สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบาญตาราง	ฎ
สารบาญภาพ	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่งานวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์	15
1.4 สมมติฐาน	15
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา	15
1.6 ขอบเขตของการศึกษา	15
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แหล่งกำเนิดรังสี	16
2.2 อันตรกิริยารังสีกับวัตถุ	17
2.3 ผลของรังสีต่อร่างกายมนุษย์	20
2.4 หลักการในการเลือกวัสดุกำบังรังสี	29
2.5 หลักการทางฟิสิกส์ของสไปรอลซีที	32
2.6 นาโนเทคโนโลยี	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	42
3.2 วิธีการทดลอง	
3.2.1 การผลิตเส้นใยนาโนโดยเตรียมสารละลาย Polyvinylidene fluoride (PVDF)	43

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 การเตรียมเส้นใย PVDF โดยเทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต	43
3.2.3 การเคลือบเส้นใยนาโน PVDF ด้วยสารแขวนลอย $BaSO_4$ ในสารละลาย PVA เข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก	44
3.2.4 การทดสอบความสม่ำเสมอของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตด้วยวิธีการวัดค่าความดำของภาพรังสี	45
3.2.5 การวัดปริมาณรังสีปฐมภูมิที่ผ่านเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต	46
3.2.6 การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวลของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต	48
3.2.7 การศึกษาสเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์ที่ผ่านแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต ที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 120 kVp	48
3.2.8 การวัดปริมาณรังสีด้วยวิธี CT Dose index (CTDI) จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ยี่ห้อ GE รุ่น PROSPEEDSX	50
3.2.9 การถ่ายภาพรังสีด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์รุ่น SIEMEN SOMATOM จากหุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อศีรษะและวัดรังสีด้วยวิธี CT Dose Index	51
3.2.10 การเปรียบเทียบคุณภาพของภาพรังสีด้วยวิธี Peak Signal Noise Ratio (PSNR)	53
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลการผลิตเส้นใยนาโน	54
4.2 ผลการทดลองทดสอบความสม่ำเสมอของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตด้วยวิธีการวัดค่าความดำของภาพรังสี	55

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ผลการศึกษาสเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์ผ่านแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต ที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 120 kVp	57
4.4 ผลการทดลองการวัดปริมาณรังสีปฐมภูมิที่ผ่านแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบ แบเรียมซัลเฟต	58
4.5 ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวลของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียม ซัลเฟต	59
4.6 ผลการทดลองการวัดปริมาณรังสีที่ผิวของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกจาก เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่เทคนิค 120 kVp 200 mA 1.0 sec ความหนาสไลซ์ 3 มิลลิเมตร	60
4.7 ผลการทดลองการวัดปริมาณรังสีที่แกนกลางของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกจาก เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่เทคนิค 120 kVp 200 mA 1.0 sec ความหนาสไลซ์ 3 มิลลิเมตร	62
4.8 ผลการประเมินความหนาที่เหมาะสมของแผ่นนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต จากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง	63
4.9 ผลการทดลองการเปรียบเทียบคุณภาพของภาพรังสีด้วยการเปรียบเทียบค่า Housefield Unit หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	67
4.10 ผลการทดลองการวัดปริมาณรังสีจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ SIEMEN รุ่น SOMATOM ด้วยวิธี CT Dose Index	70
4.11 ผลการทดลองการเปรียบเทียบคุณภาพของภาพรังสีด้วยการเปรียบเทียบค่า Peak Signal Noise Ratio (PSNR)	72
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลองและสรุป	75
เอกสารอ้างอิง	78
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การวัดค่าความดำจากภาพรังสีที่ได้จากการนำแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบ แบเรียมซัลเฟตเอกซเรย์ด้วยเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปด้วยเทคนิค 40kV 150mA 0.012sec	82

