รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสังเคราะห์เส้นใยนาโนเพียโซอิเล็กทริกด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิ่ง

Synthesis of Piezoelectric Nanofibers via Electrospinning

นาย นราธิป วิทยากร

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IIII
สารบัญตาราง VI
สารบัญภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 3
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 นาโนเทคโนโลยีและเส้นใยนาโน 4
2.1.1 นาโนเทคโนโลยี 4
2.1.2 เส้นใยนาโน 5
2.2 เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง 6
2.2.1 หลักการทำงานของระบบอิเล็กโตรสปินนิง 7
2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง 10
2.2.2.1 สมบัติของสารละลาย 11
2.2.2.2 ตัวแปรในระบบ 12
2.2.2.2 สภาพแวดล้อม 14
2.3 กระบวนการโซล-เจล 15
2.4 ชนิดของสารตั้งต้น 17
2.5 วัสดุเฟอร์โรอิเล็กทริก 19
2.6 วัสดุเพียโซอิเล็กทริก 20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.1 สมบัติเพียโซอิเล็กทริกแบบทางตรง 20

2.6.2 สมบัติเพียโซอิเล็กทริกแบบทางอ้อม 21

2.7 การเกิดโพลาไรเซชันได้เอง 22

2.8 โครงสร้างเพอรอฟสไกต์ 25

2.9 เลดเซอร์โคเนต 27

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29

2.11 การแคลไซน์ 37

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 39

3.1 สารเคมี 39

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ 39

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือในระบบอิเล็กโตรสปินนิง 40

3.4 กระบวนการเตรียมสารละลายตั้งต้นสำหรับกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง 40

3.4.1 การเตรียมสารละลายตั้งต้นเลดเซอร์โคเนตด้วยกระบวนการโซล-เจล 40

3.4.2 กระบวนการเตรียมสารละลายคอมโพสิตเลดเซอร์โคเนตกับพอลิเอทิลลีนออกไซด์ 42

3.5 การประดิษฐ์เส้นใยด้วยกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง 42

3.6 กระบวนการเตรียมเส้นใยเซรามิก 43

3.7 การตรวจสอบพฤติกรรมทางความร้อน 44

3.7.1 เทคนิคเทอร์มอลกราวิเมทริก (TGA) 44

3.7.2 เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลเทอร์มอลอนาไลซีส (DTA) 44

3.8 การตรวจสอบเอกลักษณ์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ 45

3.9 การตรวจสอบเอกลักษณ์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี 47

3.10 การตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 48

3.11 การตรวจสอบสมบัติทางความร้อนโดยเทคนิคดิฟเฟอเรนเทียลสแกนนิงแคลลอริเมทรี 49

บทที่ 4 ผลการวิจัย 51

4.1 ผลการศึกษาการเกิดเส้นใยด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง 51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลการตรวจสอบทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยคอมโพสิตเลดเซอร์โคเนตกับพอลิเอทิลีนออกไซด์ 52

4.2.1 ผลของอัตราส่วนโดยปริมาตรของเลดเซอร์โคเนตกับพอลิเอทิลีนออกไซด์ 52

4.2.2 ผลของความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้นเลดเซอร์โคเนต 54

4.3 การศึกษาพฤติกรรมทางความร้อนทางความร้อนของเส้นใยคอมโพสิต PZ/PEO ด้วยเทคนิค TG-DTA 57

4.4 ผลการตรวจสอบโครงสร้างผลึกของเส้นใยเซรามิกเลดเซอร์โคเนต ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ 58

4.5 การตรวจสอบเอกลักษณ์ของเส้นใยเซรามิกเลดเซอร์โคเนตด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี60

4.6 ผลการตรวจสอบทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยเซรามิกเลคเซอร์โคเนต 61

4.6.1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้นเลดเซอร์โคเนต 61

4.6.2 ผลของอุณหภูมิการเผาแคลไซน์ 63

4.6.3 ผลของอัตราการไหลของสารละลายขณะกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงที่มีต่อเส้นใย 64

