสและไม่มีการแตกของผลึก นอกจากนี้ระบบเตาปลูกผลึกที่สร้างขึ้นจากการปลูกผลึกด้วยวิธีการเคลื่อนแกรเดียนท์ของอุณหภูมิในแนวตั้งทำให้ไม่เกิดการสั่นขึ้นระหว่างการปลูกผลึก เหมือนกับการปลูกผลึกด้วยวิธีบริดจ์แมน-สตอกบาร์เจอร์แบบดั้งเดิมซึ่งระบบปลูกผลึกดังกล่าวจะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของการปลูกผลึกค่อนข้างมาก การประเมินผลประสิทธิภาพระบบเตาปลูกผลึกที่พัฒนาขึ้นพบว่า โชนปลูกผลึกมีความเสถียรของอุณหภูมิที่ดี สำหรับผลการประเมินคุณภาพของผลึก CsI(Tl) ที่ได้จากระบบเตาปลูกผลึกโดยพิจารณาจากการสร้างสเปกตรัมพลังงานของสารกัมมันตรังสีชนิดซีเซียม (Cs-137) ที่มีพลังงาน 662 keV พบว่ามีความสามารถในการแยกแยะพลังงานเท่ากับ 9.11% สำหรับค่าความไว (sensitivity) ในการนับวัดรังสีแกมมา ค่าความแม่นยำของการนับวัด (χ^2 test) ค่าการตอบสนองเชิงเส้นของพลังงานและค่าการตอบสนองเชิงเส้นของความแรงรังสีที่ระดับต่างๆ พบว่าผลการทดสอบที่ได้มีความสอดคล้องกันและเป็นไปตามข้อกำหนดของทบวงการประมาณระหว่างประเทศ ดังนั้นหัววัดรังสีชนิดผลึก CsI(Tl) ที่พัฒนาในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีคุณสมบัติที่เหมาะสมเพียงพอสำหรับนำไปใช้งานทางคลินิก

Abstract

250758

The Scintillation detector has been concerned as one of the important tools for diagnostic in nuclear medicine. The inorganic scintillators, such as NaI(Tl) and CsI(Tl) crystals, is claimed as one of the most favorite use in gamma-ray detection. However, the major disadvantages of NaI(Tl) crystal were expensive and more hygroscopic while CsI(Tl) crystal were cheap price, less hygroscopic and good scintillation efficiency. In this study, the pure CsI doped with different TlII concentration were grown in dimension of 2 inch Φ x 2 inch length cylinder crystal. The concentration of TlII in this study ranged 0.22-0.45 wt%. Then, the dependence of energy resolution and relative pulse height on Tl content was studied. Growth of CsI(Tl) single crystal, using the modified Bridgman-Stockbarger method with a dual zone of vertical moving-temperature-gradient furnace, was developed and performance tests. The quality assurance evaluation of developed CsI(Tl) crystal was performed following the IAEA standard, including energy resolution (%FWHM), sensitivity, counting precision (χ^2 test), linearity of energy response, and linearity of activity response, were assessed. The results showed that CsI(Tl) crystals developed were visibly clear and no crack. The vertical moving-temperature-gradient furnace was no vibration as conventional Bridgman-Stockbarger method, which can adversely affect crystal growth quality. The performance tests of furnace illustrated that the growth zone exhibited thermal stability. The evaluation of CsI(Tl) crystal performance, using the 662 keV energy of Cs-137 spectrum, revealed the energy resolution of 9.11%. The sensitivity, counting precision, linearity of energy response and linearity of activity response were meet the standard level addressed in IAEA standard criteria. The CsI(Tl) crystal developed were suitable characteristic to be used for clinical purpose.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)	1
บทคัดย่อ	3
Abstract	4
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	10
บทนำ (Introduction)	11
ความสำคัญ และที่มาของปัญหา.....	11
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	12
ขอบเขตของการวิจัย.....	12
ทฤษฎี สมมติฐาน และหรือกรอบแนวความคิดของการวิจัย	12
การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง.....	13
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	15
วิธีดำเนินการวิจัย (Material and Method).....	15
1. การออกแบบและพัฒนาระบบปลูกผลึกแบบบริดจ์แมน-สตอกบาร์เจอร์ (Bridgman-Stockbarger).....	16
2. การปลูกผลึก CsI(Tl).....	22
3. การวิเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพผลึกวัดรังสี	25
ผลการวิจัย (Results)	28
1. ผลการออกแบบและพัฒนาระบบปลูกผลึกแบบบริดจ์แมน-สตอกบาร์เจอร์	28
2. ผลการปลูกผลึก CsI(Tl)	33
3. ผลการวิเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพผลึกวัดรังสี	40
อภิปรายผลการวิจัย (Discussion).....	50
1. ผลการออกแบบและพัฒนาระบบปลูกผลึกแบบบริดจ์แมน-สตอกบาร์เจอร์	50
2. ผลการปลูกผลึก CsI(Tl)	51

3. ผลการวิเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์หัววัดรังสี	52
สรุปและเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป.....	54
บรรณานุกรม (Bibilography)	55

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการเตรียมสารสำหรับปลูกผลึก CsI(Tl) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วเพื่อหาปริมาณ Tl ที่เหมาะสม	37
ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลึก CsI(Tl) ที่พัฒนาขึ้นด้วยวิธีการตรวจหาปริมาณสารเจือในผลึกด้วยเครื่อง XRF	40
ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแจกแจงพลังงานและความสูงพัลส์จากต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน Cs-137 พลังงาน 662 keV	41
ตารางที่ 4 แสดงค่าการนับวัดโดยใช้สารกัมมันตรังสีมาตรฐาน Cs-137 เพื่อทำการประเมินหาค่า χ^2 ..	47
ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของหัววัดรังสีชนิดผลึก CsI(Tl) กับหัววัดรังสีมาตรฐานชนิดผลึก NaI(Tl) ที่ใช้ในเชิงพาณิชย์	53