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

	หน้า
ภาคผนวก ข การวัดร้อยละการลดทอนรังสีเมื่อซ้อนทับแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต 1 ชั้น จนถึง 18 ชั้น ใช้เครื่องวัดรังสี Victoreen Nero Max Model 8000 โดยใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 60, 70, 80, 90, 100, 110 และ 120 kVp 20 mAs	83
ภาคผนวก ค การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวลของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต โดยการตั้งค่าเทคนิคความต่างศักย์ไฟฟ้า 60, 70, 80, 90, 100, 110 และ120 kVp 20 mAs	90
ภาคผนวก ง การวัดสเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 120 kVp จากนั้นนำแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตวางซ้อนทับทีละชั้นจาก 1 ชั้นจนถึง 18 ชั้น เพื่อวัดค่าพลังงาน (keV)	97
ภาคผนวก จ การคำนวณทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการเปรียบเทียบคุณภาพของภาพรังสีเมื่อกำบังรังสีด้วยแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตบนหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกที่ซ้อนกัน 3 แผ่น แล้วใช้โปรแกรม Image J ประมวลผลค่า Histogram	101
ภาคผนวก ฉ การวัดปริมาณรังสีที่ผิวซึ่งเทียบได้กับปริมาณรังสีที่เลนซ์ตาและแกนกลางซึ่งเทียบได้กับที่สมองของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกจากเทคนิคการตรวจสมองเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	102
ภาคผนวก ช ผลการวัดบริเวณที่สนใจ(ROI) จากภาพรังสีของหุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อศีรษะ บริเวณดวงตาและสมองโดยใช้โปรแกรม Image J วัดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	104
ประวัติผู้เขียน	109

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ขีดจำกัดปริมาณรังสีสูงสุดสำหรับเจ้าหน้าที่หรือผู้มีอาชีพเกี่ยวข้องกับรังสีและประชาชนทั่วไป	3
2	ขีดจำกัดปริมาณรังสีสูงสุดสำหรับอวัยวะในร่างกายมนุษย์	3
3	ปริมาณรังสีสูงสุดที่อวัยวะต่างๆได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ 120 kVp 200 mA	4
3	ปริมาณรังสีสูงสุดที่อวัยวะต่างๆได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ 120 kVp 200 mA (ต่อ)	5
4	พลังงานระดับชั้น K ของบิสมัท ตะกั่วและแบเรียม	10
5	คุณสมบัติของรังสีแต่ละชนิด	17
6	การเปรียบเทียบผลทางรังสีแบบ Stochastic effect และ Deterministic effect	21
7	ค่าขีดจำกัดของปริมาณรังสีที่เสนอแนะโดย ICRP 103	22
8	การเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนความเสี่ยงเนื้อเยื่อเทียบกับอัตราเสี่ยงรวมของการได้รับรังสีทั่วตัว	25
9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีสูงสุด สำหรับเจ้าหน้าที่หรือผู้ที่มีอาชีพเกี่ยวข้องกับรังสี	26
10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีสูงสุดสำหรับประชาชนทั่วไป	26
11	ชื่อเรียกทางองค์กร ICRP และปริมาณรังสีสูงสุดสำหรับเจ้าหน้าที่หรือผู้มีอาชีพเกี่ยวข้องใช้เรียกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950	27
12	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของเสื้อตะกั่วที่สมมูลกับตะกั่ว น้ำหนักเสื้อตะกั่วและความสามารถในการกั้นพลังงานรังสีพลังงานต่างๆของเสื้อตะกั่ว	31
13	ค่าความดำเฉลี่ยและร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต	55

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
14	ภาพรังสีเปรียบเทียบกันระหว่างก่อนและหลังการใช้อุปกรณ์กำบังรังสี	68
14	ภาพรังสีเปรียบเทียบกันระหว่างก่อนและหลังการใช้อุปกรณ์กำบังรังสี (ต่อ)	69
15	ผลการศึกษาค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากคอมพิวเตอร์ยี่ห้อ SIEMEN รุ่น SOMATOM ด้วยวิธี CT Dose Index	71
16	แสดงการเปรียบเทียบภาพภาพรังสีก่อนและหลังกำบังรังสี แล้วคำนวณหาค่า PSNR	73
16	แสดงการเปรียบเทียบภาพภาพรังสีก่อนและหลังกำบังรังสี แล้วคำนวณหาค่า PSNR (ต่อ)	74

