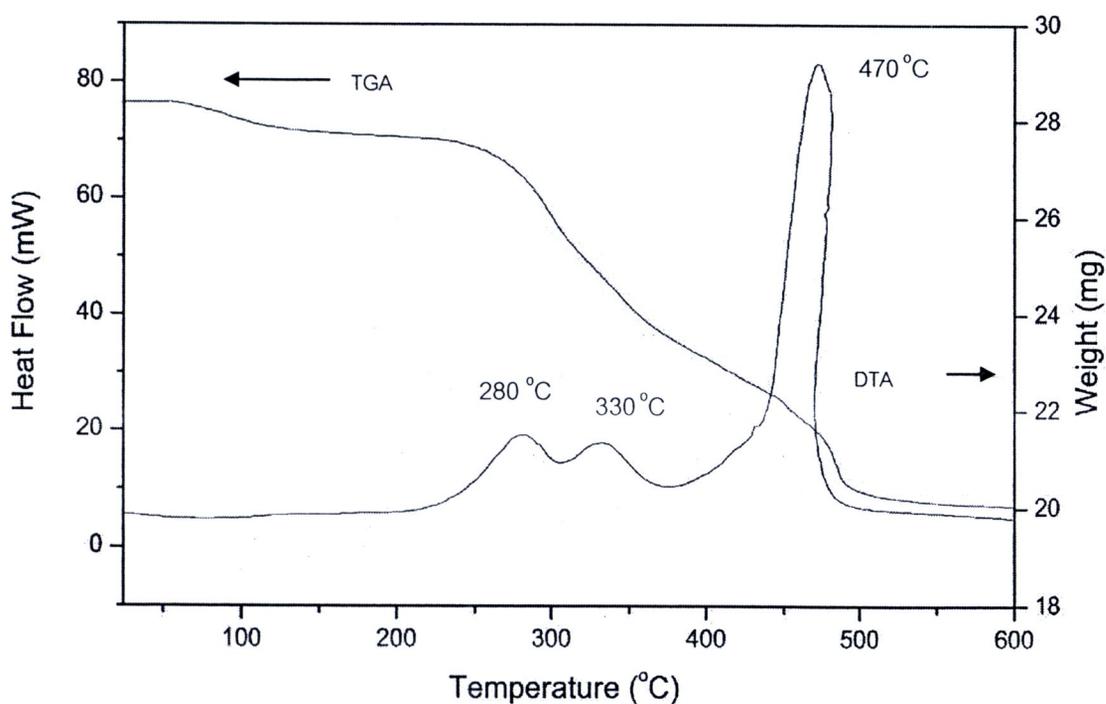


บทที่ 4

ผลการวิจัย

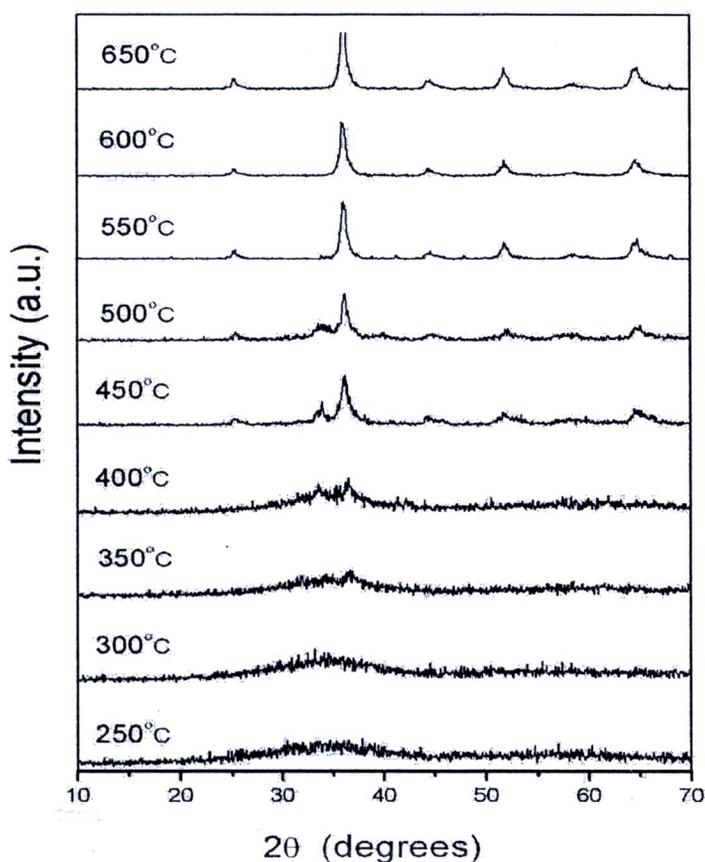
4.1 ผลการวิเคราะห์เชิงความร้อนที่เป็นความร้อนด้วยเทคนิค DTA และ TGA ของผงผลึก เลดเซอร์โคเนตไททานเนต

ผลจากการตรวจสอบวิเคราะห์ DTA - TGA ของผงผลึก PZT แสดงในภาพที่ 13 พบว่าเกิดการสูญเสียน้ำหนัก 2 ช่วง โดยช่วงที่ 1 เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 350 องศาเซลเซียส ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของพอลิเมอร์ ซึ่งสอดคล้องกับปฏิกิริยาการคายความร้อนที่อุณหภูมิ 280 และ 330 ของกราฟ DTA ช่วงที่ 2 ของการสูญเสียน้ำหนักเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 470 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการคายความร้อน เนื่องจากเริ่มเกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นไปจนถึงอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส



ภาพ 13 การวิเคราะห์เชิงความร้อนที่เป็นความร้อนด้วยเทคนิค DTA และ TGA ของผงผลึก เลดเซอร์โคเนตไททานเนต

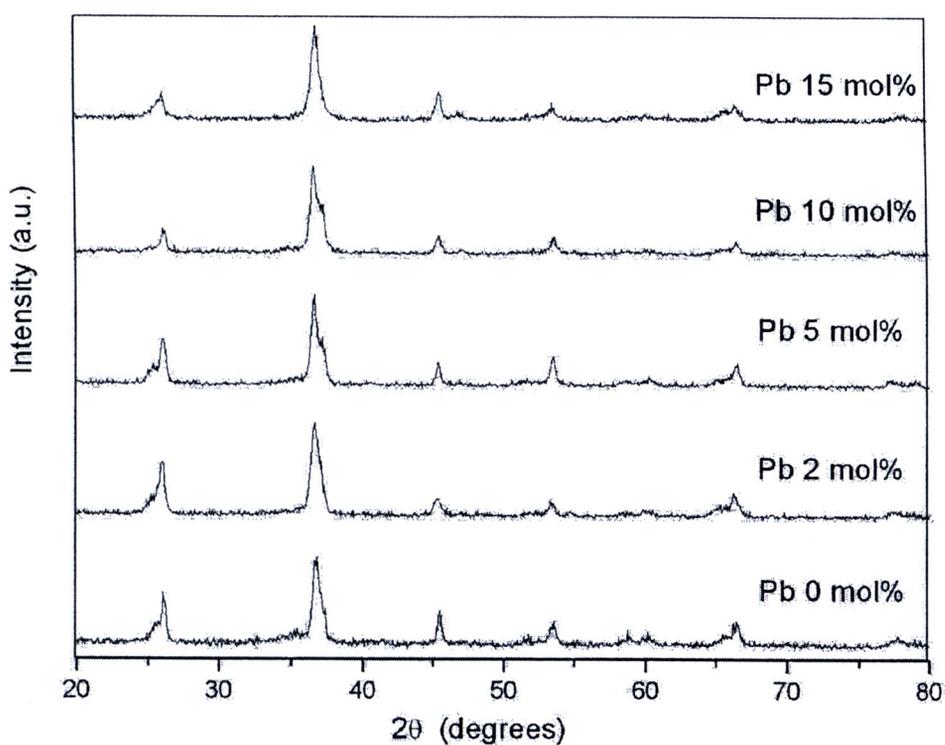
รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของผงผลึก PZT โดยวิธีการกระบวนการ Sol-gel ในอัตราส่วน 52:48 โดยใช้อุณหภูมิในการเผาแคลไซน์ ที่ 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600 และ 650 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพ 14 พบว่าผงผลึก PZT จะมีความบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส โดยโครงสร้างของเฟสมีความสัมพันธ์กับแฟ้มข้อมูลของ JCPDS 73 - 2022



ภาพ 14 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) ของผงผลึก PZT โดยการเผาแคลไซน์ ที่ 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600 และ 650 องศาเซลเซียส

4.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffractometer: XRD)

ของผงผลึกเลดเซอร์โคเนตไททานเนตภาพการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของผงผลึก PZT โดยการเพิ่มอัตราส่วนของตะกั่วส่วนเกินที่ 0, 2, 5, 10 และ 15 %/mol ที่เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 600 พบว่าผงผลึก PZT ที่ 0, 2, 5 และ 10 %/mol กราฟ PZT เป็นโครงสร้างรวมโบฮีตอลที่ไม่สมบูรณ์เพราะยังมีพีคแปลกปลอมหลงเหลืออยู่ แต่ปริมาณตะกั่วส่วนเกินที่ 15 %/mol กราฟ PZT เป็นโครงสร้างรวมโบฮีตอลที่สมบูรณ์เพราะไม่มีพีคแปลกปลอมหลงเหลืออยู่ ดังภาพ 15

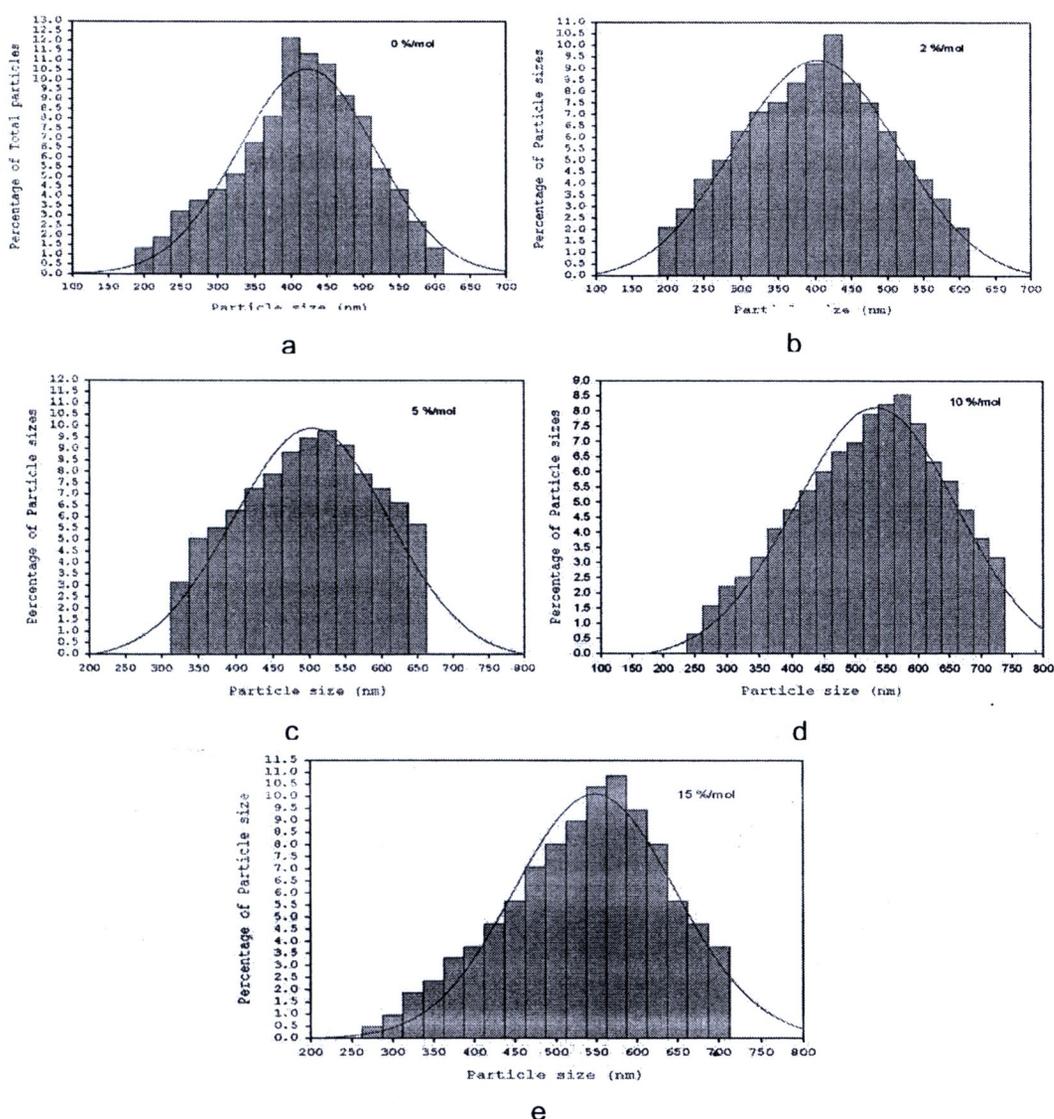


ภาพ 15 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ XRD ของผงผลึก PZT โดยการเพิ่มปริมาณตะกั่วส่วนเกินที่ 0, 2, 5, 10 และ 15 %/mol

4.3 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและการกระจายตัวของอนุภาค

จากการหาขนาดอนุภาคของผงเซรามิก PZT ที่ 0, 2, 5, 10 และ 15 %/mol พบว่าขนาดของอนุภาคเฉลี่ยที่ยังไม่ได้เพิ่มปริมาณตะกั่ว มีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคอยู่ในช่วงประมาณ 175 – 630 nm โดยที่มีขนาดของค่าเฉลี่ยอนุภาคที่ 422 nm ค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคที่ 2 5 10 และ 15 %/mol จะอยู่ที่ 403 504 532 และ 547 nm ตามลำดับดังภาพ 17

ผงที่เติมปริมาณตะกั่วส่วนเกินมากจะมีขนาดของอนุภาคใหญ่ขึ้นเนื่องจากการเตรียมด้วยวิธีการกระบวนกรไซเจล จะช่วยลดการละลายของตะกั่วออกจากระบบได้เป็นอย่างดี



ภาพ 16 กราฟขนาดอนุภาคและการกระจายตัวของอนุภาคผง PZT เมื่อเติมตะกั่วส่วนเกิน

a 0 %/mol b 2 %/mol c 5 %/mol d 10 %/mol และที่ 15 %/mol

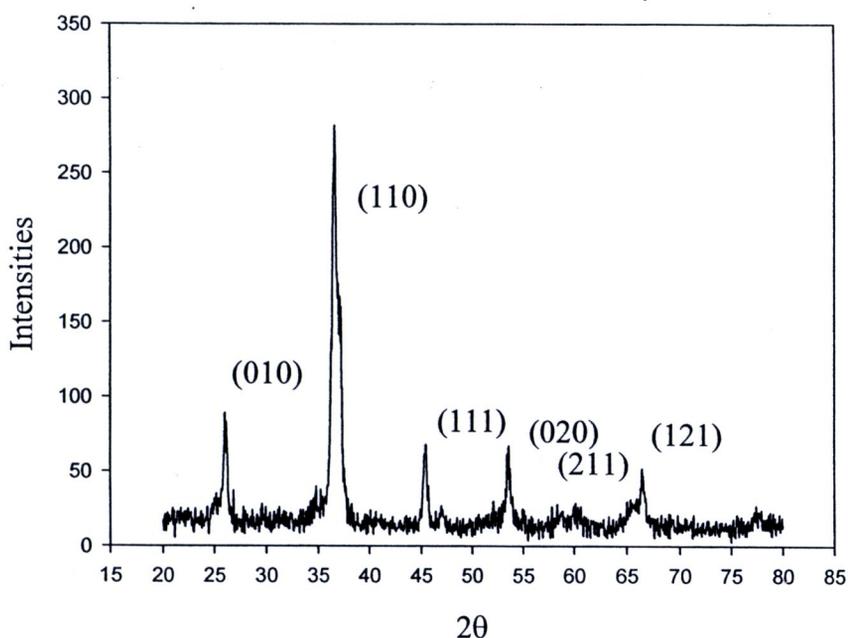
ตารางที่ 4.1 แสดงขนาดของอนุภาคที่และการกระจายตัวของผงผลึก PZT

Excess lead PZT (mol %)	Patical Size Anaiyzer	
	Average	Range
0	425.00	188-614
2	402.13	187-614
5	503.48	311-663
10	533.98	237-758



4.4 ลักษณะเฉพาะของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

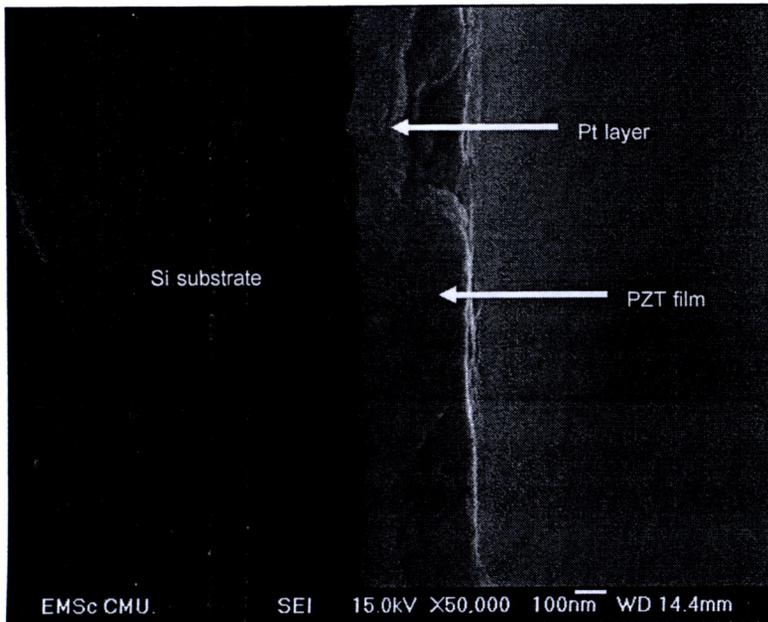
4.4.1 ผลการตรวจวัดแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททาเนต ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องตรวจวัดการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอ็กซ์



ภาพ 17 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ผ่านการ Pre-heat ที่ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และเผาที่ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

ลักษณะโครงสร้างของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ผ่านการตรวจวัดด้วยเครื่อง XRD แสดงในภาพ 17 พบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ผ่านการ Pre-heat ที่ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และเผาที่ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ไม่มีการแยกออกของพีคของระนาบ (010) และระนาบ (020) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการแยกออกของพีคจะเกิดขึ้นในกรณีที่เกิดโครงสร้าง Tetragonal ของ PZT ในบริเวณที่ใกล้กับ morphotropic phase boundary (MPB) ทำให้สังเกตการแยกออกของพีคได้ค่อนข้างยาก และระนาบของแผ่นฟิล์มบางที่ตรวจวัดได้ปราศจากระนาบแปลกปลอม

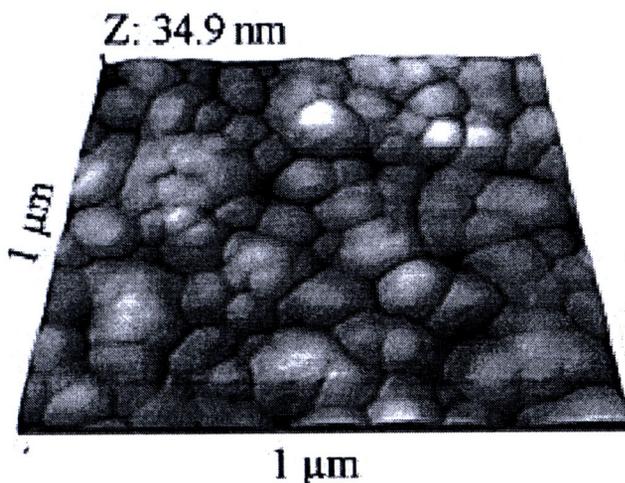
4.4.2 ผลการวิเคราะห์แผ่นฟิล์มบางของของเลดเซอร์โคเนตไททานेट ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



ภาพ 18 แสดงภาพ SEM ของแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

ภาพ 18 แสดงให้เห็นถึงภาคตัดขวางของฟิล์มบาง PZT บน Pt/Ti ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ภาพแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มบางมีความหนาแน่นสูงและปราศจากรอยแตก โดยมีความหนาของแผ่นฟิล์มเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 250 nm และสังเกตไม่พบการก่อตัวของเกรนในแนวตั้ง

4.4.3 ผลการวิเคราะห์แผ่นฟิล์มบางของของเลดเซอร์โคเนตไททาเนต ที่ Pre-heat ที่ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง Atomic Force Microscopy (AFM)

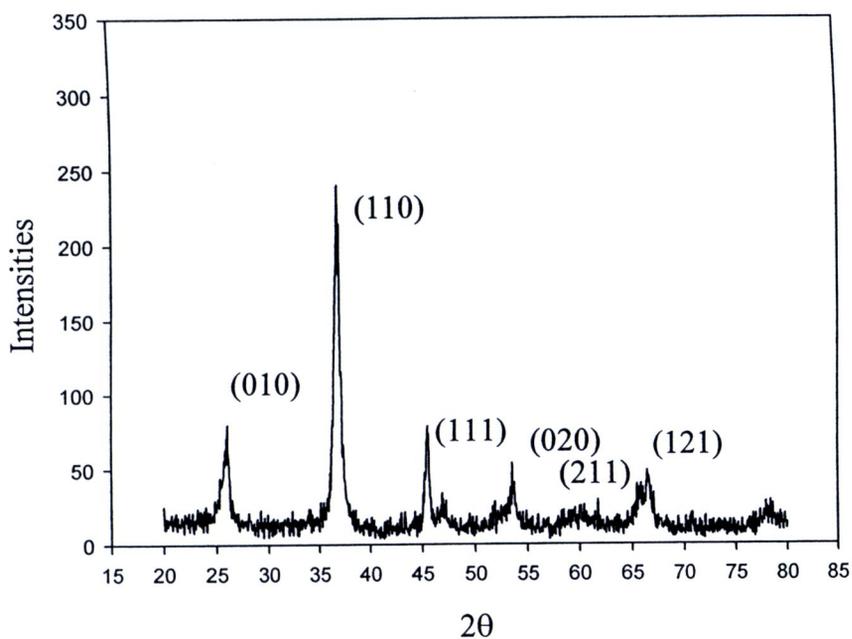


ภาพ 19 แสดงภาพ AFM ของแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

แผ่นฟิล์มบางที่เตรียมได้จะมีลักษณะใสคล้ายกระจก โดยที่โครงสร้างของพื้นผิว จะแสดงโดยภาพ AFM ในรูปที่ 19 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่เตรียมได้มีความหนาประมาณ 250 nm และมีขนาดของเกรนประมาณ 114 nm และมีค่าความขรุขระกำลังสองเฉลี่ยอยู่ที่ 4.73 nm

4.5 ลักษณะเฉพาะของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

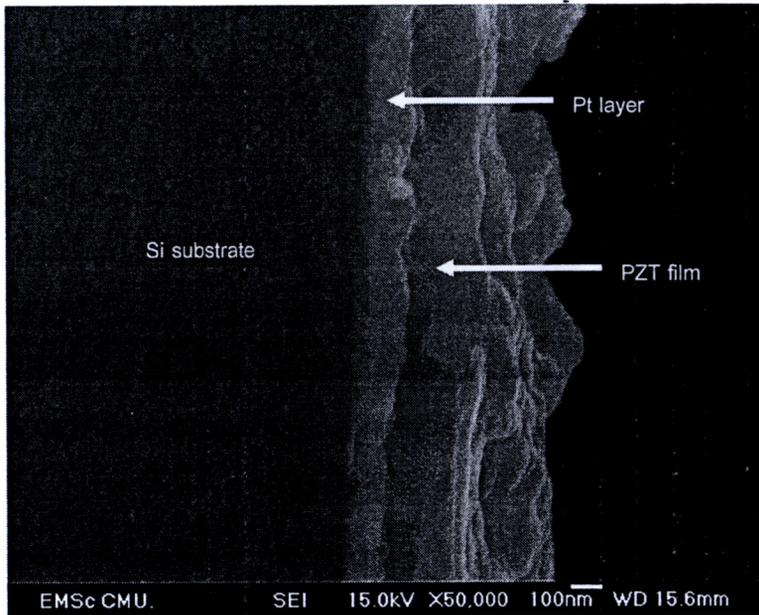
4.5.1 ผลการตรวจวัดแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेट ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องตรวจวัดการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอ็กซ์



ภาพ 20 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ผ่านการ Pre-heat ที่ 250 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และเผาที่ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

ลักษณะโครงสร้างของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ผ่านการตรวจวัดด้วยเครื่อง XRD แสดงในภาพ 20 พบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ผ่านการ Pre-heat ที่ 250 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และเผาที่ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ไม่มีการแยกออกของพีคของระนาบ (010) และระนาบ (020) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการแยกออกของพีคจะเกิดขึ้นในกรณีที่เกิดโครงสร้าง Tetragonal ของ PZT ในบริเวณที่ใกล้กับ morphotropic phase boundary (MPB) ทำให้สังเกตการแยกออกของพีคได้ค่อนข้างยาก และระนาบของแผ่นฟิล์มบางที่ตรวจวัดได้ปราศจากระนาบแปลกปลอม

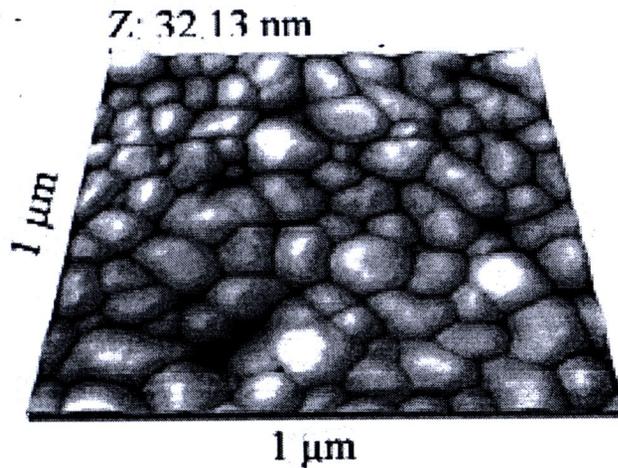
4.5.2 ผลการวิเคราะห์แผ่นฟิล์มบางของของเลดเซอร์โคเนตไททานต ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



ภาพ 21 แสดงภาพ SEM ของแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททานตที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

ภาพ 21 แสดงให้เห็นถึงภาคตัดขวางของฟิล์มบาง PZT บน Pt/Ti ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ภาพแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มบางมีความหนาแน่นสูงและปราศจากรอยแตก โดยมีความหนาของแผ่นฟิล์มเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 250 nm และสังเกตไม่พบการก่อตัวของเกรนในแนวตั้ง

4.5.3 ผลการวิเคราะห์แผ่นฟิล์มบางของของเลดเซอร์โคเนตไททาเนต ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง Atomic Force Microscopy (AFM)

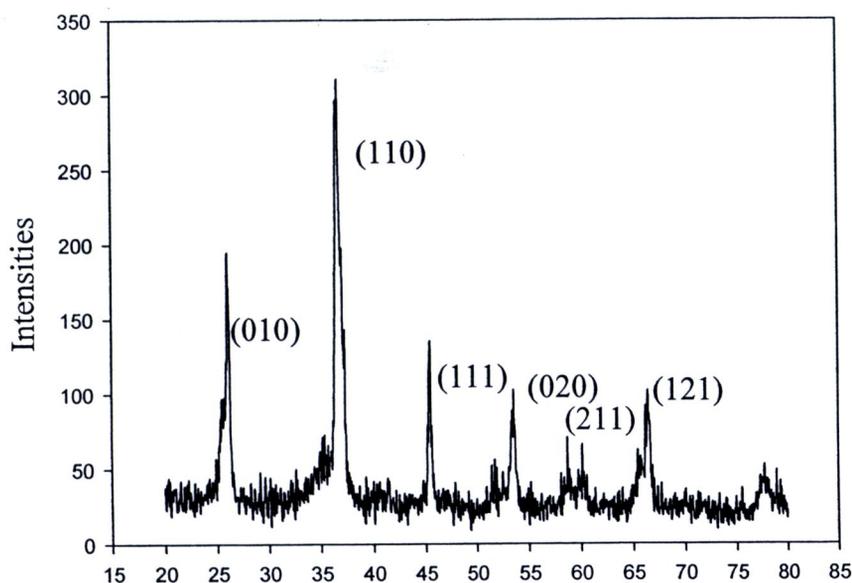


ภาพ 22 แสดงภาพ AFM ของแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

แผ่นฟิล์มบางที่เตรียมได้จะมีลักษณะใสคล้ายกระจก โดยที่โครงสร้างของพื้นผิวจะแสดงโดยภาพ AFM ในรูปที่ 22 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่เตรียมได้มีความหนาประมาณ 250 nm และมีขนาดของเกรนประมาณ 107 nm และมีค่าความขรุขระกำลังสองเฉลี่ยอยู่ที่ 4.32 nm

4.6 ลักษณะเฉพาะของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

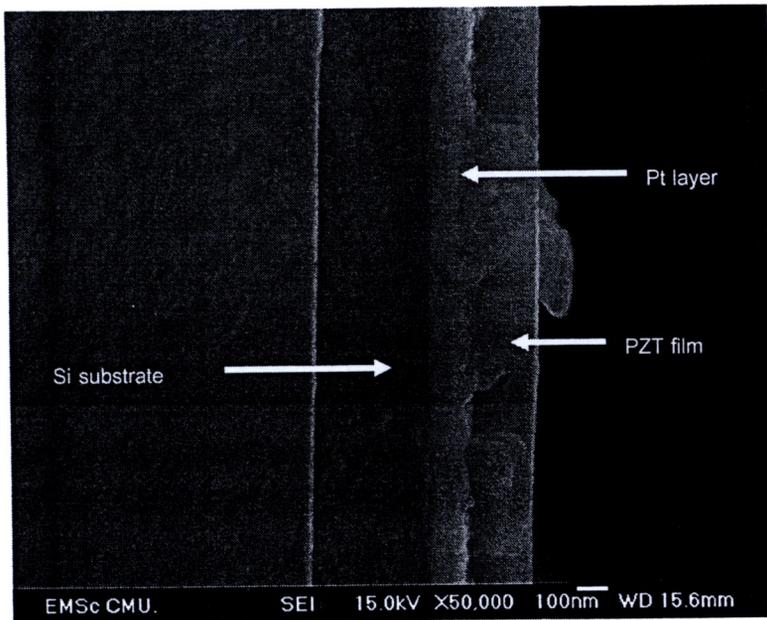
4.6.1 ผลการตรวจวัดแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेट ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องตรวจวัดการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอ็กซ์



ภาพ 23 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ผ่านการ Pre-heat ที่ 300 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และเผาที่ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

ลักษณะโครงสร้างของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ผ่านการตรวจวัดด้วยเครื่อง XRD แสดงในภาพ 23 พบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ผ่านการ Pre-heat ที่ 300 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และเผาที่ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ไม่มีการแยกออกของพีคของระนาบ (010) และระนาบ (020) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการแยกออกของพีคจะเกิดขึ้นในกรณีที่เกิดโครงสร้าง Tetragonal ของ PZT ในบริเวณที่ใกล้กับ morphotropic phase boundary (MPB) ทำให้สังเกตการแยกออกของพีคได้ค่อนข้างยาก และระนาบของแผ่นฟิล์มบางที่ตรวจวัดได้ปราศจากระนาบแปลกปลอม

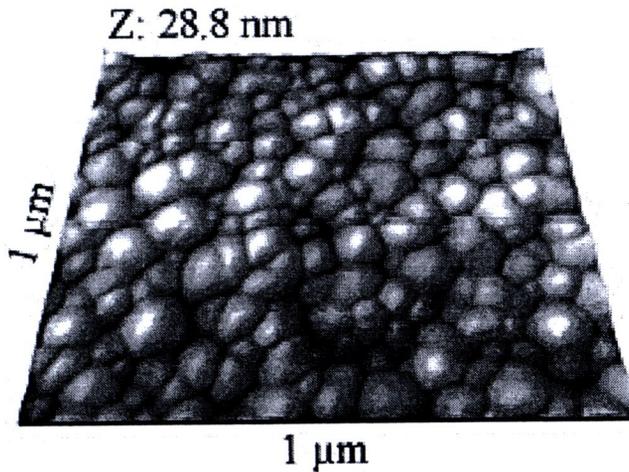
4.6.2 ผลการวิเคราะห์แผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททาเนต ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



ภาพ 24 แสดงภาพ SEM ของแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

ภาพ 24 แสดงให้เห็นถึงภาคตัดขวางของฟิล์มบาง PZT บน Pt/Ti ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ภาพแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มบางมีความหนาแน่นสูงและปราศจากรอยแตก โดยมีความหนาของแผ่นฟิล์มเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 200 nm และสังเกตเห็นไม่พบการก่อตัวของเกรนในแนวตั้ง

4.6.3 ผลการวิเคราะห์แผ่นฟิล์มบางของของเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง Atomic Force Microscopy (AFM)

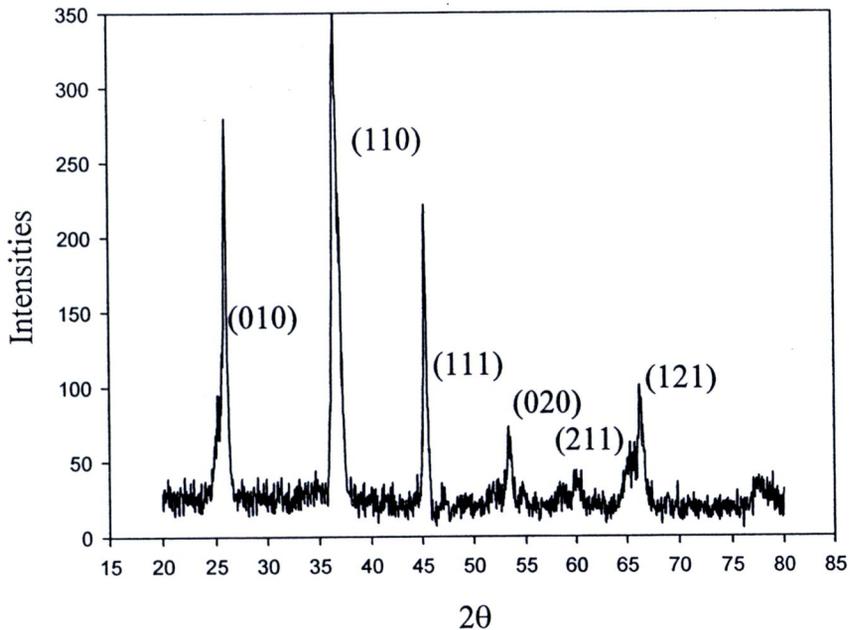


ภาพ 25 แสดงภาพ AFM ของแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

แผ่นฟิล์มบางที่เตรียมได้จะมีลักษณะใสคล้ายกระจก โดยที่โครงสร้างของพื้นผิวจะแสดงโดยภาพ AFM ในรูปที่ 25 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่เตรียมได้มีความหนาประมาณ 250 nm และมีขนาดของเกรนประมาณ 102 nm และมีค่าความขรุขระกำลังสองเฉลี่ยอยู่ที่ 4.85 nm

4.7 ลักษณะเฉพาะของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

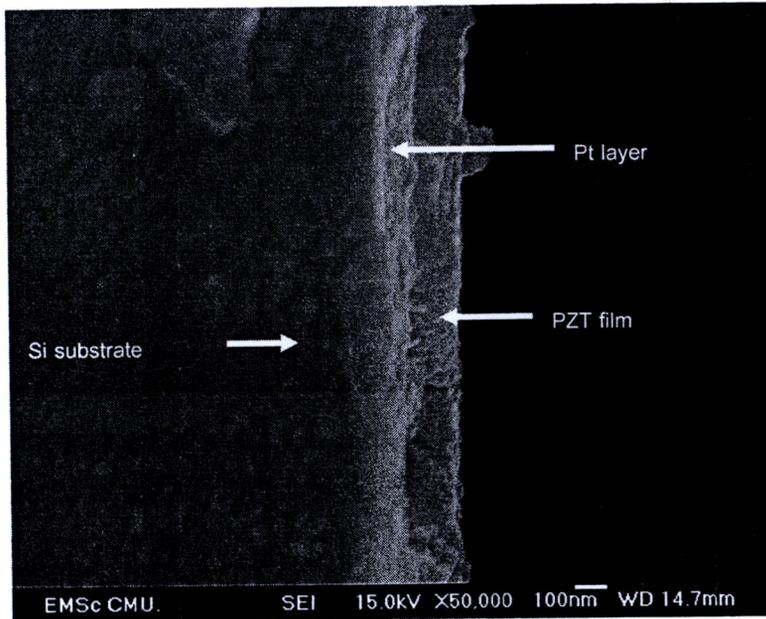
4.7.1 ผลการตรวจวัดแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททาเนต ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องตรวจวัดการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอ็กซ์



ภาพ 26 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ผ่านการ Pre-heat ที่ 350 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และเผาที่ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

ลักษณะโครงสร้างของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ผ่านการตรวจวัดด้วยเครื่อง XRD แสดงในภาพ 26 พบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ผ่านการ Pre-heat ที่ 350 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และเผาที่ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ไม่มีการแยกออกของพีคของระนาบ (010) และระนาบ (020) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการแยกออกของพีคจะเกิดขึ้นในกรณีที่เกิดโครงสร้าง Tetragonal ของ PZT ในบริเวณที่ใกล้กับ morphotropic phase boundary (MPB) ทำให้สังเกตการแยกออกของพีคได้ค่อนข้างยาก และระนาบของแผ่นฟิล์มบางที่ตรวจวัดได้ปราศจากระนาบแปลกปลอม

4.7.2 ผลการวิเคราะห์แผ่นฟิล์มบางของของเลดเซอร์โคเนตไททาเนต ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

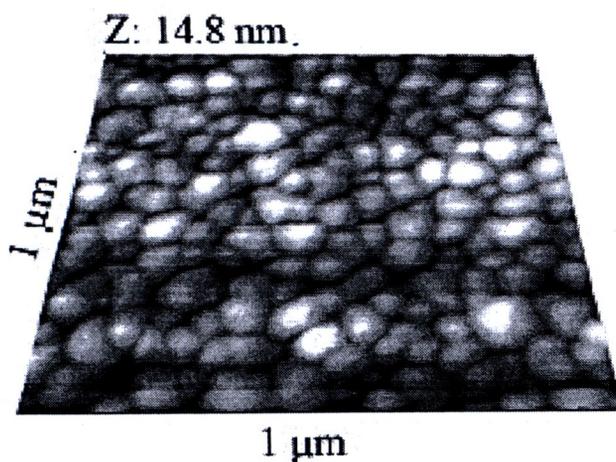


ภาพ 27 แสดงภาพ SEM ของแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

ภาพ 27 แสดงให้เห็นถึงภาคตัดขวางของฟิล์มบาง PZT บน Pt/Ti ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ภาพแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มบางมีความหนาแน่นสูงและปราศจากรอยแตก โดยมีความหนาของแผ่นฟิล์มเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 180 nm และพบว่ามีเม็ดเกรนขนาดเล็กเกิดขึ้นโดยมีขนาดประมาณ 20 nm สังเกตไม่พบการก่อตัวของเกรนในแนวตั้ง



- 4.7.3 ผลการวิเคราะห์แผ่นฟิล์มบางของของเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง Atomic Force Microscopy (AFM)



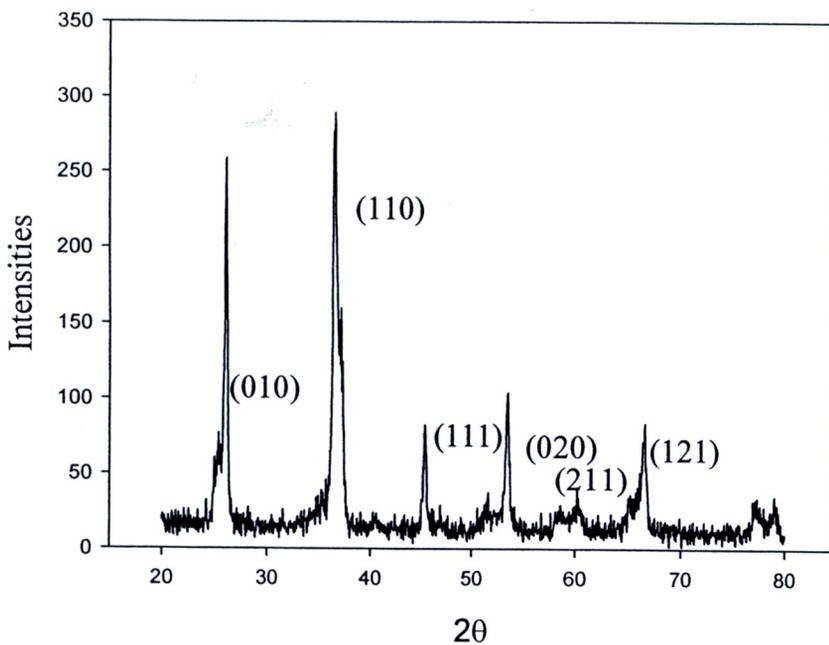
ภาพ 28 แสดงภาพ AFM ของแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

แผ่นฟิล์มบางที่เตรียมได้จะมีลักษณะใสคล้ายกระจก โดยที่โครงสร้างของพื้นผิวจะแสดงโดยภาพ AFM ในรูปที่ 28 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่เตรียมได้มีความหนาประมาณ 250 nm และมีขนาดของเกรนประมาณ 100 nm และมีค่าความขรุขระกำลังสองเฉลี่ยอยู่ที่ 2.06 nm



4.8 ลักษณะเฉพาะของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

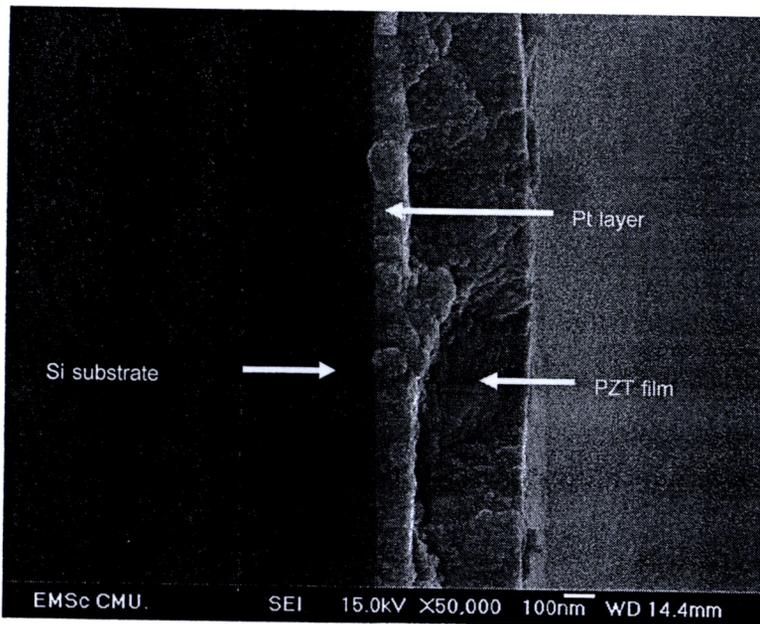
4.8.1 ผลการตรวจวัดแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेट ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องตรวจวัดการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอ็กซ์



ภาพ 29 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ผ่านการ Pre-heat ที่ 400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และเผาที่ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

ลักษณะโครงสร้างของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ผ่านการตรวจวัดด้วยเครื่อง XRD แสดงในภาพ 29 พบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแผ่นฟิล์มบางเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ผ่านการ Pre-heat ที่ 400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และเผาที่ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ไม่มีการแยกออกของพีคของระนาบ (010) และระนาบ (020) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการแยกออกของพีคจะเกิดขึ้นในกรณีที่เกิดโครงสร้าง Tetragonal ของ PZT ในบริเวณที่ใกล้กับ morphotropic phase boundary (MPB) ทำให้สังเกตการแยกออกของพีคได้ค่อนข้างยาก และระนาบของแผ่นฟิล์มบางที่ตรวจวัดได้ปราศจากระนาบแปลกปลอม

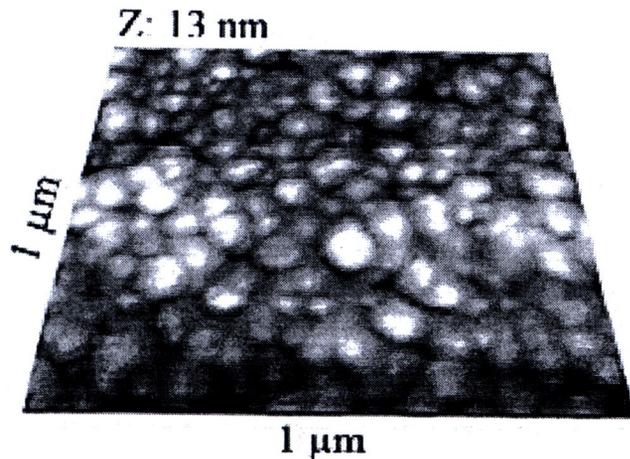
4.8.2 ผลการวิเคราะห์แผ่นฟิล์มบางของออกไซด์โคเนตไททาเนต ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



ภาพ 30 แสดงภาพ SEM ของแผ่นฟิล์มบางของออกไซด์โคเนตไททาเนตที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

ภาพ 30 แสดงให้เห็นถึงภาคตัดขวางของฟิล์มบาง PZT บน Pt/Ti ที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ภาพแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มบางมีความหนาแน่นสูงและปราศจากรอยแตก โดยมีความหนาของแผ่นฟิล์มเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 250 nm และพบว่ามีเม็ดเกรนขนาดเล็กเกิดขึ้นโดยมีขนาดประมาณ 10-15 nm สังเกตไม่พบการก่อตัวของเกรนในแนวตั้ง

4.8.3 ผลการวิเคราะห์แผ่นฟิล์มบางของของเลดเซอร์โคเนตไททานेट ที่ Pre-heat ที่ อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง Atomic Force Microscopy (AFM)



ภาพ 31 แสดงภาพ AFM ของแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

แผ่นฟิล์มบางที่เตรียมได้จะมีลักษณะใสคล้ายกระจก โดยที่โครงสร้างของพื้นผิวจะแสดงโดยภาพ AFM ในรูปที่ 31 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มบางของเลดเซอร์โคเนตไททานेटที่ Pre-heat ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส และเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่เตรียมได้มีความหนาประมาณ 250 nm และมีขนาดของเกรนประมาณ 96.7 nm และมีค่าความขรุขระกำลังสองเฉลี่ยอยู่ที่ 3.08 nm