4.7 การตรวจสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรลเชียลสแกนนิงแคลอรีเมทรี 65

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 67

5.1 สรุปผลการวิจัย 67

5.2 ข้อเสนอแนะ 69

บรรณานุกรม 70

ภาคผนวก 74

ประวัตินักวิจัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 เงื่อนไขที่ใช้ในการประดิษฐ์เส้นใยนาโนเซรามิกเลดเซอร์โคเนต 43

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างนาโน 1 มิติแบบต่างๆ 5

2.2 การประยุกต์ใช้งานของเส้นใยนาโน 6

2.3 ส่วนประกอบและการติดตั้งเครื่องอิเล็กโตรสปินนิง 8

2.4 กรวยของเทเลอร์ 9

2.5 การบิดโค้งที่ไม่มีเสถียรภาพ 9

2.6 การเก็บเส้นใยแบบต่างๆ 10

2.7 เส้นใยนาโนที่มีรูปแบบต่างๆ 10

2.8 ผลของศักย์ไฟฟ้าที่มีต่อลักษณะของเส้นใย 12

2.9 ผลของอัตราการไหลต่อลำสารละลาย 12

2.10 ผลของการเก็บเส้นใยแบบต่างๆ 13

2.11 ผลของระยะห่างระหว่างเข็มกับวัสดุรองรับ 14

2.12 ลักษณะเส้นใย $Ti(OiPr)_4$/PVP ที่ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 70% 14

2.13 เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนาโนไททาเนียมออกไซด์ (TiO_2) 18

2.14 การจัดแบ่งกลุ่มของผลึกโดยการใช้พื้นฐานสมมาตรของผลึก 19

2.15 สมบัติเพียโซอิเล็กทริกแบบทางตรง 20

2.16 สมบัติเพียโซอิเล็กทริกแบบทางอ้อม 21

2.17 โครงสร้างผลึกของแบเรียมไททาเนต (โครงสร้างแบบเพอรอฟสไกต์) 24

2.18 อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาณการเกิดโพลาไรเซชันของผลึก $BaTiO_3$ 24

2.19 โครงสร้างแบบเพอรอฟสไกต์ 25

2.20 โครงสร้างของเลดเซอร์โคเนต 28

2.21 การประยุกต์ใช้เลดเซอร์โคเนต 28

2.22 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของผงผลึก PZ ที่เวลาในการเผาแคลไซน์ 1 ชั่วโมง ด้วยอัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิ 10°ซ/นาที 29

2.23 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของผงผลึก PZ จากการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 800°ซ ด้วยอัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิ 10°ซ/นาที 30

2.24 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของผงผลึก PZ ที่เตรียมได้จากกระบวนการโซลเจล

ภายหลังการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 31
2.25 ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกของฟิล์มบาง PZ ที่ความถี่ในช่วง 10^{-1}-10^{3} kHz 31
2.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับความเข้มสนามไฟฟ้าของเส้นใยคอมโพสิต PZT 32
2.27 เส้นใย PMN-PZT ที่ได้จากกระบวนการอัดรีด 32
2.28 ความแข็งแรงแตกหักของเส้นใย PZT และเส้นใย PMN-PZT ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน 33
2.29 ค่าความแข็งแรงยืดหยุ่นเมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณไททาเนีย ของเส้นใยนาโนไททาเนีย เปรียบเทียบกับอนุภาคนาโน 33
2.30 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเส้นใยนาโนคอมโพสิต CFO-PZT ที่ได้จากกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง 34
2.31 วงวนแมกเนติกฮิสเตอรีซิสของเส้นในนาโน NFO และอนุภาคนาโน NFO 34
2.32 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเส้นใยนาโนของเส้นใยนาโน $NiFe_2O_4$ และผงผลึกของ $NiFe_2O_4$ 35
2.33 ค่าความสามารถในการประจุที่ขึ้นกับจำนวนรอบของเส้นใยนาโน $Li_{1+\alpha}V_3O_8$ 35
2.34 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเพียโซอิเล็กทริกกับสนามไฟฟ้าของเส้นใยนาโน BNT 36
2.35 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเส้นใยนาโน PZT ภายหลังการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700°ซ 37
3.1 ขั้นตอนการเตรียมสารลายตั้งต้นเลดเซอร์โคเนต (PZ) ด้วยกระบวนการโซล- เจล 41
3.2 ระบบอิเล็กโตรสปินนิงสำหรับประดิษฐ์เส้นใยนาโนเซรามิกเลดเซอร์โคเนต 42
3.3 การเผาแคลไซน์ T_c คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการแคลไซน์ PZ 44
3.4 แบบจำลองการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ 46
4.1 การเกิดเส้นใยด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง 52
4.2 เส้นใยเคอมโพสิตเลคเซอร์โคเนตกับพอลิเอทิลีนออกไซด์ 54
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเส้นใยกับความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้น PZ 55
4.4 เส้นใยคอมโพสิต PZ/PEO ที่อัตราส่วนโดยปริมาตรของ PZ:PEO เป็น 10:3 ที่ความเข้มข้นของ PZ แตกต่างกัน 56
4.5 การสลายตัวทางความร้อนของเส้นใยคอมโพสิต PZ/PEO 57
4.6 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของเส้นใยเซรามิกPZที่เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิต่างๆ 60
4.7 สเปกตรัมการส่องผ่านรังสีอินฟราเรดของเส้นใยเลดเซอร์โคเนตก่อนและหลังเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิต่างๆ 61
4.8 โครงสร้างจุลภาคของเส้นใยเซรามิกเลดเซอร์โคเนตที่ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้นแตกต่างกัน 62
4.9 โครงสร้างจุลภาคของเส้นใยเซรามิกเลดเซอร์โคเนต 64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.10 โครงสร้างจุลภาคของเส้นใยเซรามิกเลดเซอร์โคเนตที่ความเข้มข้นของสารตั้งต้น PZ 1.0 M 65

4.11 กราฟ DSC ของอนุภาค PZ จากวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็งเปรียบเทียบกับเส้นใย PZ ที่ได้จากวิธีอิเล็กโตรสปินนิง 66

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การสังเคราะห์เส้นใยนาโนเพียโซอิเล็กทริกด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิ่ง
แหล่งเงิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 430,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2554 ถึง 30 กันยายน 2555
หัวหน้าโครงการวิจัย ผศ.ดร. นราธิป วิทยากร
ผู้ร่วมโครงการวิจัย นางสาวชนิศา นวนิล
หน่วยงานต้นสังกัด คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการประดิษฐ์เส้นใยนาโนเลดเซอร์โคเนต (lead zirconate; $PbZrO_3$; PZ) ด้วยวิธีอิเล็กโตรสปินนิง ร่วมกับกระบวนการโซลเจล (sol-gel process) โดยใช้สารละลายผสมของพอลิเอทิลีนออกไซด์ 5% โดยน้ำหนักในเอทานอล และสารละลายโซลเจลของ PZ โดยทำการศึกษาผลของเงื่อนไขต่างๆ ในการเตรียมที่มีต่อลักษณะของเส้นใย ได้แก่ อัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่างสารละลายตั้งต้นเลดเซอร์โคเนตกับพอลิเอทิลีนออกไซด์ (PZ:PEO) ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้นเลดเซอร์โคเนต อัตราการไหลของสารละลาย และอุณหภูมิในการเผาแคลไซน์ จากนั้นนำเส้นใยที่ได้ไปวิเคราะห์การสลายตัวทางความร้อนด้วยเทคนิค TG-DTA ตรวจสอบเอกลักษณ์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวแบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction; XRD) และการส่องผ่านรังสีอินฟราเรด (FT-IR) ตรวจสอบสัณฐานวิยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (SEM) และกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) พบว่าสามารถเตรียมเส้นใยนาโนเซรามิกในระบบ $PbZrO_3$ (PZ) เพื่อให้เกิดเฟสบริสุทธิ์ของโครงสร้างเพอรอฟสไกต์ได้สำเร็จที่อุณหภูมิแคลไซน์ 650 °ซ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนโดยปริมาตรของ PZ:PEO เป็น10:3 ที่ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้น 1.0 โมลาร์ และใช้อัตราการไหล 0.5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง โดยเส้นใยเซรามิกที่ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ที่ 300 ± 64 นาโนเมตร และจากผลการตรวจสอบสมบัติทางความร้อนพบว่า เส้นใยนาโนเซรามิก PZ ที่เตรียมได้จากกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงมีอุณหภูมิในการเปลี่ยนเฟสจากออโธรอมบิกไปเป็นคิวบิกเพิ่มขึ้นเป็น 243 °ซ ซึ่งเพิ่มขึ้น 13 °ซ เมื่อเปรียบเทียบกับอนุภาค PZ ระดับไมครอนที่เตรียมจากวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง

คำสำคัญ : เลดเซอร์โคเนต อิเล็กโตรสปินนิง โซลเจล พอลิเอทิลีนออกไซด์

Research Title: Synthesis of Piezoelectric Nanofibers via Electrospinning

Researcher: Assist.Prof. Dr. Naratip Vittayakorn

Faculty: Science **Department:** Chemistry

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the fabrication of lead zirconate ($PbZrO_3$; PZ) nanofibers by the electrospinning method combined with sol-gel process using a solution that contained 5 wt% poly (ethylene oxide) (PEO) in ethanol and a sol-gel solution of PZ. Some parameters varied, for example, the ratio by volume between PEO and PZ, concentrations of the precursor solution, flow rate, and calcination temperature. The as-spun and calcined PZ/PEO composite fibers were characterized by TG-DTA, X-ray diffraction, FT-IR, SEM and TEM. PZ fibers were obtained successfully with a well-developed perovskite structure after as-spun PZ/PEO composite fibers were calcined at 650ºC for 4 h using the PZ/PEO volume ratio of 10:3 at a PZ concentration of 1.0 M. The average fiber diameter was 300 ± 64 nm. Furthermore, it is clear that the PZ fibers undergo a successive phase transition from orthorhombic to cubic phase at 243°C, showing a Curie temperature rising by nearly 13°C, when compared with a normal PZ particle from solid state reaction method.

Keywords : Lead zirconate, Electrospinning, Sol-gel, Polyethylene oxide

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยในโครงการนี้ ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบคุณ นักวิจัย อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในด้านของการดำเนินงานของโครงการ

ผศ.ดร. นราธิป วิทยากร

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นราธิป วิทยากร

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ	**วัสดุศาสตร์**	**มหาวิทยาลัยเชียงใหม่**	**2542**
วท.ม	**วัสดุศาสตร์**	**มหาวิทยาลัยเชียงใหม่**	**2544**
วท.ด	**วัสดุศาสตร์**	**มหาวิทยาลัยเชียงใหม่**	**2548**

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

Electroceramic synthesis, Crystal Chemistry, Piezoelectric and Dielectric Materials

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2550	รางวัลนักวิจัยรุ่นใหม่ดีเด่น จาก ปี 2550	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย - สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกว.- สกอ.)
2551	รางวัลนักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ (วัสดุศาสตร์)	มูลนิธิส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในพระบรมราชูปถัมภ์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับนานาชาติย้อนหลัง 3 ปี)

1 Muangjai Unruan, **Naratip Vittayakorn**, Rewadee Wongmaneerung, Anurak Prasatkhetragarna, Supon Ananta and Rattikorn Yimnirun "Fabrication and Electrical Properties of $Pb(Co_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ Ceramics" *Ceramics International*, Volume 35, Issue 1, January 2009, Pages 169-172; Impact Factor 2006 = 1.128

2 W. Qu, X. Tan, **N. Vittayakorn**, S. Wirunchit and M. F. Besser "High temperature phases in the $0.98PbZrO_3–0.02Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ ceramic" *Journal of Applied Physics;* Vol.105, Page 014106 (2009); Impact factor = 2.316

3 Manoon Sutapun, Chien-Chih Huang David P. Cann and **Naratip Vittayakorn** "Phase transitional behavior and dielectric properties of lead free $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$ – $Bi(Zn_{0.5}Ti_{0.5})O_3$ ceramics" *Journal of Alloy and Compound.* ; Vol. 479 Page 462-466 (2009); Impact Factor 2007:1.455

4 Nopsiri Chaiyo, Anucha Ruangphanit, Rangson Muanghlua, Surasak Niemcharoen, Atchara Sangseub, Saowanee Taopen, Sunanta Leelapattana, Wanwilai C. Vittayakorn, **Naratip Vittayakorn** "Synthesis and Morphology Evolution of Lead-Free Piezoelectric $K_{1/2}Na_{1/2}NbO_3$ Powder at Low Temperature" *Ferroelectrics*, Volume 383, Issue 1 2009 , pages 8 – 14; Impact Factor: 0.427

5 Rangson Muanghlua; Surasak Niemcharoen; Wanwilai C. Vittayakorn; Nattapong Tungsitvisetkul; Pimjan Chinwaro; Anucha Ruangphanit; Nopsiri Chaiyo; **Naratip Vittayakorn** "Preparation and Properties of Lead Free Bismuth Sodium Titanate-Bismuth Zinc Titanate Ceramics" *Ferroelectrics*, Volume 383, Issue 1 2009 , pages 1 – 7; Impact Factor: 0.427

6 Theerachai Bongkarn; Nalinee Phungjitt; **Naratip Vittayakorn** "Effect of Firing Temperatures on Phase Formation and Microstructure of $Ba(Zr_{0.3}Ti_{0.7})O_3$ Ceramics Prepared via Mixed Oxide Method" *Ferroelectrics*, Volume 383, Issue 1 2009 , pages 65 – 72; Impact Factor: 0.427

7 Wanwilai C. Vittayakorn and **Naratip Vittayakorn** "Hysteresis Response of Lead Zirconate —Lead Nickel Niobate Ferroelectric Ceramic Under Compressive Stress" *Ferroelectrics*, Volume 382, Issue 1 2009 , pages 1– 6; Impact Factor: 0.427

8 **Naratip Vittayakorn**; Wanwimon Banlue "Synthesis, Ferroelectric Phase Stabilization, Phase Transition and Thermal Properties in $(1-x)PbZrO_3$-$xPb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ Solid Solution" *Ferroelectrics*, Volume 382, Issue 1 2009 , pages 110– 114; Impact Factor: 0.427

9 Manoon Sutapun; **Naratip Vittayakorn** "Phase Transition and Dielectric Properties of Lead Free $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$- $Bi(Zn_{0.5}Ti_{0.5})O_3$ Piezoelectric Ceramics" *Ferroelectrics*, Volume 382, Issue 1 2009 , pages 115– 121; Impact Factor: 0.427

10 Wanwimon Banlue; **Naratip Vittayakorn** "Effect of $Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ Additions on Phase Structure, Ferroelectric and Dielectric Properties of $PbZrO_3$ Ceramics" *Ferroelectrics*, Volume 382, Issue 1 2009 , pages 122– 126; Impact Factor: 0.427

11 Supamas Wirunchit; **Naratip Vittayakorn** "Crossover from Antiferroelectric to Normal Ferroelectric Behavior in Lead Zirconate—Lead Nickel Niobate Ceramics Prepared by the Reaction Sintering Process" *Ferroelectrics*, Volume 382, Issue 1 2009 , pages 135– 140; Impact Factor: 0.427

12 Supamas Wirunchit; Rangson Muanghlua; Surasak Niemcharoen; Wanwilai C. Vittayakorn; Pitak Laoratanakul; **Naratip Vittayakorn** "Preparation of Lead Zirconate-Lead Nickel Niobate Ceramics by the Reaction Sintering Process" *Ferroelectrics*, Volume 380, Issue 1 2009 , pages 14– 19; Impact Factor: 0.427

13 G. Rujijanagul; **N. Vittayakorn**; S. Nabunmee "Effect of Annealing Time on Electrical and Mechanical Properties of $0.7(Pb(Zr_{1/2}Ti_{1/2})O_3) - 0.3(Pb(Zn_{1/2}Nb_{2/3})O_3$ Ceramics" *Ferroelectrics*, Volume 384, Issue 1 2009 , pages 68 – 72; Impact Factor: 0.427

14 Chien-Chih Huang **Naratip Vittayakorn** and David P. Cann "Structure and ferroelectric properties of $Bi(Zn_{1/2}Ti_{1/2})O_3$-$(Bi_{1/2}K_{1/2})TiO_3$ perovskite solid solutions" *IEEE Transactions on Ultrasonic, Ferroelectrics, and Frequency Control* 56(7) art. No 5116856 pp 1304-1308 2009 , Impact Factor: 2.16

15 Chien-Chih Huang, **Naratip Vittayakorn,** Anulak Prasatkhetragarn B. J. Gibbons and David P. Cann "Phase transitions and dielectric properties in $Bi(Zn_{1/2}Ti_{1/2})O_3$-$(Na_{1-y}Li_y)NbO_3$ perovskite solid solutions" *Japanese Journal of Applied Physics* 48(3) pp. 460-466 2009 Impact Factor: 1.22

16 B. Boonchom, M. Thongkam, S. Kongtaweelert and **N. Vittayakorn** "A simple route to synthesis new binary cobalt iron cyclotetraphosphate $CoFeP_4O_{12}$ using aqueous and acetone media" *Journal of Alloys and* compounds 486 pp. 689–692 2009 Impact Factor 1.455

17 **Naratip Vittayakorn**, Piyanut Charoonsuk, Panisara Kasiansin, Supamas Wirunchit and Banjong Boonchom "Dielectric properties and phase transitions behaviors in $(1-x)PbZrO_3$-$xPb(Mg_{1/2}W_{1/2})O_3$ ceramics" *Journal of applied Physics* 106(6) pp. 064104-6 2009 Impact factor = 2.316

18 Nopsiri Chaiyo, Banjong Boonchom and **Naratip Vittayakorn** "Solid-state reaction synthesis of sodium niobate ($NaNbO_3$) powder at low temperature" *Journal of Materials Science* 45(6) pp.1443-1447 2009 Impact factor = 1.855

19 Usa Sukkha, Wanwimon Banlue, Banjong Boonchom and **Naratip Vittayakorn** "Antiferroelectric-ferroelectric phase transition in lead zinc niobate modified lead zirconate ceramics: Crystal studies, Raman spectroscopy, Thermal expansion and electrical properties" *Applied Physics A: Material Sciences and Processing* 100(2) pp.551-559 2010 Impact factor = 1.76

20 Manoon Sutapun, Rangson Muanghlua, Surasak Niemcharoen, Banjong **Boonchom** and Naratip Vittayakorn "Phase transition behaviour and electrical properties of lead – free $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3 - LiNbO_3 - LiSbO_3$ piezoelectric ceramics" *Current Applied Physics* 11(3) pp.434-437 2011 Impact factor = 1.74

21 Banjong Boonchom and **Naratip Vittayakorn** "Floral-like microarchitectures of cobalt iron cyclotetraphosphate obtained by solid state synthesis" *Powder Technology* 198(1) pp.25-28 2010 Impact factor = 1.887

22 Banjong Boonchom and **Naratip Vittayakorn** "Synthesis and ferromagnetic property of new binary copper iron pyrophosphate $CuFeP_2O_7$" *Materials Letters* 64(3) pp.275-277 2010 Impact factor = 2.117

23 Banjong Boonchom, Montree Thongkam, Samart Kongtaweelert and **Naratip Vittayakorn** "Flower-like microparticles and novel superparamagnetic properties of new binary $Co_{1/2}Fe_{1/2}(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ obtained by a rapid solid state route at ambient temperature" *Materials Research Bulletin* 44(12) pp.2206-2210 2010 Impact factor = 2.145

24 Prapapim Phetnoi, Surasak Niemcharoen, Rangson Muanghlua, Manoon Sutapun and **Naratip Vittayakorn** "Electrical properties of bismuth potassium titanate-strontium titanate ferroelectric ceramics" ECTI-CON 2010 - The 2010 ECTI International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology , art. no. 5491563 pp. 962-965 2010

25 Banjong Boonchom and **Naratip Vittayakorn** "Dehydration behavior of synthetic $Al_{0.5}Fe_{0.5}PO_4 \cdot 2.5H_2O$" *Journal of Chemical and Engineering Data* 55(9) pp.3307-3311 2010 Impact factor = 2.089

26 Piyanut Charoonsuk, Supamas Wirunchit, Rangson Muanghlua, Surasak Niemcharoen, Banjong Boonchom and **Naratip Vittayakorn** "The phase evolution with temperature in $0.94PbZrO_3$-$0.06Pb(Mg_{1/2}W_{1/2})O_3$ antiferroelectric ceramic" *Journal of Alloys and Compounds* 506(1) pp.313-316 2010 Impact factor = 2.134

27 Boonchom, B., Baitahe, R., Joungmunkong, Z., **Vittayakorn, N.** "Grass blade-like microparticle $MnPO_4 \cdot H_2O$ prepared by a simple precipitation at room temperature" *Powder Technology* 203(2) pp.310-314 2010 Impact factor = 1.887

28 Phungjitt, N., Panya, P., **Vittayakorn, N.,** Bongkarn, T. "Use of the combustion technique for the preparation of $Ba(Ti_{0.70}Zr_{0.30})O_3$ ceramics" *Ferroelectrics* 403(1) pp.142-149 2010 Impact factor = 0.511

29 Boonchom, B., Danvirutai, C., **Vittayakorn, N.** "A simple synthesis and characterization of binary $Co_{0.5}Fe_{0.5}(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ and its final decomposition product $CoFeP_4O_{12}$" *Solid State Sciences* 13(1) pp.77-81 2011 Impact factor = 1.828

30 Chaiyo, N., Muanghlua, R., Niemcharoen, S., Boonchom, B., **Vittayakorn, N.** "Solution combustion synthesis and characterization of lead-free piezoelectric sodium niobate ($NaNbO_3$) powders" *Journal of Alloys and Compounds* 509(5) pp. 2445-2449 2011 Impact factor = 2.134

31 **Vittayakorn, N.,** Boonchom, B. "Effect of $BiAlO_3$ modification on the stability of antiferroelectric phase in $PbZrO_3$ ceramics prepared by conventional solid state reaction" *Journal of Alloys and Compounds* 509(5) pp.2304-2310 2011 Impact factor = 2.134

32 Boonchom, B., **Vittayakorn, N.** "Soft synthesis route and characterization of superparamagnetic $Mn_{1/2}Fe_{1/2}(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ and its decomposed product" *Industrial and Engineering Chemistry Research* 50(4) pp.2021-2030, 2011 Impact factor = 2.071

33 Chaiyo, N., Ruangphanit, A., Muanghlua, R., Niemcharoen, S., Boonchom, B., **Vittayakorn, N.** "Synthesis of potassium niobate ($KNbO_3$) nano-powder by a modified solid-state reaction" *Journal of Materials Science*, 46(6) pp. 1585-1590, 2011 Impact factor = 1.855

34 Muanghlua, R., Niemcharoen, S., Sutapun, M., Boonchom, B., **Vittayakorn, N.** "Phase transition behaviour and electrical properties of lead-free $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$-$LiNbO_3$-$LiSbO_3$ piezoelectric ceramics" *Current Applied Physics*, 11(3) pp. 434-437, 2011 Impact factor = 1.74

35 Sukkha, U., Muanghlua, R., Niemcharoen, S., Boonchom, B., **Vittayakorn, N.** "Effect of $Pb(Y_{1/2}Nb_{1/2})O_3$ additions on thermal and electrical properties of $PbZrO_3$ ceramics" Ferroelectrics, 416(1) pp. 8-15, 2011 Impact factor = 2.134

36 Chaiyo, N., Ruangphanit, A., Boonchom, B., **Vittayakorn, N.** "Facile synthesis of lead-free piezoelectric sodium niobate ($NaNbO_3$) Powders via the solution combustion method" Ferrelectrics, 415(1) pp. 75-82, 2011 Impact factor = 0.511

37 Sukkha, U., Muanghlua, R., Niemcharoen, S., Boonchom, B., **Vittayakorn, N.** "Influence of $Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3$ on the Phase Transitions, Electrical, and Thermal Properties of a $PbZrO_3$ Ceramic" *Journal of The American Ceramic Society* 94(10) pp.3397–3404 2011 Impact factor = 2.167

38 Chaiyo, N., Muanghlua, R., Niemcharoen, S., Boonchom, B., Seeharaj, P., **Vittayakorn, N.** "Non-isothermal kinetics of the thermal decomposition of sodium oxalate $Na_2C_2O_4$" *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 107(3) pp.1023-1029 2011 Impact factor = 1.752

39 Baitahe, R., **Vittayakorn, N.,** Boonchom, B. "Study on thermal transformation of $CuHPO_4 \cdot H_2O$ obtained by acetone-mediated synthesis at ambient temperature" *Journal of The Thermal Analysis and Calorimetry* DOI 10.1007/s10973-011-1832-y 2011 Impact factor = 1.752

40 Kolodiazhnyi, T., Sakurai, H., **Vittayakorn, N.** "Spin-flop driven magneto-dielectric effect in $Co_4Nb_2O_9$" Applied Physics Letters 99 (13), art. no. 132906, 2011 Impact factor = 3.82

41 Boonchom, B., **Vittayakorn, N.** "Simple fabrication of polyhedral grain-like microparticle $Cu_{0.5}Zn_{0.5}HPO_4 \cdot H_2O$ and porous structure $CuZnP_2O_7$" *Ceramics International* 38(1) pp. 411-415 2011 Impact factor = 1.471

42 Sukkha, U., Muanghlua, R., Niemcharoen, S., Boonchom, B., Vittayakorn, W., **Vittayakorn, N.** ".Effect of Pb $(Yb_{1/2}Nb_{1/2})O_3$ on phase transition and thermal and electrical properties of

PZ-PYbN solid solution on PZ-rich side" *Journal of Materials Science* 47(3) pp.1452-1459 2012 Impact factor = 1.855

43 Wongpisutpaisan, N., Ruangphanit, A., **Vittayakorn, N.,** Pecharapa, W. "Cu-doped TiO_2 nanopowder synthesized by sonochemical process" 2012 International Conference on Enabling Science and Nanotechnology, ESciNano 2012 - Proceedings , art. no. 6149671 2012

44 Sutapun, M., Boonchom, B., **Vittayakorn, N.** "Sonochemical synthesis of Zn $3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ and $Zn_3(PO_4)_2$ powders" *Advanced Materials Research* 506 pp. 94-97 2012 Impact factor = 1.752

45 Sukkha, U., Vittayakorn, W., Muanghlua, R., Niemcharoen, S., Boonchom, B., **Vittayakorn, N.** "Phase Transition Behavior of the $(1-x)PbZrO_3$-$xBa(Al_{1/2}Nb_{1/2})O_3$ Solid Solution" *Journal of the American Ceramic Society* (Article in Press)

46 Nawanil, C., Boomchom, B., Prachayawarakorn, J., Vittayakorn, W.C., **Vittayakorn, N.** "Synthesis and phase evolution of electrospun antiferroelectric lead zirconate ($PbZrO_3$) nanofibers" *Materials Science and Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology* 177 (13) pp.1009-1016 2012 Impact factor = 1.56

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นางสาวชนิศา นวนิล

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยวิจัย

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ	**เคมีอุตสาหกรรม**	**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**	**2552**

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

Polymer piezoelectric materials

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับนานาชาติย้อนหลัง 3 ปี)

1 Nawanil, C., Boomchom, B., Prachayawarakorn, J., Vittayakorn, W.C., **Vittayakorn, N.** "Synthesis and phase evolution of electrospun antiferroelectric lead zirconate ($PbZrO_3$) nanofibers" *Materials Science and Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology* 177 (13) pp.1009-1016 2012 Impact factor = 1.56