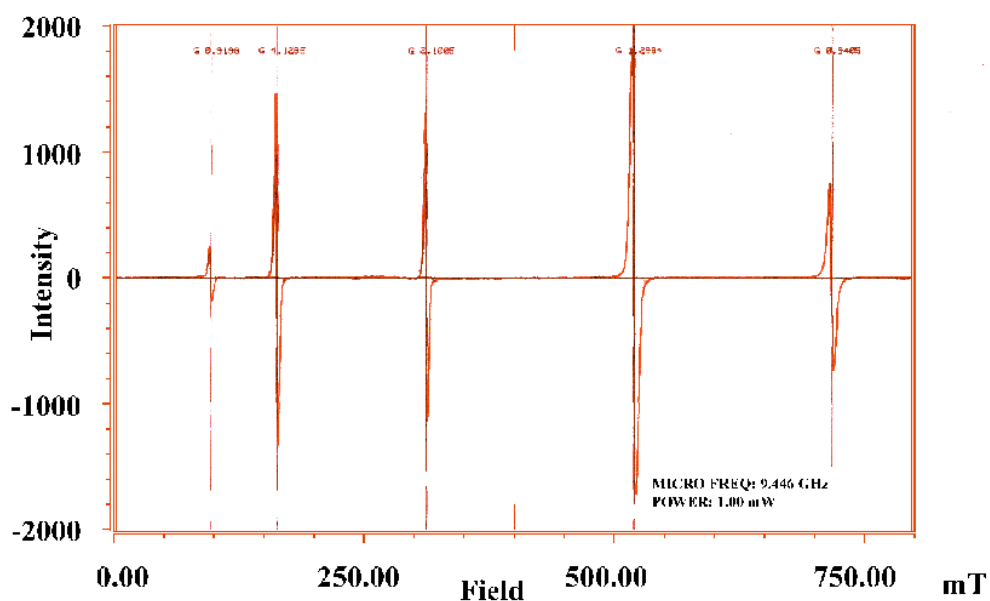
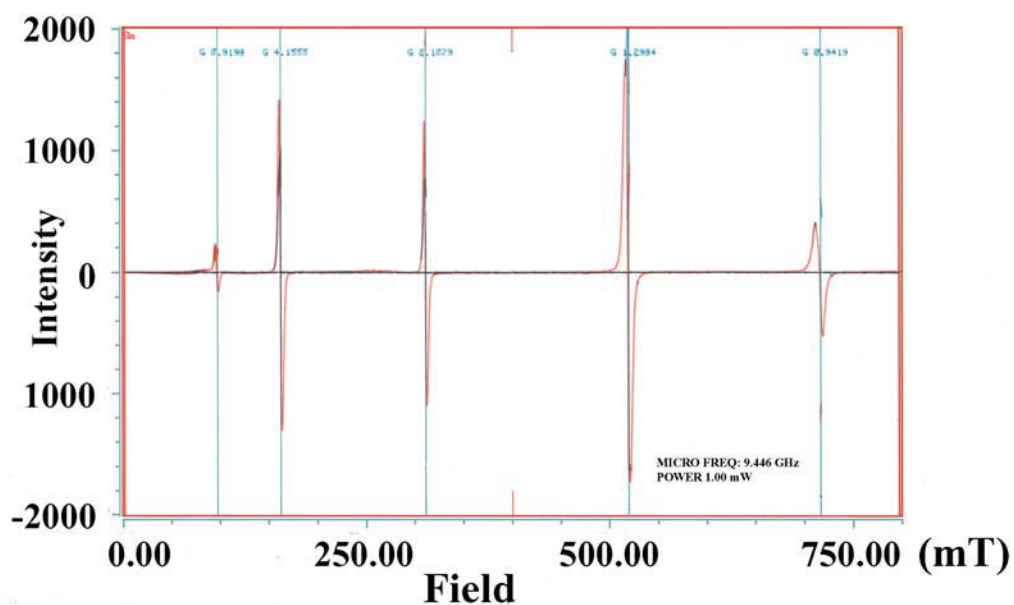


VN05_00

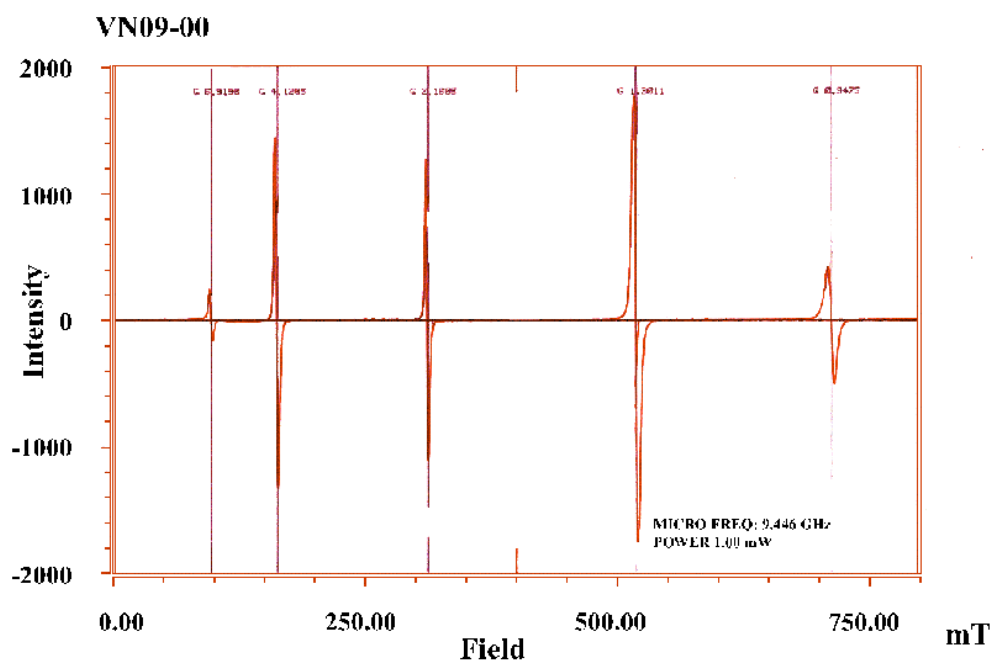


รูปที่ 47 แสดง ESR Spectrum ของผลึกทับทิมหลังเผา 1300 °C ในออกซิเจน สนามแม่เหล็กตั้งฉากกับแกน c มุม $\varphi = 0$ องศา (VN05_00)

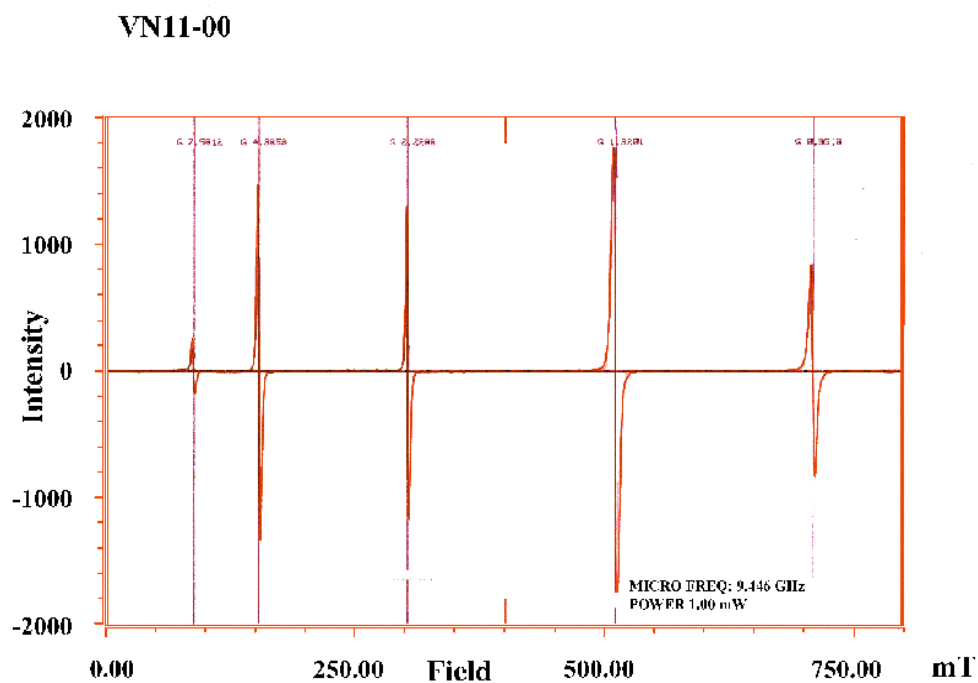
VN07



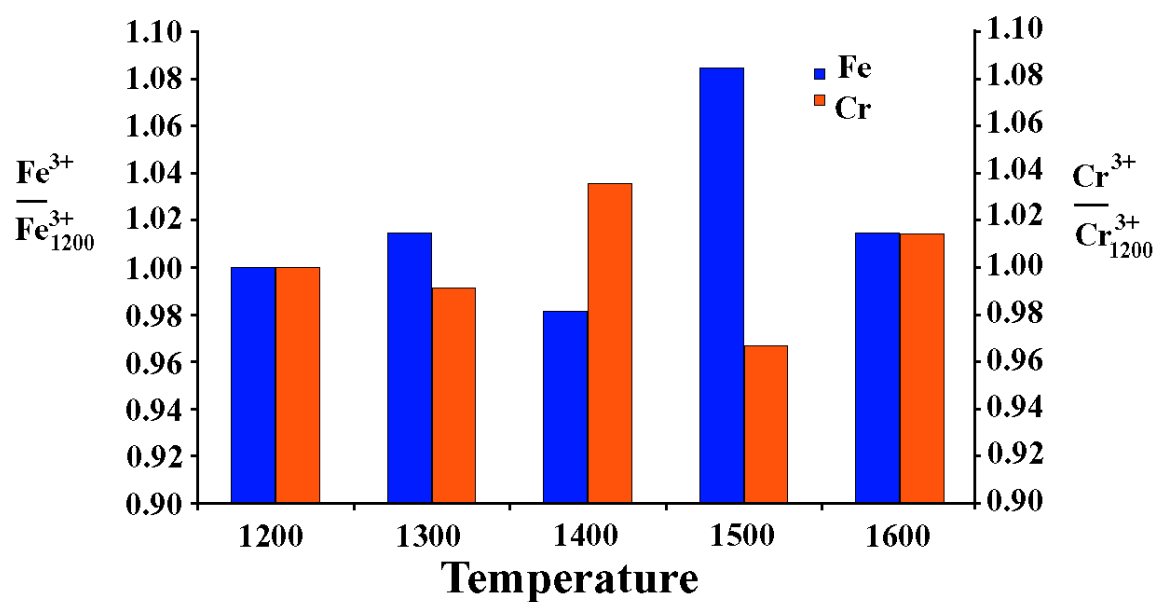
รูปที่ 48 แสดง ESR Spectrum ของผลึกทับทิมหลังเผา 1400 °C ในออกซิเจน สนามแม่เหล็กตั้งฉากกับแกน c มุม $\varphi = 0$ องศา (VN07_00)



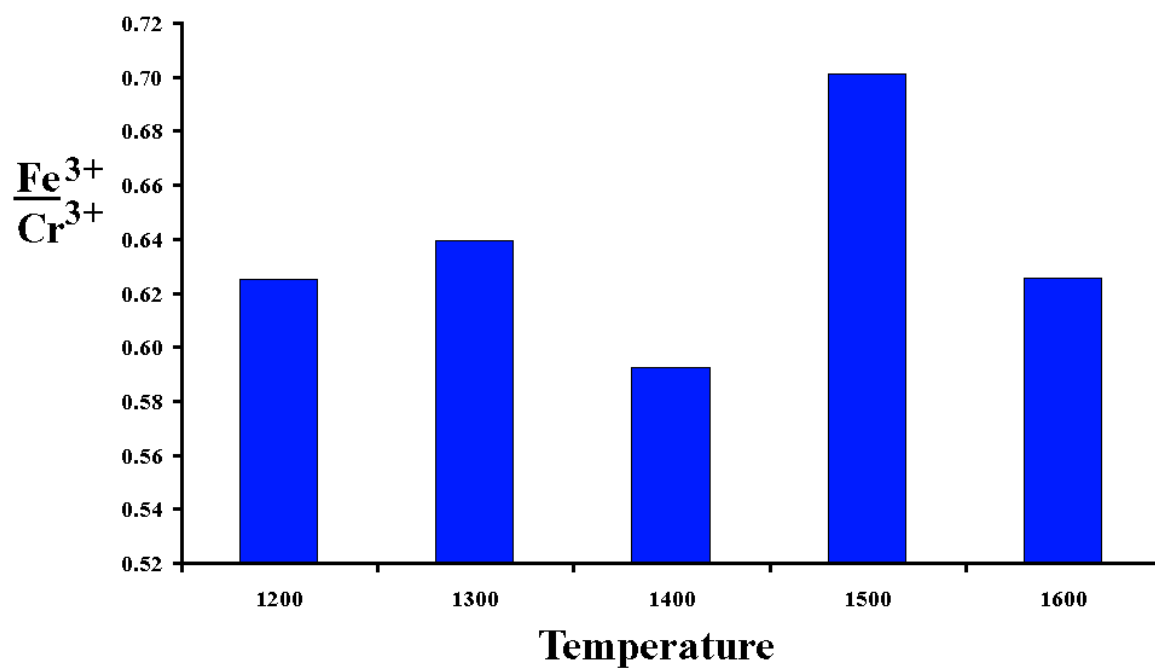
รูปที่ 49 แสดง ESR Spectrum ของผลึกทับทิมหลังเผา 1500 °C ในออกซิเจน สนามแม่เหล็กตั้งฉากกับแกน c มุม $\phi = 0$ องศา (VN09_00)



รูปที่ 50 แสดง ESR Spectrum ของผลึกทับทิมหลังเผา 1600 °C ในออกซิเจน สนามแม่เหล็กตั้งฉากกับแกน c มุม $\phi = 0$ องศา (VN11_00)

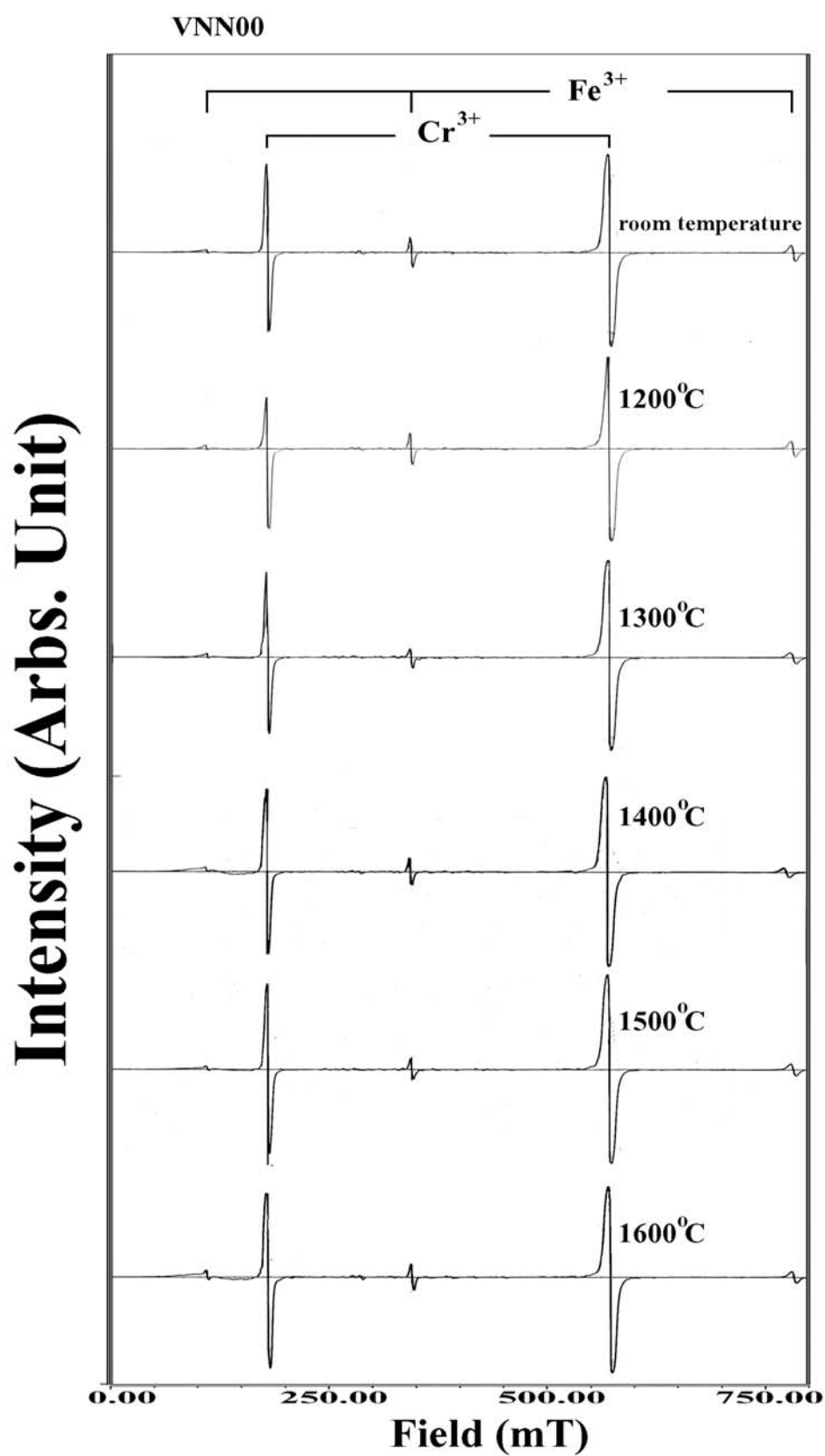


รูปที่ 51 แสดงอัตราส่วน $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{3+}_{1200}$ และ $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{3+}_{1200}$ ของผลิตภัณฑ์ที่เผาอุณหภูมิต่างๆ

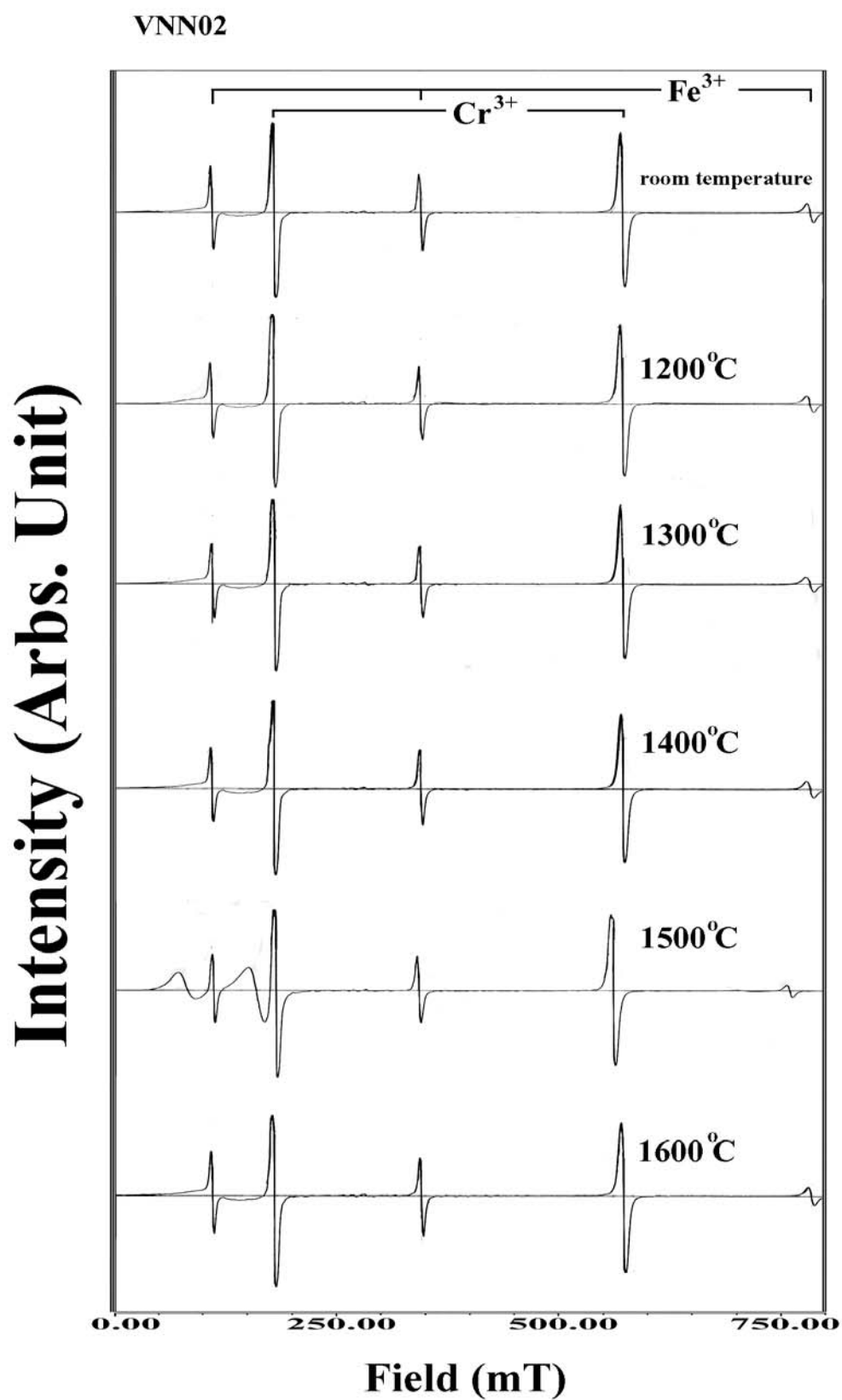


รูปที่ 52 แสดงอัตราส่วนของ $\text{Fe}^{3+}/\text{Cr}^{3+}$ ของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

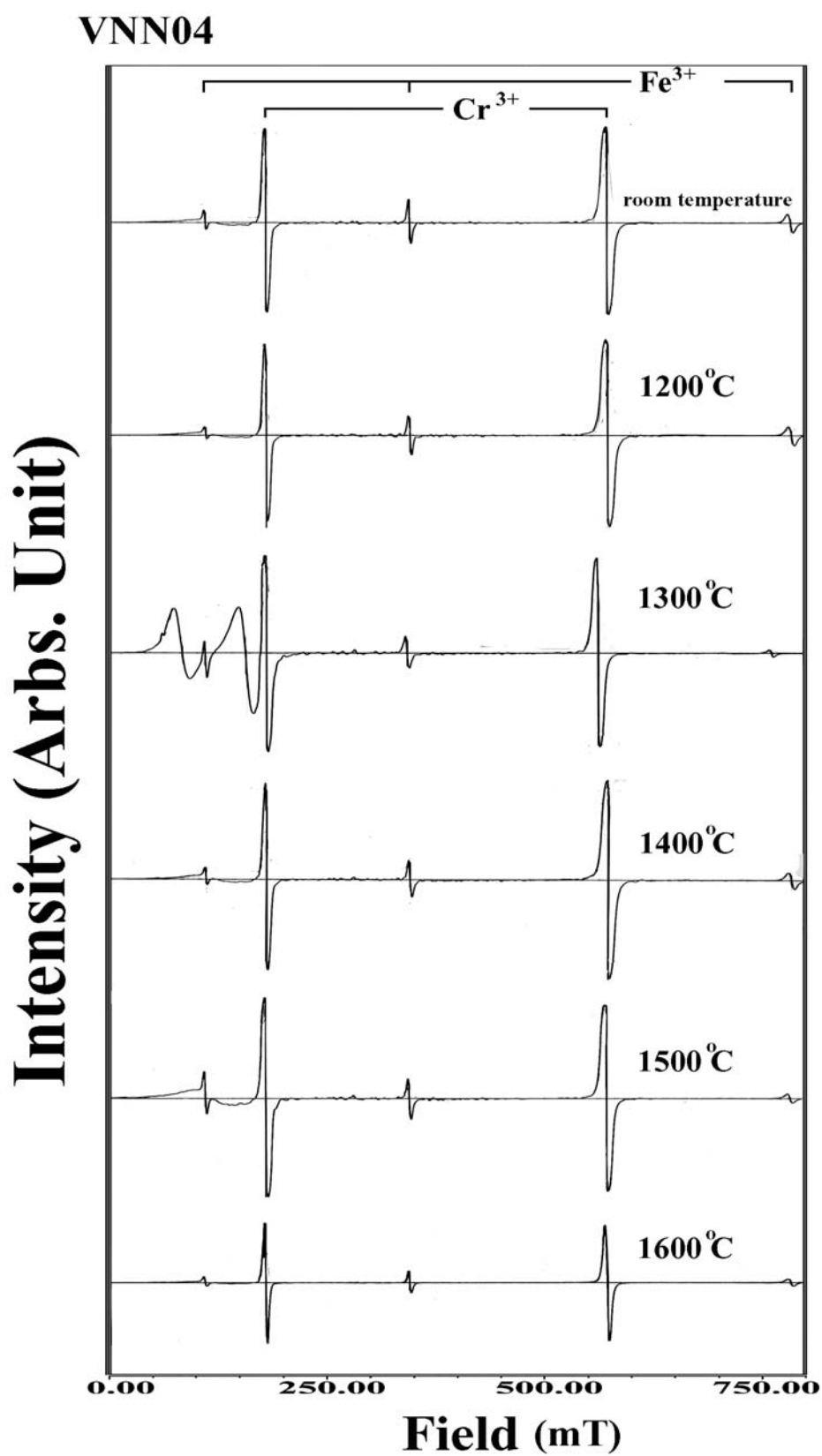
ทับทิมเวียดนามอีก 3 เม็ดที่ทราบระนาบ (0001) ได้นำมาวัด ESR spectrum เมื่อสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับแกน c มุม $\theta = 90$ องศา มุม $\phi = 0$ องศา ทั้งก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิต่างๆ ตั้งแต่ $1200 - 1600^{\circ}\text{C}$ ในบรรยากาศออกซิเจน ตามรูปที่ 53-55 ในตัวอย่าง VNN02 และ VNN04 นอกจากมี ESR line positions เฉพาะของ Cr^{3+} และ Fe^{3+} จะมี ESR line positions ที่ตำแหน่งประมาณ 85 mT และ 158 mT โดย VNN02 เกิดเมื่อเผาที่ 1500°C ส่วน VNN04 เกิดที่ 1300°C ซึ่ง Resonance magnetic fields มีค่า $g = 7.956$ และ 4.264 นำเกิดจาก Cr^{3+} และ Fe^{3+} ใน Ceramics สีขาวซึ่งเกิดขึ้นในทับทิมหลังการเผาที่อุณหภูมิสูง เพราะลักษณะของการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟเป็นช่วงกว้างซึ่งมาจาก Cr^{3+} และ Fe^{3+} ที่อยู่ในสภาพโครงสร้างที่ไม่มีระเบียบ เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น Ceramics สีขาวจะค่อยๆ หายไปจากการหาพื้นที่ absorption peaks ของ Fe^{3+} กับ Cr^{3+} ในส่วนโครงสร้างที่เป็นผลึกซึ่งสังเกตได้จากความคมของ Absorption peak เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของทับทิมจากอัตราส่วนของ $\text{Fe}^{3+}/\text{Cr}^{3+}$ ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 57, 59 และ 61 อัตราส่วน $\text{Fe}^{3+}/\text{Cr}^{3+}$ ในตัวอย่าง VNN00 จะต่ำสุดที่ 1400°C ตัวอย่าง VNN02 ต่ำสุดที่ 1500°C ส่วนตัวอย่าง VNN04 ต่ำสุดที่ 1300°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เผาแล้วได้สีแดงนวลที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 57, 59 และ 61



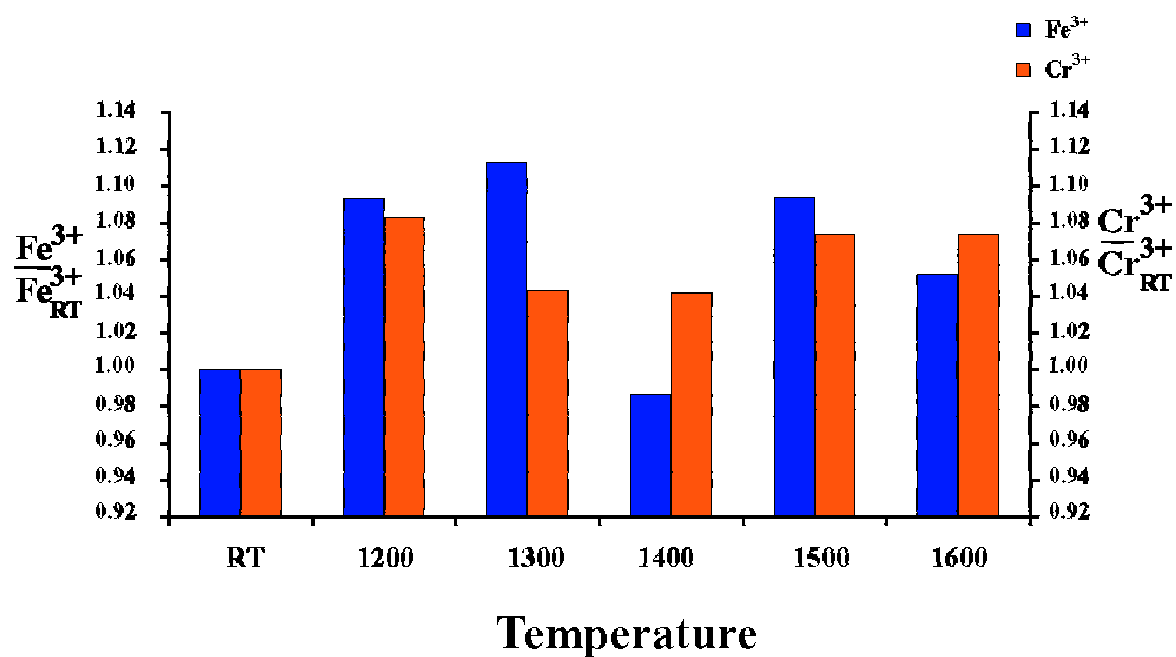
รูปที่ 53 แสดง ESR Spectrum ของผลึกทับทิมก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิต่างๆในออกซิเจน สนามแม่เหล็กตั้งฉากกับแกน c มุม $\varphi = 0$ องศา ของตัวอย่าง VNN00



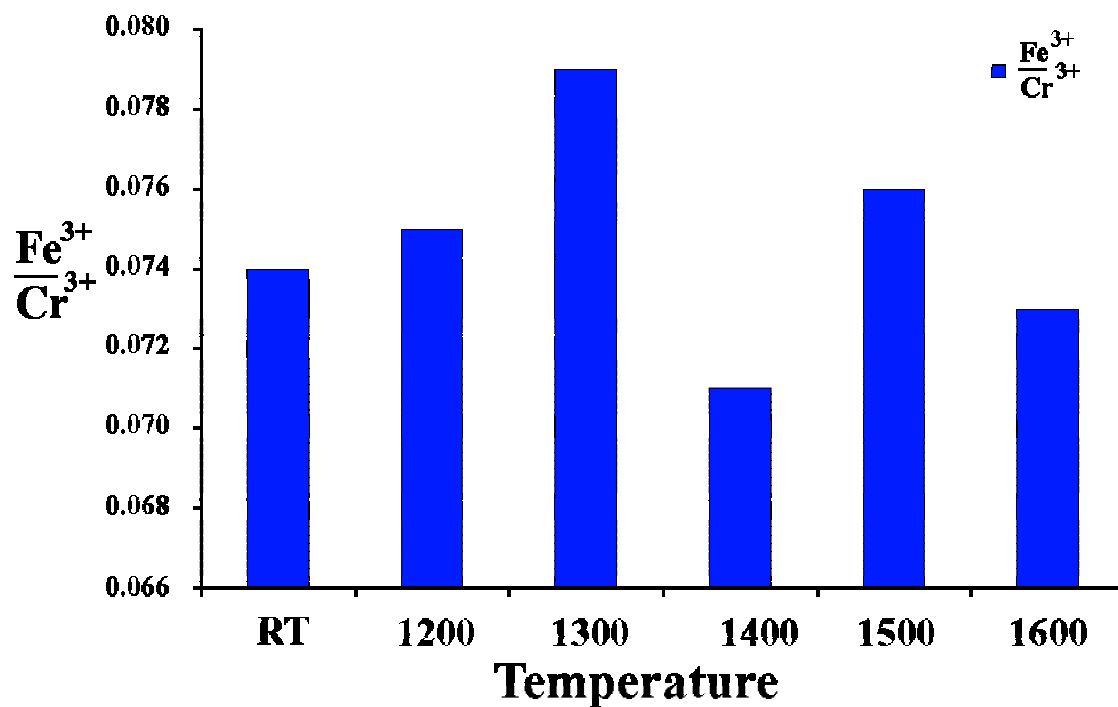
รูปที่ 54 แสดง ESR Spectrum ของผลึกทับทิมก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิต่างๆในออกซิเจน สนามแม่เหล็กตั้งฉากกับแกน c มุม $\varphi = 0$ องศา ของตัวอย่าง VNN02



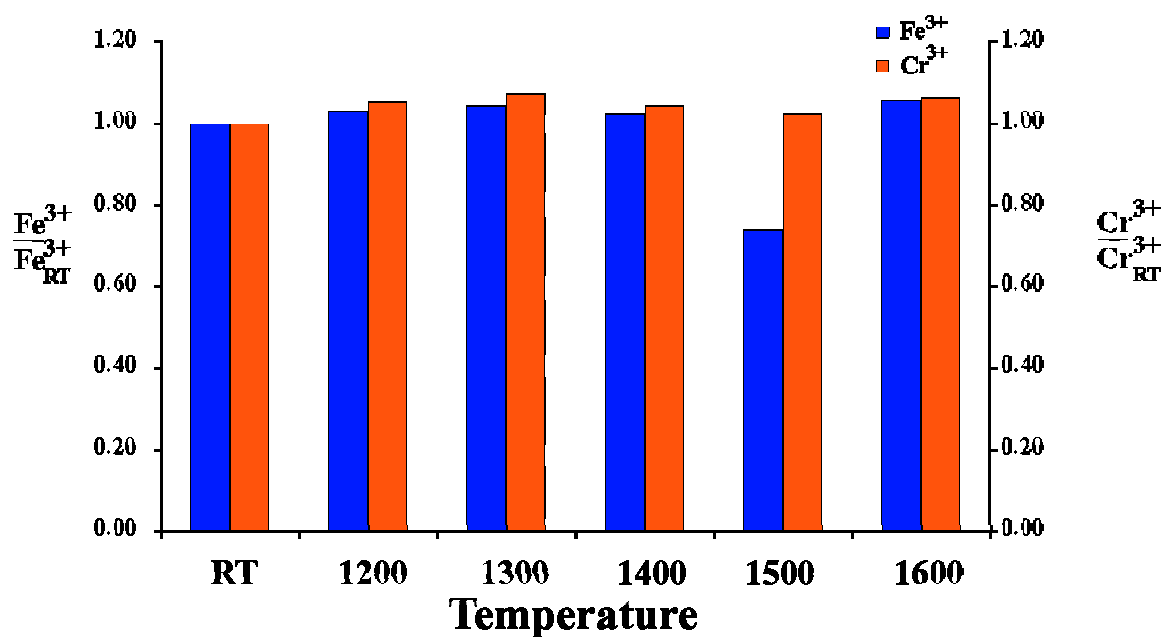
รูปที่ 55 แสดง ESR Spectrum ของผลึกทับทิมก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิต่างๆในออกซิเจน สนามแม่เหล็กตั้งฉากกับแกน c มุม $\varphi = 0$ องศา ของตัวอย่าง VNN04



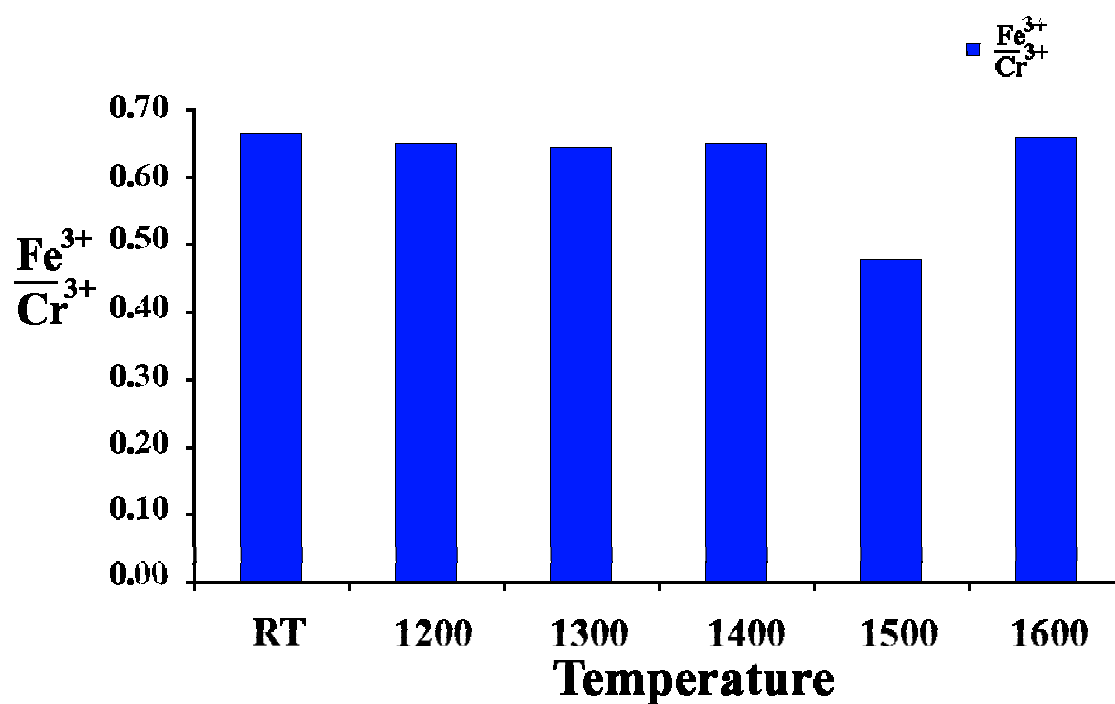
รูปที่ 56 แสดงอัตราส่วน $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{3+}_{\text{RT}}$ และ $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{3+}_{\text{RT}}$ ของผลึกทับทิมที่เผาอุณหภูมิต่างๆ ของตัวอย่าง VNN00



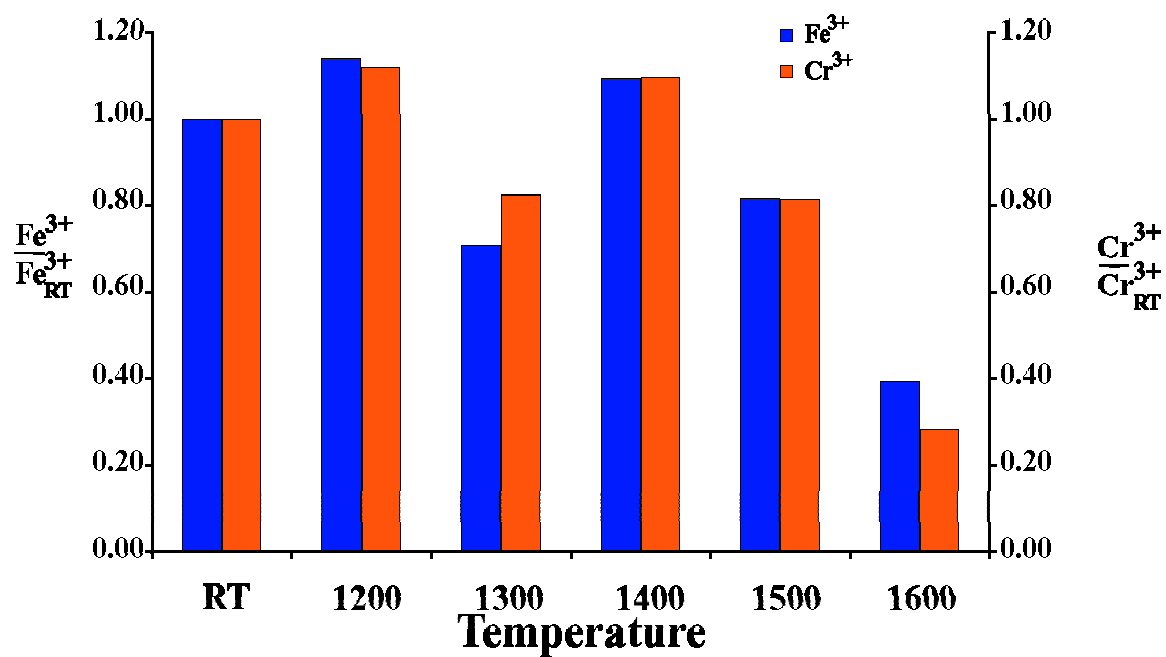
รูปที่ 57 แสดงอัตราส่วนของ $\text{Fe}^{3+}/\text{Cr}^{3+}$ ของผลึกทับทิมที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของตัวอย่าง VNN00



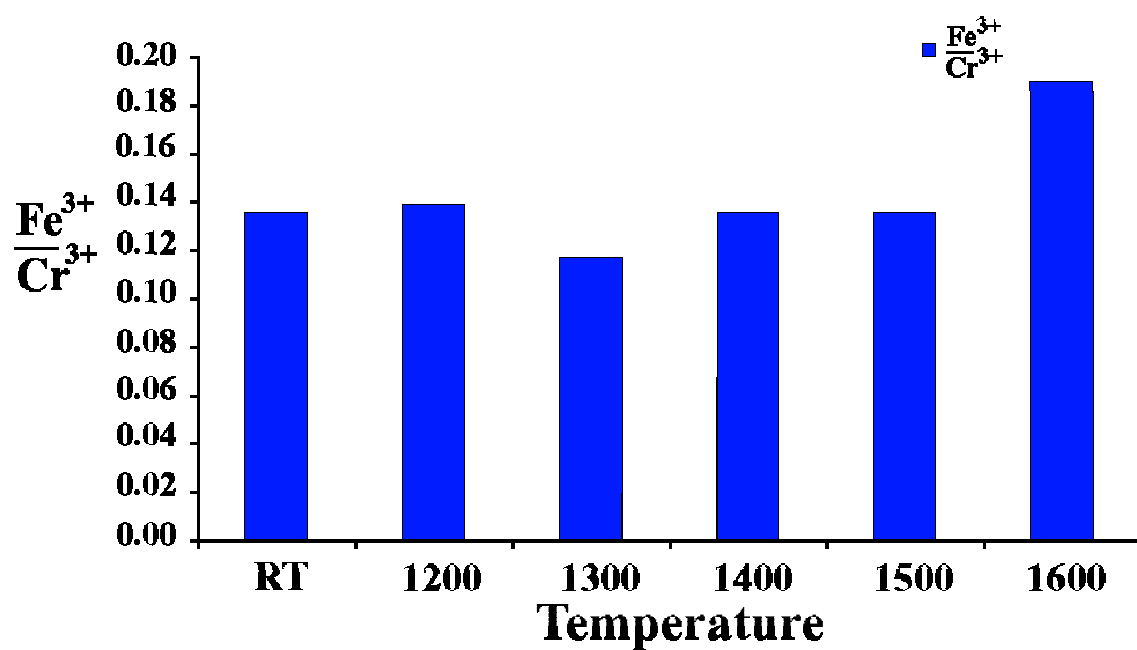
รูปที่ 58 แสดงอัตราส่วน $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{3+}_{\text{RT}}$ และ $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{3+}_{\text{RT}}$ ของผลิตภัณฑ์ที่เผาอุณหภูมิต่างๆ ของตัวอย่าง VNN02



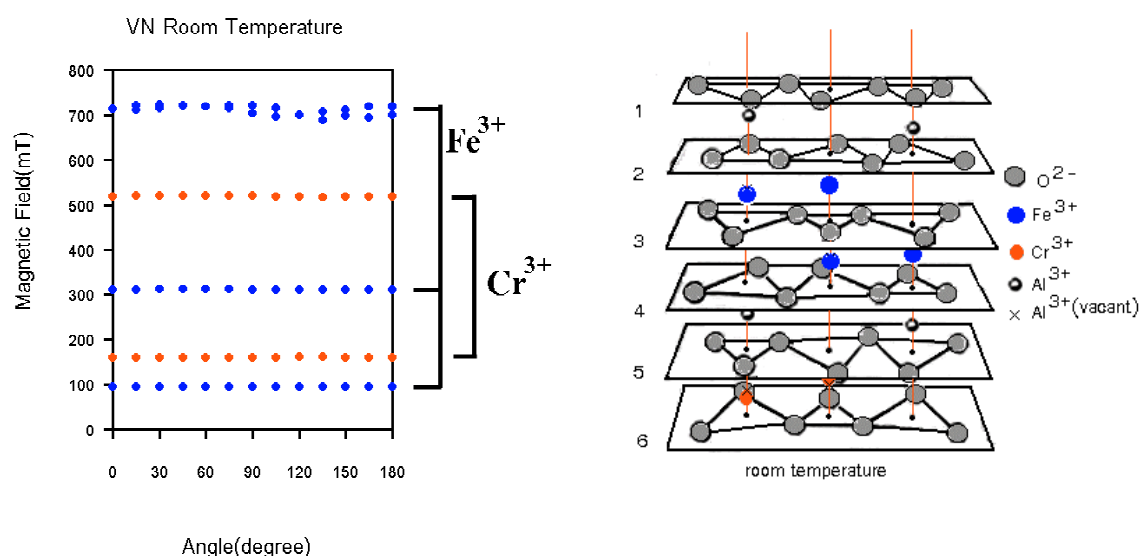
รูปที่ 59 แสดงอัตราส่วนของ $\text{Fe}^{3+}/\text{Cr}^{3+}$ ของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่างๆ ของตัวอย่าง VNN02



รูปที่ 60 แสดงอัตราส่วน $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{3+}_{\text{RT}}$ และ $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{3+}_{\text{RT}}$ ของผลึกทับทิมที่เผาอุณหภูมิต่างๆ ของตัวอย่าง VNN04



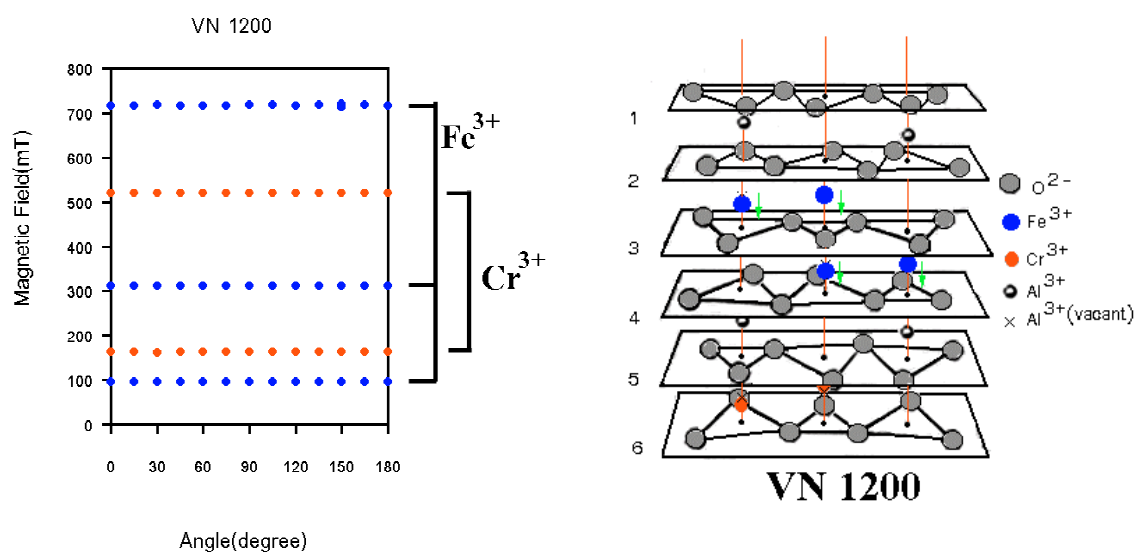
รูปที่ 61 แสดงอัตราส่วนของ $\text{Fe}^{3+}/\text{Cr}^{3+}$ ของผลึกทับทิมที่อุณหภูมิต่างๆ ของตัวอย่าง VNN04



รูปที่ 62 แสดงความสัมพันธ์ H_r และ φ ของทับทิมเวียตนาม

ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 62 ยังแสดงให้เห็นว่าก่อนเผาไอออนเหล็ก Fe^{3+} มี 2 ตำแหน่ง มีค่า H_r อยู่ระหว่าง 710 ถึง 720 mT โดยที่ค่า H_r 2 ชุดนี้ขึ้นกับ $\cos(3\varphi)$ มีจุดต่ำสุดของ H_r ต่างกัน 60 องศา ส่วนที่ H_r ประมาณ 90 mT ไม่ขึ้นอยู่กับมุม φ คาดว่าเป็นทรานซิชันจากสถานะสปิน $-1/2$ ไป $+1/2$

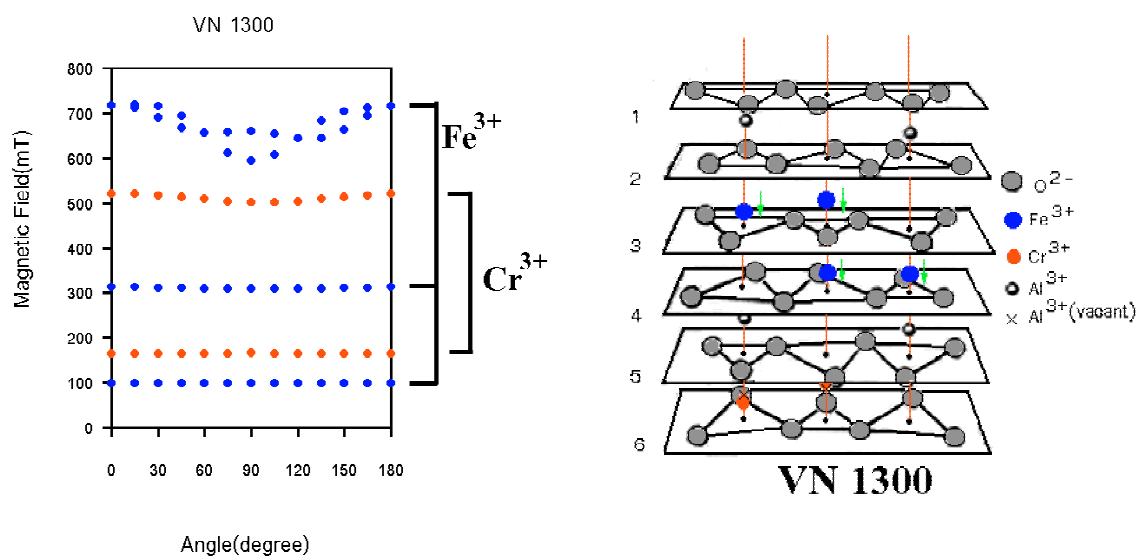
ส่วน Resonant absorption peaks ของ Cr^{3+} ซึ่งมี 2 ค่าที่ 160 mT และ 519 mT ดังแสดงในรูปที่ 63 ไม่ขึ้นกับมุม φ เนื่องจาก spin ของ Cr^{3+} ($3d^3$) มีค่า $3/2$ แต่ Cubic Crystal field O_4^3 จะมีผลต่อ Spin degeneracy เมื่อ spin $S \geq 2$ เมื่อหมุนผลึกทับทิมไปรอบแกน c ตำแหน่งของ ESR absorption peak ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลง แต่จากสเปกตรัมพบว่าบาง Resonant absorption peaks H_r ขึ้นกับมุม φ เล็กน้อย เนื่องจากการวางผลึกทับทิม มุมที่แกนสมมาตรของผลึกทับทิมทำกับสนามแม่เหล็กอาจเบี่ยงเบนไปจาก 90 องศา เล็กน้อย



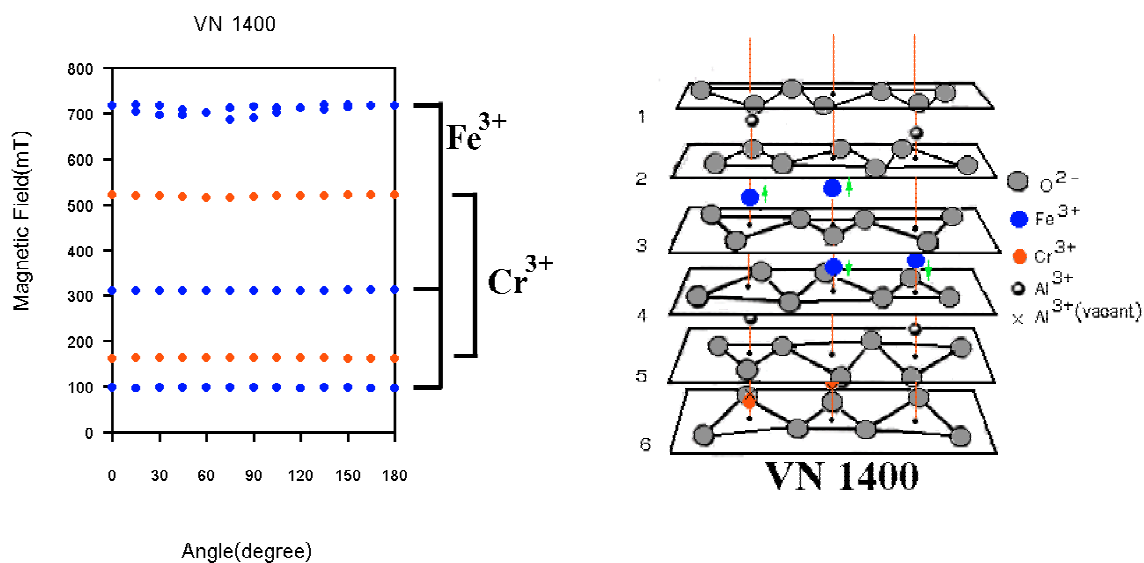
รูปที่ 63 แสดงความสัมพันธ์ H_r และ Φ ของทับทิมเวียดนาม หลังเผาในบรรยากาศ ออกซิเจนที่ 1200 °C

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง Resonant absorption peaks H_r กับมุม สามารถสรุปตำแหน่งของ Fe^{3+} และ Cr^{3+} ได้ เมื่อเผาทับทิมที่ 1200° C ในบรรยากาศของออกซิเจนเป็นเวลา 12 ชั่วโมงจะพบว่าไอออน Fe^{3+} จะขยับ (Diffuse) ไปจากเดิมตามแนวแกน c มีสมมาตร C_{3v} เมื่อหมุนไป Resonant absorption peaks H_r ของ Fe^{3+} ที่ 713 mT ทั้งสองชุดเกือบซ้อนทับกัน ในขณะที่ตำแหน่ง Absorption peaks ของ Cr^{3+} ยังคงใกล้เคียงกับตำแหน่งเดิม ผลการวิเคราะห์โดย ESR แสดงในรูปที่ 63

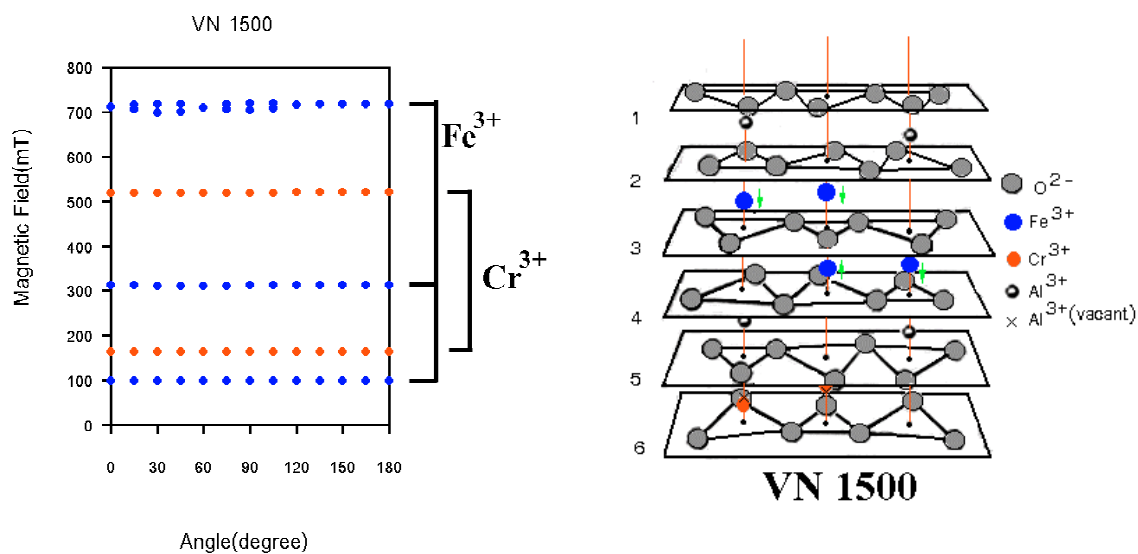
เมื่อนำทับทิมเม็ดเดิมมาเผาต่อที่อุณหภูมิ 1300°C ในบรรยากาศออกซิเจนอีก พบว่าไอออน Fe^{3+} ได้ขยับไปจากตำแหน่งของ Al^{3+} ทำให้สมมาตรแบบ C_{3v} เสียไปเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเผา แต่เมื่อเปรียบเทียบในรายละเอียด จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงของ H_r ของ Fe^{3+} ที่บริเวณ 580-720 mT มีมากกว่าเดิม ซึ่งแสดงว่าหลังการเผาที่ 1300°C Fe^{3+} จะเคลื่อนที่ออกจากแกน c จึงทำให้มีสมมาตรระหว่าง C_3 และ C_2 ในขณะที่ Resonant absorption peaks ของ Cr^{3+} ขึ้นกับ มุมที่หมุนไปเล็กน้อย เนื่องจากการเผาทำให้ระนาบ(0001) บิดไปจากเดิม ผลการวิเคราะห์โดย ESR แสดงไว้ในรูปที่ 64 เมื่อเผาที่ 1400 ,1500 และ 1600 °C พบว่า Fe^{3+} จะขยับเข้าใกล้ตำแหน่งของ Al^{3+} มากขึ้นและมีสมมาตร C_{3v} ดีขึ้น ตามรูปที่ 65-67



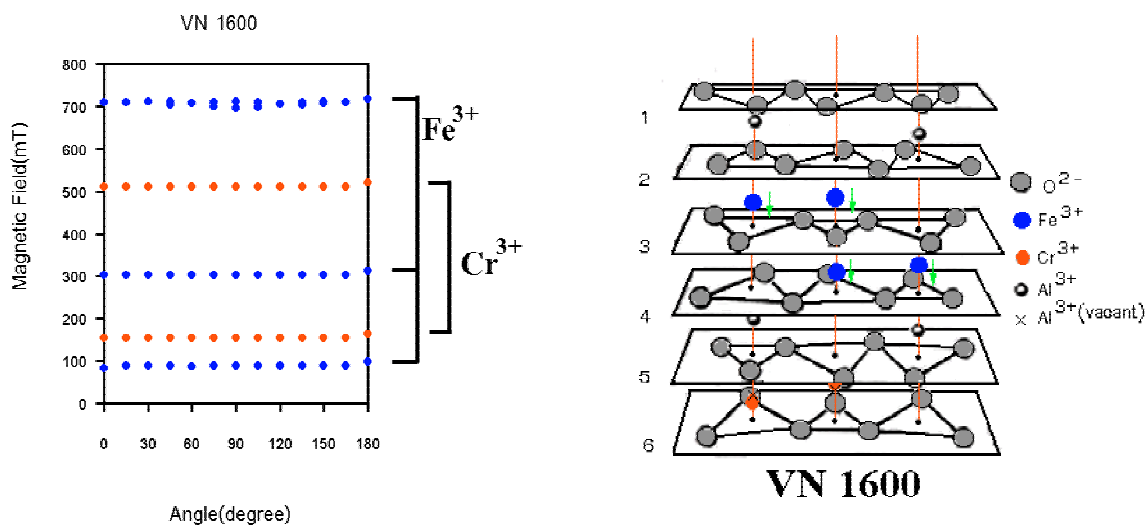
รูปที่ 64 ความสัมพันธ์ระหว่าง H_c และ ϕ ของทับทิมเวียดนามหลังเผาใน บรรยากาศออกซิเจนที่ 1300 °C



รูปที่ 65 ความสัมพันธ์ระหว่าง H_c และ ϕ ของทับทิมเวียดนามหลังเผาใน บรรยากาศออกซิเจนที่ 1400 °C



รูปที่ 66 ความสัมพันธ์ระหว่าง H_r และ ϕ ของทับทิมเวียดนามหลัง
เผาใน บรรยากาศออกซิเจนที่ 1500 °C



รูปที่ 67 ความสัมพันธ์ระหว่าง H_r และ ϕ ของทับทิมเวียดนามหลัง
เผาใน บรรยากาศออกซิเจนที่ 1600 °C

3. สรุปผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 การวิเคราะห์หัตถ์พิมพ์เวียดนามด้วย EDX จะพบว่าหัตถ์พิมพ์นี้มีสีแดงแกมม่วง เนื่องจากว่ามีปริมาณของเหล็กและไทเทเนียมอยู่เล็กน้อย โดยโมลเปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะมีโครเมียมอยู่มากกว่าธาตุทั้งสอง ธาตุที่หนักกว่า 3d ทราบซิชั่น จะต้องใช้ XRF(60 kV, Rh target)

3.2 ผลการวิเคราะห์ทาง XRD ก่อนและหลังเผา พบว่าอัตราส่วน c/a ของหน่วยเซลล์ของหัตถ์พิมพ์ในตัวอย่างที่ 1 (VNP) มีแนวโน้มลดลงมากที่สุด เมื่อหลังเผาอุณหภูมิที่ 1400°C ส่วนตัวอย่างที่ 2 (CHN) อัตราส่วน c/a ของหน่วยเซลล์จะลดลงมากที่สุดหลังเผาที่อุณหภูมิ 1500°C ผลต่างกันเนื่องจากตัวอย่างที่ 2 กรรมวิธีการเผาต่างกันคือในตัวอย่างนี้ได้เผาถึงอุณหภูมิที่กำหนดโดยตรง ไม่ได้นำตัวอย่างเดิมมาเผาซ้ำ การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วน c/a ของหน่วยเซลล์จะมีผลต่อสีของหัตถ์พิมพ์เนื่องจาก Fe^{3+} และ Cr^{3+} อยู่ภายใต้สนามผลึก (Crystal field) ที่เปลี่ยนไปจากเดิม

3.3 จาก CIE $L^*a^*b^*$ Index พบว่าสีม่วงลดลง ทำให้หัตถ์พิมพ์มีสีแดงชัดเจนขึ้น เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1200°C และ 1300°C ถ้าเผาต่อไปที่อุณหภูมิสูงขึ้นในบรรยากาศออกซิเจน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะพบว่าหัตถ์พิมพ์ตัวอย่าง V1 และ V2 เผาที่ 1500 องศาจะดีที่สุด V3 , V4 เผาที่ 1400 องศา V5 เผาที่ 1200 องศา V7 , V9 เผาที่อุณหภูมิ 1300 องศา V8 เผาที่ 1500 องศา V11 , V12 , V15 เผาที่ 1600 องศา V13 เผาที่ 1200 องศา จึงจะให้สีแดงเด่นชัดที่สุด สำหรับ V14 ไม่เห็นความแตกต่างของสีหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ โดยทั่วไปความสว่าง(lightness) ของหัตถ์พิมพ์ลดลงเล็กน้อย จึงสรุปได้ว่าผลการเผาหัตถ์พิมพ์จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิตั้งต้นที่เผาและตัวอย่างหัตถ์พิมพ์ที่เผา

3.4 UV-Visible spectra วัดก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิ 1200 ,1300 ,1400 , 1500 และ 1600 องศา พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

3.5 อัตราส่วนของ $\text{Fe}^{3+}/\text{Cr}^{3+}$ เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิที่เผาโดยค่าน้อยที่สุดของ $\text{Fe}^{3+}/\text{Cr}^{3+}$ จะเป็นอุณหภูมิที่ให้สีแดงเด่นชัดที่สุด จะพบว่าผลที่ได้จากผงหัตถ์พิมพ์และผลึกหัตถ์พิมพ์มีค่าต่างกันเพราะว่าในผลึกหัตถ์พิมพ์ O^{2-} แพร่เข้าไปได้ยากกว่า อัตราส่วนของ $\text{Fe}^{3+}/\text{Cr}^{3+}$ ในผลึกหัตถ์พิมพ์เมื่อเผาที่อุณหภูมิต่างๆจะต่างกันในแต่ละตัวอย่างขึ้นอยู่กับขบวนการการแพร่กระจายของ O^{2-} เข้าไปในผลึก

3.6 ผลการวิเคราะห์หัตถ์พิมพ์เวียดนามด้วย ESR Spectrometer พบว่าตำแหน่งของ Fe^{3+} ขยับไปจากเดิมตามแกน c เมื่อเผาที่ 1200°C และจะขยับขึ้นลงตามแกน c มากที่สุด เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1300 เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1400 - 1600 $^{\circ}\text{C}$ Fe^{3+} จะเคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งของ Al^{3+} อีก การเปลี่ยนตำแหน่งของ Fe^{3+} ลักษณะนี้ คาดว่าจะมีผลต่อสีของหัตถ์พิมพ์ เนื่องจาก Crystal Field Effect ที่มาจาก O^{2-} ทั้ง 6 ตัวรอบของทั้ง Fe^{3+} และ Cr^{3+}

4. เอกสารอ้างอิง

1. R.Hughes, *Ruby & Sapphire*, White Lotus Co.Ltd.(Bangkok) 1990 p.104
2. K.Nassau, *Gems Made by Man*, Chilton Radnor, PA 1980
3. A.Freeman and R.Frankel, *Hyperfine Interactions*, Academic Press, New York 1967 p 275-278
4. A. Abragam and B.Bleaney, *Electron Paramagnetic Resonance of Transition Ions*, Oxford University Press, London, 1970 , p 273, 432-3, 451
5. J. Weil et al, *Electron Paramagnetic Resonance*, John Wiley & Sons Inc. New York 1994 p. 221
6. C. Kittel, *Introduction to Solid State Physics*, 6th Edition, John Wiley & Sons Inc. New York 1991 p. 515-525
7. N. Nassallah- Aboukais et al, *J. Chem. Soc. Faraday Trans.* 92 (17) (1996) 3211-3216
8. S. Eidels-Dubovoi and V. Beltran-Lopez , *J. Mag. Resonance* 32 (1978) 441-449
9. J. Kilva and J. Purans, *J. Mag.Resonance* 40 (1980) 33
10. J. Pilbrow and C. Wood, *J. Mag.Resonance* 34 (1979) 113
11. T. Themelis, *The Heat Treatment of Ruby and Sapphire*, Word Graphics, Inc., USA. 1992, p 29.

กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยต้องขอแสดงความขอบคุณ มหาวิทยาลัยมหิดล ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือ สถานที่ และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.) ไว้ ณ ที่นี้ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ Mr.CAO HUNG TIEN บริษัท Technology & Trading Development Corporation ประเทศเวียดนามที่มอบแท็บทิมเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัย

ประวัตินักวิจัย

ดร.พงศ์ทิพย์ วินนัย ตำแหน่งรองศาสตราจารย์ มหาวิทยาลัยมหิดล มีประสบการณ์ทำงานวิจัยเกี่ยวกับ ESR และ NMR spectroscopy ของแท็บทิม, ตัวนำยิ่งยวด, สารแม่เหล็ก

ดร.ไฉ มิ่ง ถัง ตำแหน่งศาสตราจารย์(พิเศษ) มหาวิทยาลัยมหิดล มีประสบการณ์ทำงานวิจัยเกี่ยวกับ ESR และ NMR spectroscopy ของแท็บทิม, ตัวนำยิ่งยวด, สารแม่เหล็ก

ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ ตำแหน่งรองศาสตราจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มีประสบการณ์ทำงานวิจัยเกี่ยวกับเลเซอร์ และการเคลือบฟิล์มบาง

ภาคผนวก 1
ตารางแสดงผลงานที่จะได้รับจากโครงการ

เดือน	งานวิจัย	ผลงานที่คาดว่าจะได้รับ	นักวิจัยที่รับผิดชอบ
1-6	1.ทดสอบคุณสมบัติของทับทิมเบื้องต้น	แยกคุณภาพของทับทิม	ดร.พิเชษฐ ดร.พงศ์ทิพย์
	2. วัด UV-Visible spectra ของทับทิม	วัดและแยกสีทับทิม	ดร.พิเชษฐ
	3. ทำการวิเคราะห์ทับทิมด้วย XRF และ XRD	ทราบองค์ประกอบของทับทิม และ Impurities ที่มีอยู่ในทับทิม สามารถคัดทับทิมเพื่อเผาในสภาวะที่เหมาะสมได้ และทราบโครงสร้างผลึกของทับทิม	ดร.พิเชษฐ ดร.พงศ์ทิพย์
	4. วัด ESR spectra ของทับทิมก่อนทำการเผาในช่วง X-band	ESR spectra ก่อนเผา	ดร.พงศ์ทิพย์ ดร.ถึง
	5. เผาทับทิมทั้งที่เป็นเม็ดและผงที่อุณหภูมิ 1200°C ภายใต้บรรยากาศของ O ₂ หรือ N ₂ เป็นเวลาระหว่าง 4-24 ชั่วโมง	อุณหภูมิ และบรรยากาศที่เหมาะสมที่จะเผาทับทิมให้ได้คุณภาพที่ดี	ดร.พิเชษฐ ดร.ถึง ดร.พงศ์ทิพย์
	6. วัด ESR spectra ของทับทิมทั้งที่เป็นผงและเม็ด ในช่วง X-band	ESR parameters หลังการเผาที่ 1200°C	ดร.พงศ์ทิพย์ ดร.ถึง
	7. ทำการวิเคราะห์ทับทิมด้วยเครื่อง XRD หลังการเผาที่ 1200°C	การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของผลึกทับทิมหลังการเผา	ดร.พิเชษฐ ดร.ถึง
	8. วัด UV-Visible spectra ของทับทิมหลังการเผา	การเปลี่ยนสี และความใสของทับทิมหลังการเผา	ดร.พิเชษฐ
	9. สรุป และวิเคราะห์ผลงานวิจัย 6 เดือนแรก	การเปลี่ยนแปลงของสีทับทิม และการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของผลึกทับทิมจาก XRD, ESR หลังจากเผาที่ 1200°C	ดร.พงศ์ทิพย์ ดร.พิเชษฐ ดร.ถึง

เดือน	งานวิจัย	ผลงานที่คาดว่าจะได้รับ	นักวิจัยที่รับผิดชอบ
7-12	10. เผาทับทิม ในลักษณะเป็นเม็ด และเป็นผง ในบรรยากาศของ O_2 หรือ N_2 ที่อุณหภูมิ $1300^\circ C$, $1400^\circ C$	อุณหภูมิและบรรยากาศ และช่วงเวลาการเผาที่เหมาะสม	ดร.พิเชษฐ ดร.ถัง ดร.พงศ์ทิพย์
	11. วัด UV-Visible spectra ของทับทิม ที่เผา ที่ $1300^\circ C$ และ $1400^\circ C$	การเปลี่ยนสีของทับทิม	ดร.พิเชษฐ
	12. วิเคราะห์ทับทิมโดย XRD หลังการเผาที่ $1300^\circ C$ และ $1400^\circ C$	โครงสร้างของทับทิมหลังการเผาที่อุณหภูมิ $1300^\circ C$ และ $1400^\circ C$	ดร.พิเชษฐ
	13. วัด ESR spectra ของทับทิมที่เผาที่อุณหภูมิ $1300^\circ C$ และ $1400^\circ C$ ในช่วง X-band	ESR parameters	ดร.พงศ์ทิพย์
	14. สรุป และวิเคราะห์ผลงานในรอบ 6 เดือน	การเปลี่ยนแปลงของสีทับทิม เปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ทับทิมหลังการเผาที่ $1300^\circ C$ และ $1400^\circ C$	ดร.พงศ์ทิพย์ ดร.พิเชษฐ

เดือน	งานวิจัย	ผลงานที่คาดว่าจะได้รับ	นักวิจัยที่รับผิดชอบ
13-18	15. เผาทับทิม ที่อุณหภูมิ $1500^\circ C$ และ $1600^\circ C$ ในบรรยากาศ O_2 หรือ N_2 เป็นเวลา 4-24 ชั่วโมง	อุณหภูมิ และบรรยากาศรวมทั้งช่วงเวลาเผาที่เหมาะสมให้ได้สีทับทิมที่เหมาะสม	ดร.พิเชษฐ ดร.พงศ์ทิพย์ ดร.ถัง
	16. ทำซ้ำตามข้อ 12, 13 และ 14	การเปลี่ยนสีของทับทิม, การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทับทิมหลังการเผา	ดร.พิเชษฐ ดร.พงศ์ทิพย์ ดร.ถัง
	17. สรุป และวิเคราะห์ผลงานวิจัยในรอบ 6 เดือน	รายงานผลงานฉบับสมบูรณ์	ดร.พงศ์ทิพย์ ดร.พิเชษฐ ดร.ถัง

ภาคผนวก 2

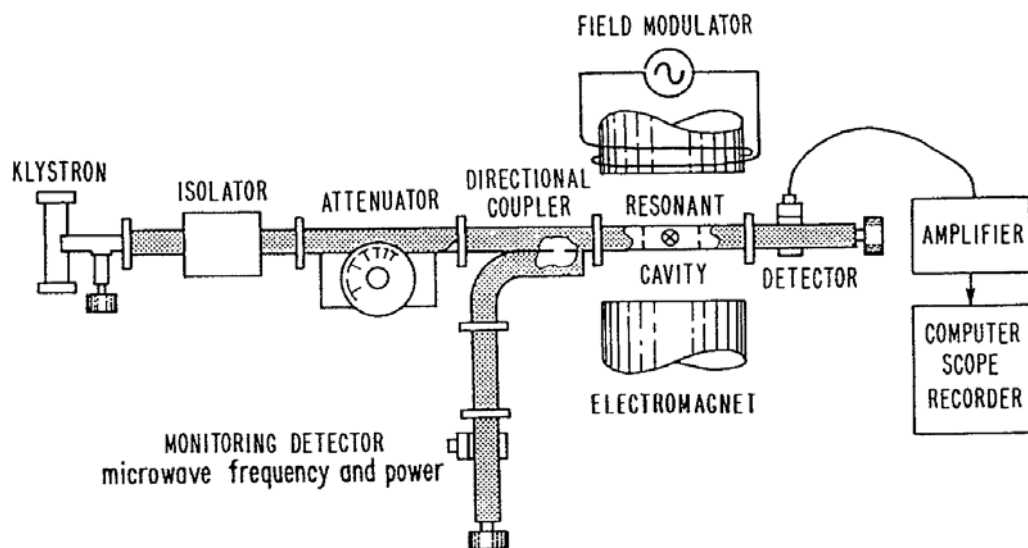
รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการตามแผนงานโดยสรุป

กิจกรรม(ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
1 เผาทับทิม ในลักษณะเป็นเม็ด และผง ในบรรยากาศของ O ₂ หรือ N ₂ ก่อนและหลังการเผาที่ 1200 °C -1600 °C	1 อุณหภูมิและบรรยากาศและช่วงเวลาการเผาที่เหมาะสม	1 ได้ตามแผนที่วางไว้	เผาถึง 1600 °C ในบรรยากาศของ O ₂ เท่านั้น เนื่องจากทับทิมเวียดนามมีสีแดงแกมม่วง
2 วัด UV-Visible spectra, สีของทับทิมก่อนและหลังเผาที่ 1200 °C-1600 °C	2 การเปลี่ยนสีของทับทิม	2 ได้ตามแผนที่วางไว้	วัดสีทับทิมถึง 1500 °C เนื่องจากเครื่องวัดสีเสียส่วน UV-Visible spectra ถึง 1600 °C
3 การวิเคราะห์ทับทิมโดย XRD ก่อนและ หลังการเผาที่ 1200 °C -1600 °C. ในบรรยากาศของ O ₂	3 โครงสร้างของทับทิมหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 °C -1600 °C	3 ได้ตามแผนที่วางไว้	
4 วัด ESR spectra ของทับทิมที่เผาที่ 1200 °C - 1600 °C ในช่วง X-band	4 อัตราส่วนของ Fe ³⁺ /Fe ³⁺ _{RT} , Cr ³⁺ /Cr ³⁺ _{RT} และ Fe ³⁺ /Cr ³⁺ หลังเผา	4 ได้ตามแผนที่วางไว้	
5 สรุป และวิเคราะห์ผลงาน ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์	5 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนสีของทับทิมกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผลึกทับทิมและ Fe ³⁺ /Cr ³⁺ หลังการเผาที่ 1200 °C-1600 °C	5 ได้ตามแผนที่วางไว้	
6 ถ่ายทอดเทคโนโลยี			จะดำเนินการต่อไป

ภาคผนวก 3

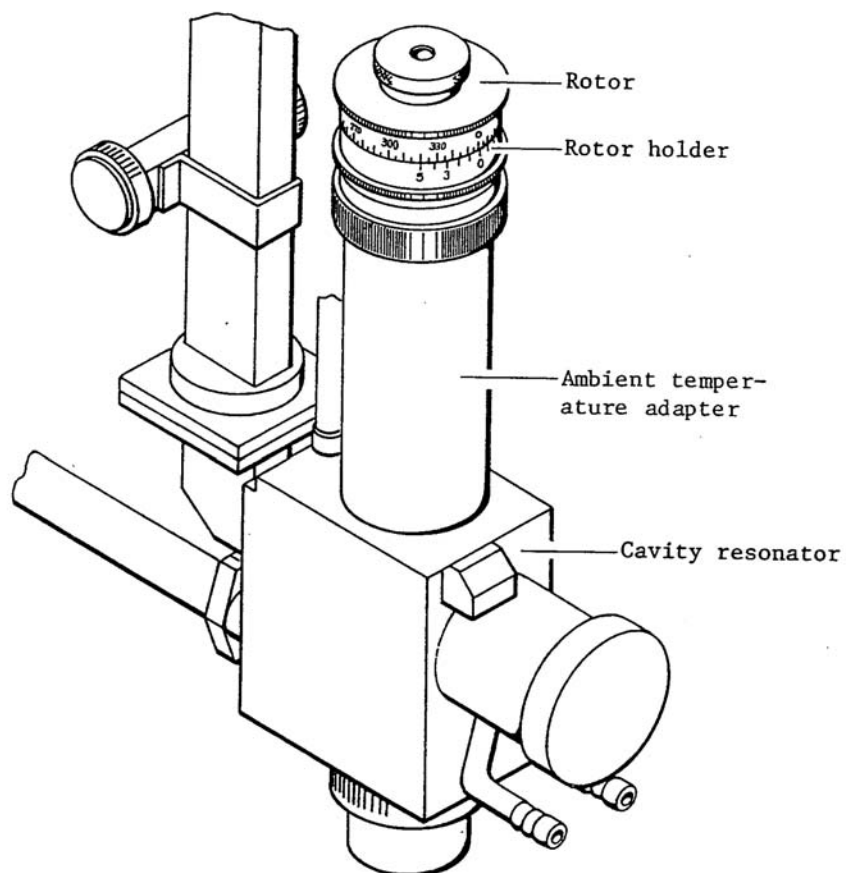


ESR Spectrometer

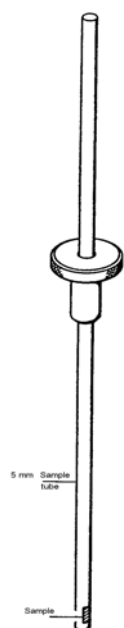


Block Diagram of ESR Spectrometer

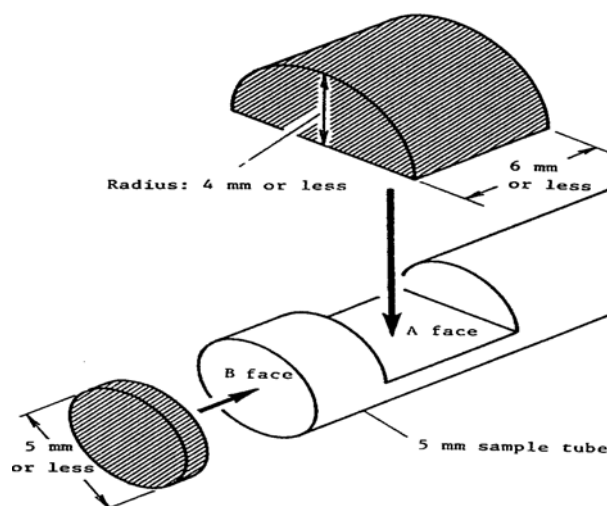
ภาคผนวก 4



Goniometer



Sample Holder



Loading Sample