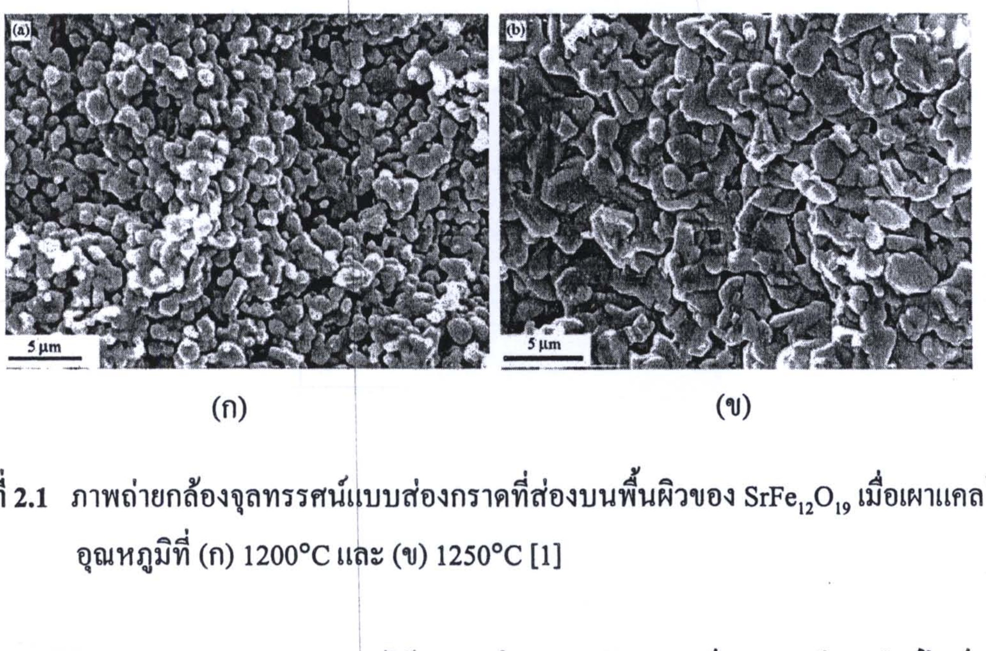
บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Puneet Sharma และคณะ (2006) [1] ได้ศึกษาปัจจัยที่จะทำให้ความหนาแน่นของเนื้อสาร ค่า Remanence ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็กและพลังงานสูญเสียภายในแกนของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ให้เพิ่มมากขึ้น โดยในกระบวนการผลิตแม่เหล็กของสารสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์จะใช้กระบวนการทางเซรามิก ในการศึกษาพบว่าเมื่ออัตราส่วนระหว่าง Fe_2O_3/SrO เพิ่มขึ้นจาก 5.0 ถึง 6.0 ความหนาแน่นจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่า Remanence ที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ส่วนค่าสภาพลบล้างแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคของสารแม่เหล็กซึ่งจากการศึกษาพบว่าเมื่อใช้เวลาในการบดนาน อุณหภูมิในการเผาแคลไซน์และอุณหภูมิในการเผาซินเตอร์ที่ต่ำจะได้อนุภาคที่มีขนาดเล็กส่งผลให้ได้ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็กที่สูง

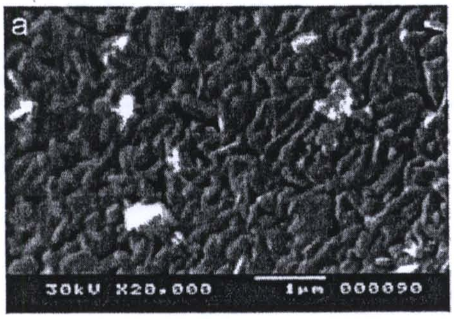


(ก) (ข)

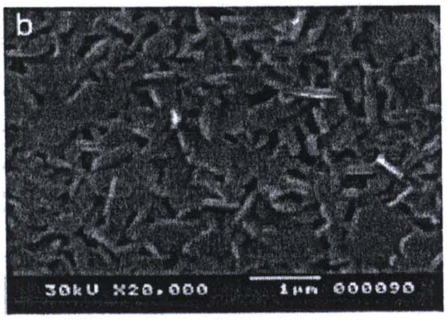
รูปที่ 2.1 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดที่ส่องบนพื้นผิวของ $SrFe_{12}O_{19}$ เมื่อเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิที่ (ก) 1200°C และ (ข) 1250°C [1]

Zai-Bing Guo และคณะ(1997) [2] ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์สตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ $SrFe_{12}O_{19}$ ด้วยวิธีการ salt-melt method โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการเผาจาก 500°C ถึง 1300°C และเวลาที่ใช้ในการเผา พบว่าจะเกิดเฟส $SrFe_{12}O_{19}$ เมื่ออุณหภูมิการเผาเป็น 850°C ส่วนขนาดอนุภาคของสารจะมีขนาด 0.66 ไมโครเมตร เมื่อเผาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะใหญ่ขึ้นเป็น 1.12 ไมโครเมตร เมื่อเผาเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ส่วนสมบัติแม่เหล็กที่ดีที่สุดที่ได้จากการศึกษาโดยวิธีการนี้ พบว่าได้ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก 5140 Oe ค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวมีค่า 60.2 emu/g และค่า Remanence มีค่า 33.5 emu/g

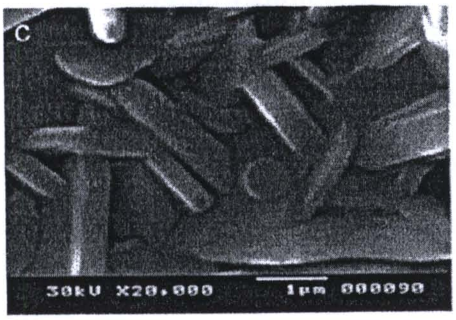
M. M. Hessien และคณะ (2008) [3] ได้ศึกษาการควบคุมสัดส่วน และสมบัติแม่เหล็กของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์โดยใช้กระบวนการ co-precipitation จากการศึกษาพบว่า สารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เตรียมได้จะมี $SrFe_{12}O_{19}$ เฟสเดียว ได้ขนาดอนุภาคเล็กที่สุดผลิตจากอัตราส่วนของ Fe^{3+}/Sr^{2+} เท่ากับ 9.28 หลังจากเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากรูปที่ 2.2 แสดงขนาดอนุภาคที่มีอัตราส่วนโมล Fe^{3+}/Sr^{2+} เท่ากับ 9.23 และมีค่า pH = 10 พบว่าขนาดอนุภาคมีขนาดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่ม pH ของสารตั้งต้นจาก 10 ถึง 11.5 ที่อัตราส่วน Fe^{3+}/Sr^{2+} เท่ากับ 10 ทำให้เกิด $SrFe_{12}O_{19}$ เฟสเดียวมากขึ้น การเกิดโครงสร้างของผง $SrFe_{12}O_{19}$ จะทำให้ค่าอิ่มตัวทางแม่เหล็กอยู่ระหว่าง 64.72 ถึง 84.15 emu/g และ intrinsic coercivity 2937-5609 Oe



(ก)



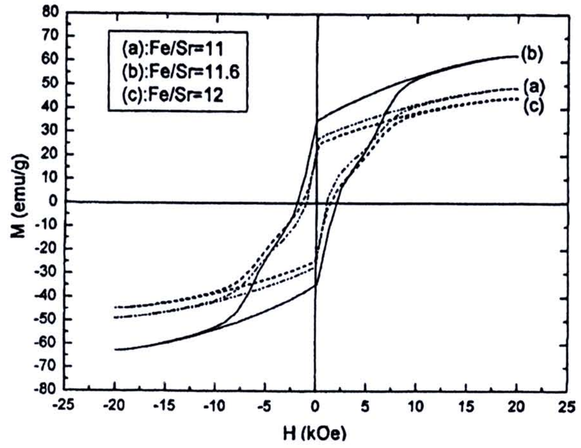
(ข)



(ค)

รูปที่ 2.2 ภาพถ่ายจากอิเล็กตรอนแบบส่องกราดของสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เป็นลักษณะผง โดยมีอัตราส่วนโมล Fe^{3+}/Sr^{2+} เท่ากับ 8 9.23 และ 10 มีค่า pH 10 เมื่อเผาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ (ก) 900°C (ข) 1000°C และ (ค) 1100°C [3]

Yen-Pei Fu และ Cheng-Hsiung Lin (2005) [4] ได้ศึกษาสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการ microwave-induced combustion โดยศึกษาอัตราส่วนของ Fr/Sr ที่มีค่า 11 ถึง 12 และเผาที่อุณหภูมิจาก 850°C ถึง 1050°C ค่าที่ดีที่สุดของผงสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เตรียมได้มีอัตราส่วนโมลเท่ากับ 11 เมื่อเผาที่ 1000°C ใช้เวลาในการเผา 2 ชั่วโมง ได้ค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัว 62 emu/g และมีค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1950 Oe วงฮีสเทอร์รีซีสของสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่ให้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1000°C ใช้เวลาในการเผา 2 ชั่วโมง โดยมีอัตราส่วนโมล (Fe/Sr) เป็น 11 11.6 และ 12 ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 วงฮีสเทอร์รีซีสของสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่ให้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1000 °C ใช้เวลาในการเผาซินเตอร์ 2 ชั่วโมง โดยมีอัตราส่วนโมล (Fe/Sr) เป็น 11 11.6 และ 12 [4]

Shahid Hussain และคณะ (2006) [5] ได้ศึกษาผลของการเติม SiO_2 เพื่อศึกษาโครงสร้าง สมบัติทางแม่เหล็ก และสมบัติทางไฟฟ้าของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ โดยใช้วิธีเตรียมแบบ solid state reaction ซึ่งจะผสม SiO_2 ประมาณ 0-2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โครงสร้างที่ ศึกษาได้จะพบเฟสหลัก ของสารสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ ค่าเฉลี่ยขนาดของเกรนอยู่ในระดับไมครอน โดยจะมีขนาดเล็กลงเมื่อเพิ่มปริมาณซิลิกอน ขณะที่เพิ่มซิลิกอนขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ค่า สภาพลบล้างแม่เหล็กจะเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อเติมซิลิกอนเกินกว่านี้ และเมื่อเพิ่มซิลิกอนจะทำให้ค่า Remanence ลดลง

Shahid Hussain และ A. Magsood (2007) [6] ได้ศึกษาอุณหภูมิซินเตอร์ที่มีผลต่อโครงสร้าง สมบัติทางแม่เหล็ก และสมบัติทางไฟฟ้าของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่ผสม Si-Ca โดยจะใช้วิธีการ solid-state reaction โดยจะผสม Si (0.5 wt%) และ Ca (0.5 wt%) ขนาดเกรนเฉลี่ยจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อในการเผาอยู่เป็น 2 ชั่วโมง และสำหรับสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ทั้งที่ไม่ผสม Si และ Ca และ

ผสม ความหนาแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเผาเพิ่มขึ้น ส่วนค่า Vicker hardness เพิ่มจาก 512 ถึง 702 H_V ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (Hc) สูงที่สุดเมื่อเวลาในการเผาเป็น 2 ชั่วโมง มีค่าเป็น 4255 Oe และค่า Remanence จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเจือ Si และ Ca ซึ่งเพิ่มจาก 516 ถึง 529 เกาส์ ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้ามีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.89×10^{8} Ω-cm เมื่อเวลาในการเผาซินเตอร์เป็น 8 ชั่วโมง

Frank Kool และคณะ (2002) [7] ศึกษาผลของการเติม La และ Co ลงในสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ตามสูตร $Sr_{1-x}La_xFe_{12-x}Co_xO_{19}$ ซึ่งจะเพิ่มค่าสมบัติแม่เหล็กเมื่อ x มีค่าน้อยๆ เมื่อ x มีค่ามากกว่า 0.25 สมบัติแม่เหล็กจะมีค่าต่ำลง Frank Kool และคณะ ได้ศึกษา 1) การขยายตัวของเกรนเทียบกับอุณหภูมิการเผา 2) อันตรกิริยาของการเผา calcination 3) เปรียบเทียบสมบัติของสารประกอบแบเรียมเฟอร์ไรท์และสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ ผลที่ศึกษาได้คือ การยับยั้งการลดลงของค่าสภาพลบล้างแม่เหล็กจากการเพิ่มขนาดเกรนที่มาจากเฟสเกินของ Co โดยการเพิ่มซิลิกอนเพื่อลดการขยายของเกรน ผลของ La/Co จะทำให้ความเป็นเหลี่ยมของวงฮีสเทอร์รีซีสลดลงเมื่อ $x > 0.25$

Jean-Marie Le Breton (2004) [8] ศึกษาโครงสร้างของผงสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์โดยวิธี co-precipitated ผง $Sr_{1-x}La_xFe_{12-x}Co_xO_{19}$ (x = 0 - 0.4) ใช้ Mössbauer spectrometry และ x-ray diffraction ผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ x มากขึ้นเรื่อยๆ ผงของสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์มีเฟสอื่นปนอยู่นั่นคือเฟส $(La,Sr)(Fe,Co)O_{3-\delta}$ และเฟส $(Co,Fe)Fe_2O_4$ เพิ่มขึ้นมา ผลของการวัด Mössbauer พบว่า La^{3+} และ Co^{2+} จะไปแทนที่ Sr^{2+} และ Fe^{3+} ในตำแหน่ง 2b ตามลำดับ

Xiansong Liu และคณะ (2006) [9] ได้ศึกษาผลของการเติม La^{3+} และ Co^{2+} ลงในสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์เป็นไปตามสูตร $Sr_{1-x}La_xFe_{12-x}Co_xO_{19}$ (x = 0 - 0.25) เตรียมโดยกระบวนการทางเซรามิก ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มของ La^{3+} และ Co^{2+} จะไปเพิ่มค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวเมื่อเพิ่มค่า x มีผลทำให้ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็กเพิ่มขึ้น และพบว่าค่า Remanence (Br) ไม่ได้ลดลงเมื่อเพิ่มจำนวน La^{3+} และ Co^{2+}

ตารางที่ 2.1 สมบัติแม่เหล็กในงานวิจัยที่ผ่านมาของสารสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์

กระบวนการ	เจือ	Hc		Ms	Mr	Br	
		kA/m	Oe	(emu/g)	(emu/g)	mT	Gauss
Ceramic [1]	-	230	-	-	-	-	-
Salt-melt [2]	-	-	5180	73	39	270	-
co-precipitation [3]	-	-	5607	84	45	-	-
Microwave induced combution [4]	-	-	4600	68	-	-	-
Solid state reaction [5]	-	-	4900	-	-	-	900
Ceramic [9]	La - Co	400	-	73	-	388	
Sol - gel [10]	-	-	4783	57	-	-	-
Ceramic [11]	La	-	4800	70	-	-	-