บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบันซินทิลเลเตอร์สารอนินทรีย์เป็นที่นิยมมากในการนำมาใช้เป็นหัววัดรังสี เช่นในงานวิจัยฟิสิกส์นิวเคลียร์ ฟิสิกส์พลังงานสูง การถ่ายภาพทางการแพทย์ ธรณีวิทยา และในอุตสาหกรรม ถึงแม้ในปัจจุบันจะมีซินทิลเลเตอร์อยู่เป็นจำนวนมาก แต่ซินทิลเลเตอร์ที่ดีนั้นต้องมียีลด์แสงที่สูง ความหนาแน่นสูง การสลายตัวของการเปล่งแสงเร็ว และสัมประสิทธิ์การสูญเสียแสงที่ต่ำ การพัฒนาและศึกษาผลึกซินทิลเลเตอร์ออกไซด์ที่เจือด้วยอิออน Ce^{3+} อย่างผลึก LYSO:Ce เปรียบเทียบกับผลึก BGO ซึ่งเป็นมาตรฐานก็ได้มีมาอย่างต่อเนื่อง

ผลการวิจัยการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติทางแสงจากการศึกษาสเปกตรัมการกระตุ้นและการปลดปล่อยแสงลูมิเนสเซนส์ และสมบัติทางซินทิลเลชันจากการศึกษาการตอบสนองต่อรังสีแกมมา ซึ่งผลึกที่ใช้เป็นผลึกเดี่ยว $Bi_4Ge_3O_{12}$ ที่ปลูกด้วยวิธีบริดจ์แมน และผลึกเดี่ยว $(Lu,Y)_2SiO_5$:Ce ที่ปลูกด้วยวิธีโชคราลสกี โดย Shanghai Yibo Crystal Ltd. ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ของผลึกเดี่ยวตัวอย่างที่ตัดและขัดเงาทุกด้านขนาด 5×5×1, 5×5×3, 5×5×6 และ 5×5×12 mm^3 แสดงในตารางที่ 5.1 พบว่า

ผลึก BGO มีสเปกตรัมการกระตุ้นหรือการดูดกลืนแสงในแถบความยาวคลื่น 275 nm ซึ่งเกิดจากการทรานซิชันจากชั้นพลังงาน 2p $\rightarrow$ 6p ของอิออน O^{-2} และ Bi^{3+} ตามลำดับ และให้สเปกตรัมการปลดปล่อยแสงลูมิเนสเซนส์ในแถบความยาวคลื่น 480 nm ซึ่งเกิดจากการทรานซิชันจากชั้นพลังงาน 6p $\rightarrow$ 6s ของอิออน Bi^{3+} และผลึก LYSO:Ce มีสเปกตรัมการกระตุ้นในแถบความยาวคลื่น 265, 300 และ 363 nm ซึ่งเกิดจากการทรานซิชันจากชั้นพลังงาน 4f $\rightarrow$ $5d^1$, 4f $\rightarrow$ $5d^2$ และ 4f $\rightarrow$ $5d^3$ ของอิออน Ce^{3+} และให้สเปกตรัมการปลดปล่อยแสงแสงลูมิเนสเซนส์ในแถบความยาวคลื่น 420 nm ซึ่งเกิดจากการทรานซิชันจากชั้นพลังงาน $5d^1 \rightarrow {}^2F_{5/2}$, ${}^2F_{7/2}$ ของอิออน Ce^{3+}

ผลึก BGO และ LYSO:Ce มีค่าความหนาแน่นสูงคือ 7.09 และ 7.11 g/cm^3 ตามลำดับ อีกทั้งยังมีเลขอะตอมยังผลเท่ากับ 74 และ 65 ตามลำดับ จึงส่งผลให้สามารถนำมาใช้วัดรังสีที่มีพลังงานสูงได้

ยีลด์โฟโตอิเล็กตรอนและการแยกชัดพลังงานที่ดีที่สุดคือ $2,030 \pm 100$ และ$8,500 \pm 400$ phe/MeV และ 8.58 และ 8.51 % ตามลำดับ สำหรับผลึก BGO และ LYSO:Ce ขนาด 5×5×1 mm^3 โดยภาพรวมแล้วผลึก LYSO:Ce ให้ยีลด์แสงประมาณ 2.7 เท่าของยีลด์แสงที่ได้จากผลึก BGO เมื่อกระตุ้นด้วยรังสีแกมมาพลังงาน 662 keV ที่มี ^{137}Cs เป็นแหล่งกำเนิด อีกทั้งยังสามารถสรุปได้ว่าเอาท์พุตแสงส่วนใหญ่

ขึ้นกับความสูงของผลึก ไม่ขึ้นกับความกว้างหรือความยาวของผลึก โดยค่ายีลด์แสงจะมากขึ้นเมื่อผลึกมีความสูงที่ลดลง [18]

การแยกชัดพลังงานรวมเทียบกับรังสีแกมมาที่พลังงาน 32-1274.5 keV ของผลึก BGO และ LYSO:Ce ที่ความสูง 1, 3, 6 และ 12 mm พบว่าทั้งผลึก BGO และผลึก LYSO:Ce ที่ขนาดความสูง 1 mm มีค่าแยกชัดพลังงานรวมดีที่สุดคือ 8.58 % และ 8.51 % ตามลำดับ และที่ขนาดความสูง 12 mm มีการแยกชัดพลังงานรวมแย่ที่สุดคือ 9.49 % และ 11.76 % ตามลำดับ เหตุผลเนื่องมาจากยีลด์แสงที่วัดได้มีค่าต่ำกว่า ฉะนั้นยีลด์แสงและการแยกชัดพลังงานรวมจะแย่ลงเมื่อผลึกมีความสูงมากขึ้น การแยกชัดภายในผลึกจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่างคือ ความไม่เป็นสัดส่วนของยีลด์แสง และความบกพร่องของผลึก

ผลึก BGO มีค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียแสงที่ดีกว่าผลึก LYSO:Ce (μ = 0.17 และ 0.27 cm^{-1} ตามลำดับ) ถึงแม้ว่าผลึก BGO ตัวอย่างในทุกความสูงจะมีค่ายีลด์โฟโตอิเล็กตรอนที่น้อยกว่าผลึก LYSO:Ce อย่างมาก แต่ในการนำผลึกไปในงานจริง เช่นใช้กับเครื่อง PET จะใช้ผลึกที่มีความสูงประมาณ 2 cm ฉะนั้นค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียแสงจึงมีความสำคัญต่อค่ายีลด์โฟโตอิเล็กตรอน

การตอบสนองทางซิลทิลเลชันของผลึก BGO และ LYSO:Ce มีประสิทธิภาพการวัดรังสีพลังงานสูง สามารถนำไปประยุกใช้กับหัววัดรังสีแกมมาและใช้ในการถ่ายภาพทางการแพทย์ต่อไป

ตารางที่ 5.1 สมบัติทางซินทิลเลชันของผลึก BGO และ LYSO:Ce ที่มีความสูงแตกต่างกัน

สมบัติ	**ผลึก/ขนาด (mm^3)**							
	BGO				**LYSO:Ce**			
	5×5×1	**5×5×3**	**5×5×6**	**5×5×12**	**5×5×1**	**5×5×3**	**5×5×6**	**5×5×12**
สเปกตรัมการปลดปล่อยแสง(nm)	480				400			
ยีลด์แสง (ph/MeV)	9,670	9,380	8,570	8,050	28,330	26,270	24,630	20,930
การแยกชัดพลังงานที่ 662 keV	8.58	8.82	9.29	9.49	8.51	10.25	11.06	11.76
โฟโตแฟรกชัน (%)	26.5	34.7	40.4	42.4	20.3	27.1	31.3	33.5
ความไม่เป็นสัดส่วนของยีลด์แสง (%)	24				30			
สัมประสิทธิ์การสูญเสียแสง (cm^{-1})	0.17				0.27			
สัมประสิทธิ์การลดทอนมวลรวม (cm^2/g)	3.74 (ที่ 59.5 keV) 10.76×10^{-2} (ที่ 662 keV)				2.26 (ที่ 59.5 keV) 8.83×10^{-2} (ที่ 662 keV)			
ความหนาแน่น (g/cm^3)	7.09				7.11			
เลขอะตอมยังผล	74				65			
การดูดความชื้น	ไม่				ไม่			