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างระบบปลุกผลึกแบบเคลื่อนแกรเดียนท์ของอุณหภูมิ [1]	18
รูปที่ 2 แสดงเตาปลุกผลึกแบบบริดจ์แมน-สต็อกบาร์เจอร์	19
รูปที่ 3 แผนภาพแสดงระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอม	19
รูปที่ 4 แสดงระบบวาล์วทำหน้าที่เปิด-ปิดระหว่างระบบดูดสุญญากาศกับระบบควบคุมความดันก๊าซ อาร์กอนภายในท่อ	20
รูปที่ 5 แสดงระบบปลุกผลึกแบบเคลื่อนแกรเดียนท์ของอุณหภูมิที่ได้พัฒนาขึ้น	21
รูปที่ 6 แสดงภาพขณะสำหรับปลุกผลึกที่มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกปลายแหลมโดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 40 นิ้ว	21
รูปที่ 7 แสดงภาพขณะสำหรับปลุกผลึกที่มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกปลายแหลมโดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 40 นิ้ว	22
รูปที่ 8 แสดงการเชื่อมต่อภาชนะปลุกผลึกกับระบบสุญญากาศผ่านทางข้อต่อทองเหลืองโดยมียางสำหรับ กันรั่ว (O-ring) กัน	22
รูปที่ 9 แสดงการประกอบอุปกรณ์หัววัดรังสี CsI(Tl).....	24
รูปที่ 10 แสดงการจัดระบบทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดรังสีโดยใช้ผลึกชนิด CsI(Tl) และผลึก ชนิดNaI(Tl)	24
รูปที่ 11 แสดงเตาปลุกผลึกและฉนวนหุ้มเตาปลุกผลึกเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกนอกเตา.....	29
รูปที่ 12 แสดงผลการทดสอบการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงของเตาปลุกผลึก	29
รูปที่ 13 การปรับตัวเข้าสู่สภาวะคงที่ของอุณหภูมิบริเวณ โชนปลุกผลึก	30
รูปที่ 14 แสดงไฟล์ของอุณหภูมิบริเวณ โชนปลุกผลึกที่แกรเดียนท์ของอุณหภูมิ 10-30 องศาเซลเซียสต่อ เซนติเมตร	31
รูปที่ 15 แสดงการทดสอบหาความสม่ำเสมอของอุณหภูมิตามแนวตัดขวางของเตาอุณหภูมิสูง เต อุณหภูมิต่ำและ โชนปลุกผลึก	32
รูปที่ 16 แสดงผลึก CsI(Tl) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้วที่ได้จากการทดสอบระบบปลุกผลึก.....	35
รูปที่ 17 แสดงผลึก CsI(Tl) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วที่ได้จากการทดสอบระบบปลุกผลึก.....	37
รูปที่ 18 แสดงผลึก CsI(Tl) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วรูปทรงกระบอกปลายแหลมตามลักษณะภาชนะ ปลุกผลึก	38
รูปที่ 19 แสดงตัวอย่างผลึก CsI(Tl) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วหุ้มด้วยเทฟลอน	39

รูปที่ 20 แสดงการหุ้มผลึก CsI(Tl) ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์	39
รูปที่ 21 แสดงการประกอบอุปกรณ์หัววัดรังสีโดยการเชื่อมต่อผลึก CsI(Tl) กับหลอดทวิคูณแสง.....	39
รูปที่ 22 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลึก CsI(Tl) ที่พัฒนาขึ้นด้วยวิธีการตรวจหาปริมาณสารเจือในผลึกด้วยเครื่อง XRF	40
รูปที่ 23 แสดงความสามารถในการแจกแจงพลังงานของผลึก CsI(Tl) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วของต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน Cs-137 พลังงาน 662 keV.....	42
รูปที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบความสูงพัลส์ของผลึก CsI(Tl) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วของต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน Cs-137 พลังงาน 662 keV.....	42
รูปที่ 25 แสดงความสามารถในการแจกแจงพลังงานของผลึก CsI(Tl) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วจากต้นกำเนิดรังสี I-131 พลังงาน 364 keV	43
รูปที่ 26 แสดงความสามารถในการแจกแจงพลังงานของผลึก CsI(Tl) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วจากต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน Cs-137 พลังงาน 662 keV.....	43
รูปที่ 27 แสดงความสามารถในการแจกแจงพลังงานของผลึก CsI(Tl) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วจากต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน Co-60 พลังงาน 1.17 และ 1.332 MeV.....	44
รูปที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวัดรังสีของผลึก CsI(Tl) ที่พัฒนาขึ้นกับผลึก NaI(Tl) ที่ใช้ในเชิงพาณิชย์	45
รูปที่ 29 แสดงการผลการตรวจสอบ sensitivity ของผลึกวัดรังสีที่พัฒนาขึ้นโดยใช้สารกัมมันตรังสีมาตรฐาน Cs-137.....	46
รูปที่ 30 แสดงการผลการตอบสนองเชิงเส้นต่อพลังงานรังสีของหัววัดรังสี CsI(Tl) ที่พัฒนาขึ้น.....	48
รูปที่ 31 แสดงการผลการตอบสนองเชิงเส้นของค่าการวัดปริมาณรังสีต่อความแรงรังสีหัววัดรังสี CsI(Tl) ที่ได้พัฒนาขึ้น	49

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

BGO	Bismuth germanate
CsI	Cesium iodide
FWHM	Full width at half maximum
IAEA	INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
NaI	Sodium iodide
ppm	part per million
PMT	Photomultiplier Tube