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

รูป		หน้า
1	ก หุ่นจำลองสำหรับการตรวจศีรษะ และร่างกายสำหรับเด็ก ข หุ่นจำลองสำหรับการตรวจช่องท้องในผู้ใหญ่	6
2	ลักษณะแท่งบรรจุ TLD สำหรับสอดในหุ่นจำลอง	6
3	แสดงลักษณะปริมาณรังสีเมื่อใช้ TLD วัดหุ่นจำลองที่ความหนาของชิ้นที่ตัด 10 เซนติเมตร	7
4	กราฟแสดงการรวมเข้าด้วยกันของปริมาณรังสีในแต่ละช่วงที่ตัด (MSAD)	7
5	การจัดวางอุปกรณ์กำบังรังสีทำจากบิสมัทเคลือบลาเทกซ์บนตา	11
6	การวางของ AttenuRad ที่ตำแหน่งตาและไทรอยด์	11
7	การใช้อุปกรณ์ป้องกันรังสีที่ทำจากบิสมัทลดทอนรังสีที่เข้าตา	12
8	ฉากกำบังรังสีแบบโค้งจากแบไรต์ผสมโปลิสไตรีนเรซินเคลือบด้วยไฟเบอร์กลาส	13
9	ฉากแบไรต์กำบังรังสีแบบเคลื่อนที่ได้สำหรับการทำฟลูออโรสโคปี	13
10	แผ่นแบเรียมซัลเฟตผสมซิลิโคน	14
11	การเกิด Characteristic x-ray	19
12	การเกิด Bremsstrahlung	20
13	ข้อมูลโพรเจกชันตามเวลา ตำแหน่ง และมุมต่างๆ จำนวนทั้งหมด 12 รอบของการสแกน ระยะสแกนเท่ากับ 120 มิลลิเมตรเวลาสแกนเท่ากับ 12 วินาที	35
14	การประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นชนิดสแกนแบบเต็ม	35
15	การประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นชนิดสแกนแบบครึ่งจะเท่ากันตลอดชิ้นภาพ	37
16	ส่วนประกอบของเครื่องอิเล็กโตรสปินนิง	40

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ(ต่อ)

รูป		หน้า
17	ชุดอุปกรณ์เครื่องปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต	43
18	การวางอุปกรณ์ในการถ่ายภาพรังสีของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตเพื่อทดสอบความสม่ำเสมอของแบเรียมซัลเฟตที่เคลือบ	45
19	ตำแหน่งการวัดความดำบนภาพถ่ายรังสี	46
20	การวัดปริมาณรังสีปฐมภูมิที่ผ่านแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต	47
21	การจัดตั้งอุปกรณ์การวัดสเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์	49
22	การวัดปริมาณรังสีของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิก	50
23	เครื่องแสดงปริมาณรังสีในหน่วย Exposure	51
24	หุ่นจำลองอะคริลิกและหุ่นจำลองศีรษะสมมูลเนื้อเยื่อวางในท่านอนหงายเพื่อสแกนหาความหนาที่เหมาะสมของแผ่นนาโนแบเรียมซัลเฟต	51
25	การจัดวางหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกเพื่อการวัดค่าปริมาณรังสีด้วยวิธี CTDI	52
26	หน้าจอของหน่วยประมวลผลเทคนิคที่ใช้ 120 kVp 250 mAs มีความหนาของสไลซ์ 5 มิลลิเมตร ระยะเวลาในการสแกน 0.5 วินาที	52
27	หุ่นจำลองศีรษะที่ใช้ในการสแกนเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองเพื่อหาค่า PSNR	53
28	ลักษณะเส้นใยนาโน	54
29	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในแกน Y และแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตแต่ละแผ่นในแกน X	56
30	ภาพการวัดสเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 120 kVp	57
31	กราฟแสดงความสัมพันธ์พลังงานรังสีในแกน Y และ แผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตที่ซ้อนทับกันในแกน X	58
32	กราฟแสดงร้อยละการลดทอนรังสีในแกน Y และการเพิ่มความหนาของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตจาก 1 ชั้น จนถึง 18 ชั้นในแกน X ที่เทคนิคความต่างศักย์ไฟฟ้า 60, 70, 80, 90, 100, 110 และ 120 kVp 20 mAs	59

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ(ต่อ)

รูป		หน้า
33	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานในแกน X และค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลในแกน Y	60
34	การลดทอนรังสีของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตที่ผิวของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	61
35	กราฟร้อยละการลดทอนรังสีของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตที่บริเวณผิวของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	61
36	การลดทอนรังสีของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตที่แกนกลางของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	62
37	ร้อยละการลดทอนรังสีของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตที่แกนกลางของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	63
38	ภาพตัวอย่างการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองที่สามารถมองเห็นส่วนประกอบของดวงตาที่สมบูรณ์	64
39	ภาพจากการสแกนหุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อศีรษะด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	65
39	ภาพจากการสแกนหุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อศีรษะด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (ต่อ)	66
40	การวัดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานบริเวณดวงตา เมื่อใช้แผ่นนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตซ้อนกัน 3, 4 และ 5 ชั้น	67
41	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแกน Y และ ชุดแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตที่ซ้อนทับกัน 3 ชั้น มีจำนวนทั้งหมด 7 ชุด ในแกน X	70
42	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแกน Y และจำนวนแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตที่ซ้อนทับกันแกน X	72

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved