รายการอ้างอิง

[1] Sung-Dong Choa, , Joo-Yeon Lee, Jin-Gul Hyuna, Kyung-Wook Paik. Study on epoxy/$BaTiO_3$ composite embedded capacitor films (ECFs) for organic substrate applications.Materials Science and Engineering B 110 (2004) 233–239

[2] Y.K. Vayunandana Reddy, D. Mergel. Frequency and temperature-dependent dielectric properties of $BaTiO_3$ thin film capacitors studi1ed by complex impedance spectroscopy. Physica B

[3] Feng-Xiang Wang , Wei Li , Fei Lu, Hui Hu , Ke-Ming Wang, Zhi-Guo Liu , Yong-Zhu .$BaTiO_3$ film optical-waveguide prepared by pulsed laser deposition. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 191 (2002) 778–782

[4] Naga Gopi Devaraju , Eung Soo Kim , Burtrand I Lee. The synthesis and dielectric study of $BaTiO_3$/polyimide nanocomposite films. Microelectronic Engineering 82 (2005) 71–83

[5] Zhi-Gang Shen, Jian-Feng Chen, Hai-kui Zou,a and Jimmy Yun. Dispersion of nanosized aqueous suspensions of barium titanate with ammonium polyacrylate. Journal of Colloid and Interface Science 275 (2004) 158–164

[6] M.Ali Omar. ELEMENTARY SOLID STATE PHYSICS: Principle And Applications. Addison-Wesley Publishing Company,Inc 1993

[7] Prakash Somani , B.B. Kale, D.P. Amalnerkar. Charge transport mechanism and the effect of poling on the current-voltage characteristics of conducting polyaniline–$BaTiO_3$. Synthetic Metals 106_1999.53–58

[8] Xiang Ding, Yongxiang Li, Dong Wang, Qingrui Yin. Fabrication of $BaTiO_3$ dielectric films by direct ink-jet printing. Ceramics International 30 (2004) 1885–1887

[9] บรรยงโตประเสริฐพงศ์. เทคโนโลยีและฟิสิกส์ของสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

[10] L.L. Hench, J.K. West. PRINCIPLES OF ELECTRONICS CERAMIC. JOHN WILEY & SON, Inc 1990

[11] Dr. MÃRTA DÉRI. FERROELECTRIC CERAMICS. MACLAREN AND SON LTD 1966

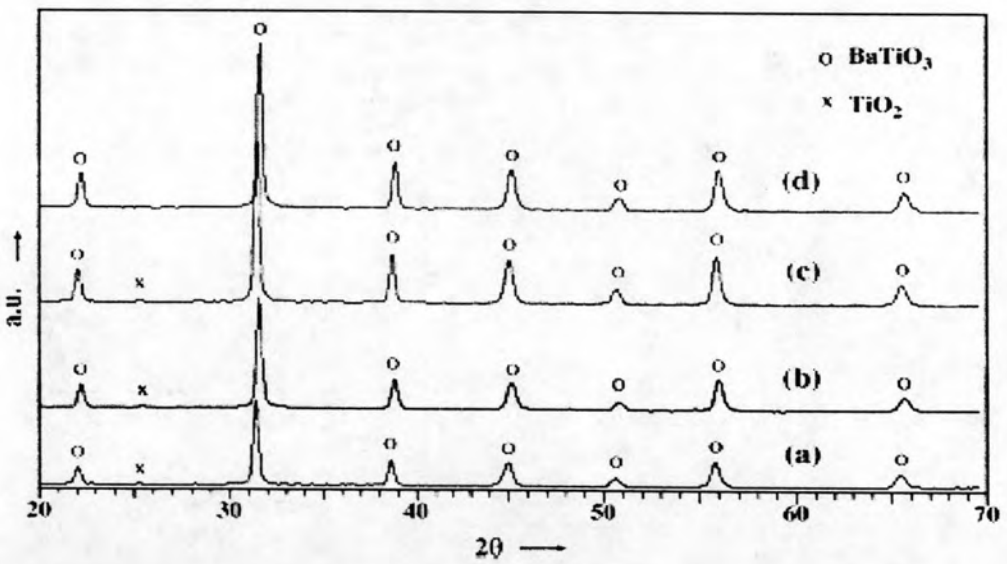
[12] T. Sahoo, S.K. Tripathy, M. Mohapatra, S. Anand , R.P. Das. X-ray diffraction and microstructural studies on hydrothermally synthesized cubic barium titanate from TiO_2–$Ba(OH)_2$–H_2O system. Materials Letters 61 (2007) 1323–1327

ภาคผนวก

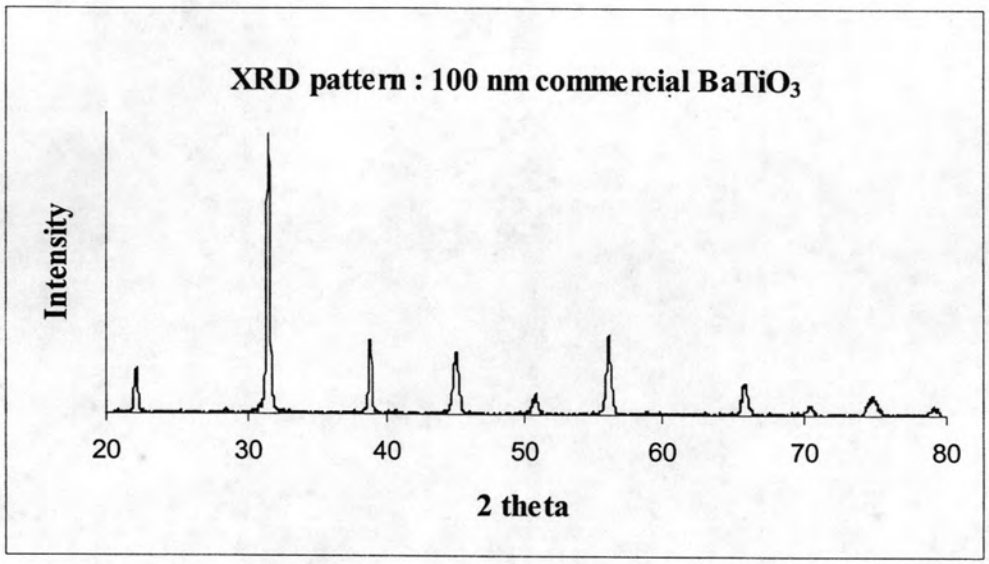
ภาคผนวก ก

การคำนวณขนาดของผลึกและชนิดของผลึก
โดยใช้เครื่อง X-Ray Diffraction

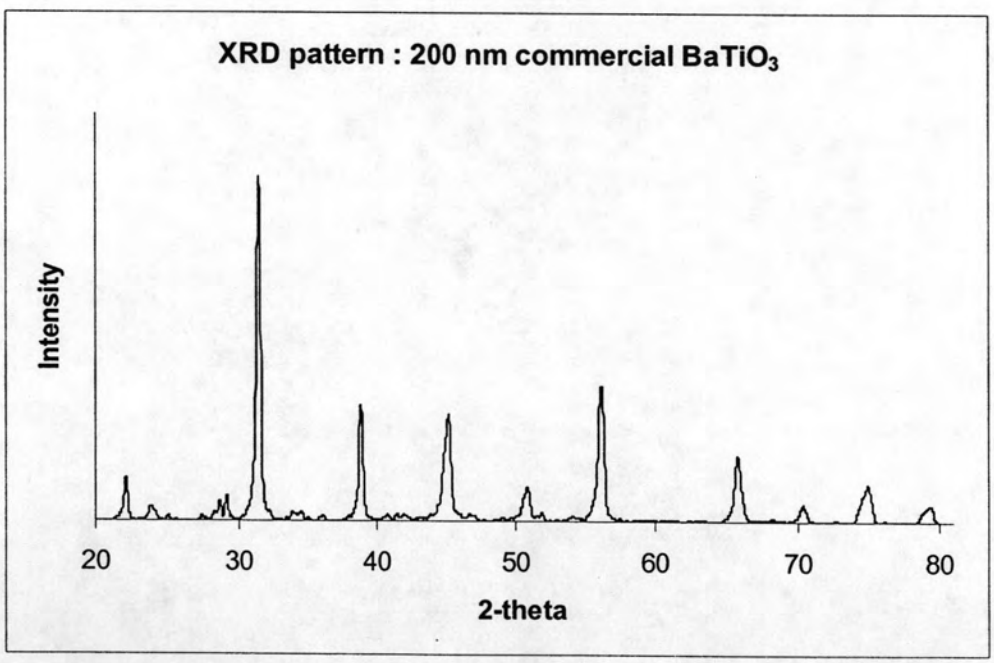
ในการทดลองการประดิษฐ์ตัวเก็บประจุแบบฟิล์มบางโครงสร้างโพลีเมอร์/ $BaTiO_3$ นั้นได้ใช้ผลึกของ $BaTiO_3$ ซึ่งมีขนาด 100nm 200nm และ 400nm ตามลำดับ โดยแทบจะไม่มีสารเจือปน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนั้นได้รับการยืนยันโดยการตรวจสอบเครื่อง X-Ray Diffraction (XRD) ในการหาวิเคราะห์คุณสมบัติของสารว่ามีความเป็นผลึกและขนาดของผลึกเป็นเช่นไร โดยในภาคผนวกนี้จะเป็นการวัดและวิธีการคำนวณขนาดของผลึก โดยการวัดความเป็นผลึกและความบริสุทธิ์นั้นสามารถนำไปเทียบได้จากรูปในเอกสารอ้างอิง



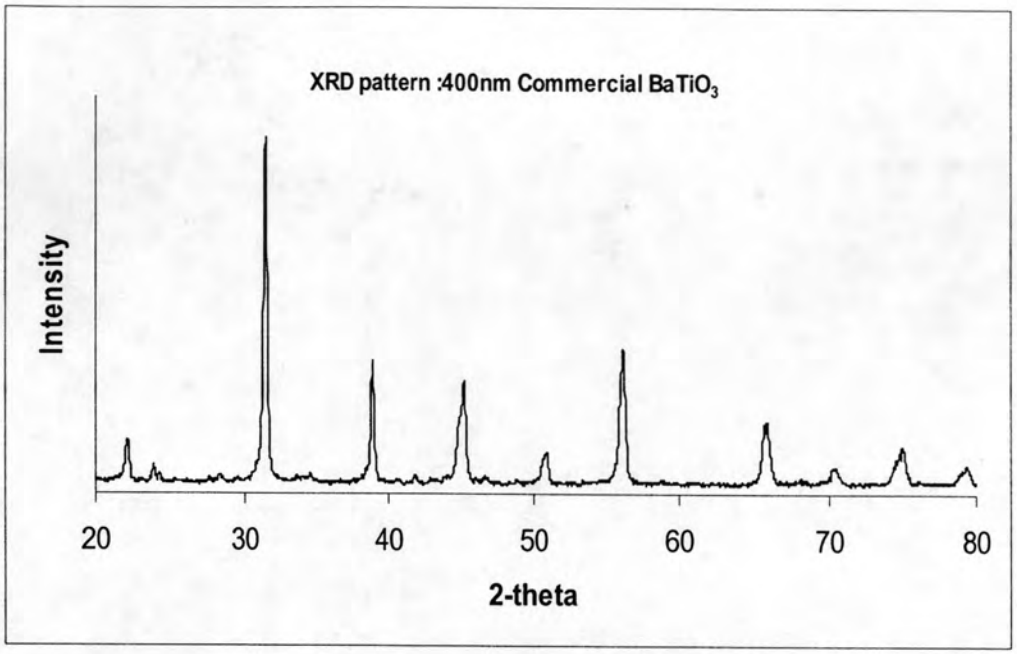
รูปที่ (ก-1) รูปผลXRD เพื่อนำมาเปรียบเทียบความเป็นผลึกและความบริสุทธิ์ของ $BaTiO_3$ [12]



รูป(ก-2) รูปผล XRD ของ $BaTiO_3$ ขนาด 100 nm



รูป(ก-3) รูปผล XRD ของ $BaTiO_3$ ขนาด 200 nm



รูป(ก-4) รูปผลXRD ของ$BaTiO_3$ ขนาด400 nm

โดยผลที่ทำการวัดได้จาก XRD พบว่ามีค่า สูงสุดของแต่ละจุดของ 2θ ตรงกันกับค่าที่แสดงในเอกสารอ้างอิงนั่นคือเป็นผลึก และมีความบริสุทธิ์สูงและขนาดของผลึกนั้นก็สามารถคำนวณได้จากสมการ Debye-Scherrer โดยคำนวณจากค่าสูงสุดแต่ละจุดของ 2θ ซึ่งมีสมการดังนี้

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$$

โดย D = ขนาดของผลึก หน่วยเป็นÅ

K = ตัวประกอบรูปร่างผลึก = 0.9

λ = ความยาวคลื่นของ X-Ray มีค่าเท่ากับ1.5418 Å for CuKα

θ = ค่ามุมของพีคที่ใช้ในการวิเคราะห์

β = ความกว้างในการหักเหของX-ray หน่วยเป็น radian

ความกว้างในการหักเหของX-ray (β) คือความกว้างของการหักเหของผงโดยความกว้างจะวัดผ่านจากเครื่อง XRD โดยใช้ Standard α-alumina เพื่อเป็นตัวเทียบวัดโดยที่ขนาดของผลึกที่ใช้ต้องมีขนาดใหญ่กว่า 2000 Å ค่า β สามารถหาได้จากสูตรของ Warren

$$\beta = \sqrt{B_M^2 - B_S^2}$$

โดย B_M = ความกว้างของยอดที่ทำการวัดที่ความสูงครึ่งหนึ่งในหน่วย radian

B_S = ความกว้างของยอดของวัสดุมาตรฐาน

ตัวอย่าง ในการคำนวณหาค่าขนาดของผลึกของ $BaTiO_3$ โดยการเตรียมด้วยวิธี Sol-gel

ค่าความกว้างของครึ่งหนึ่งของยอด = 0.40° (จากรูป ก-5)

= $(2\pi \times 0.40)/360$

= 0.00692 radian

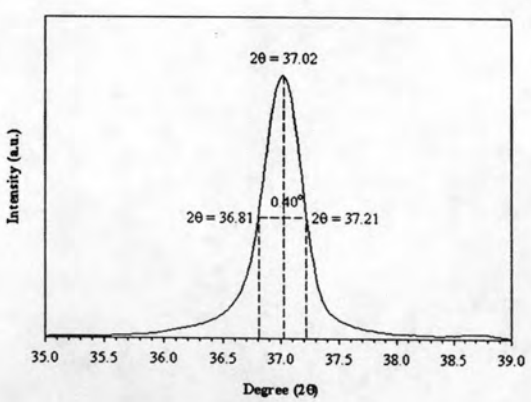
และค่าความกว้างครึ่งหนึ่งของยอด $BaTiO_3$ มาตรฐาน = 0.0041 radian

ดังนั้นค่า $\beta = \sqrt{0.00692^2 - 0.0041^2}$

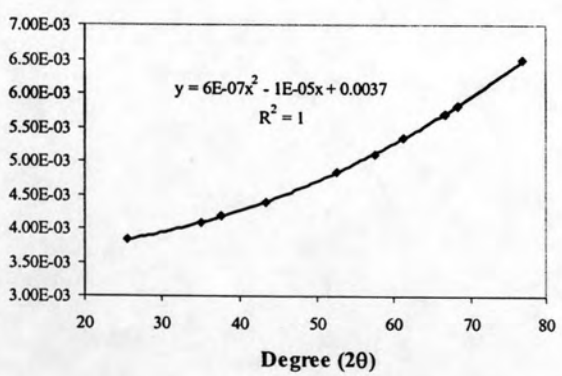
= 0.00553 radian

ดังนั้นจะได้ค่าขนาดของผลึก = $\frac{0.9 \times 1.5418}{0.00553 \cos 18.51}$

= 264.56 Å



(ก-5)



(ก-6)

รูป(ก-5) ค่ายอดที่สามารถตรวจสอบได้ของ $BaTiO_3$ เพื่อใช้ในการคำนวณ

รูป(ก-6) รูปกราฟมาตรฐานเพื่อใช้เทียบโดยข้อมูลได้จากการใช้ α-alumina เทียบ

ภาคผนวก ข

เอกสารข้อมูลของ$BaTiO_3$

INFRAMAT® ADVANCED MATERIALS, LLC
Material Safety Data Sheet

Inframat Advanced Materials, LLC

74 Batterson Park Road
Farmington, CT 06032-2597
Phone: (860) 678-7561

Product: Barium Titanate Nano Powder

MSDS No.: 584-693
Revision No.: 2
Revision Date: August 2005
Original Date of Issue: 4/15/02

EMERGENCY CONTACT: CHEMTREC 800-424-9300
CALLS OUTSIDE THE UNITED STATES: 202-483-7616

SECTION I — MATERIAL IDENTIFICATION

Trade/Material Name: Barium Titanate Nano Powder

Description: Barium Titanium Oxide Powder

Other Designation: $BaTiO_3$

SECTION II — COMPOSITION AND TOXICITY

Composition	%	CAS#	OSHA PEL	ACGIH TLV	Toxicity
Barium titanium oxide	100	12047-27-7	0.5 mg/m^3	0.5 mg/m^3 Not classified as a human carcinogen	NA

* Indicates toxic chemical(s) subject to the reporting requirements of Section 313 of Title III of the Superfund Amendments & Reauthorization Act (SARA) & supplier notification requirements (40CFR Part 372).
^ Contains no asbestos and <1% crystalline silica.
+ Indicates on the list of Hazardous Air Pollutants that are regulated under Section 112 of the EPA Clean Air Act, 1990
N/A - Not Available, Not Applicable. NE - Not Established

SECTION III — PHYSICAL DATA

Boiling Point:	NE	**Specific Gravity (H2O = 1):**	NE
Vapor Pressure:	NE	**Melting Point:**	1600°C
Density (at 20°C):	5.85 g/cm^3	**Percentage Volatiles:**	NE
Solubility in water (%):	Insoluble	**Evaporation Rate:**	NA
Appearance and Odor:	White / Grey Powder, Odorless	**pH of Solution:**	NA

SECTION IV	FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA

Flash Point (Method Used): N/A	**Flammable Limits:** **LEL %:** N/E **UEL %:** N/E **(% by VOLUME) (% by VOLUME)**

Extinguishing Media: CO2, extinguishing powder or water spray. Fight larger fires with water spray.

Special Fire Fighting Procedures: In case of fire, the following can be released: Barium oxide

Unusual Fire and Explosive Hazards: Product does not present an explosion hazard.

SECTION V	REACTIVITY DATA

Decomposition will not occur if used and stored according to specifications.

Incompatibility (Materials to Avoid): Oxidizing agents, Acids

Hazardous Decomposition Products: Barium oxide

SECTION VI	HEALTH HAZARD DATA

COMPONENTS	SUMMARY OF RISKS
Barium Titanium Oxide	Barium compounds may cause severe gastroenteritis, including abdominal pain, vomiting and diarrhea, tremors, faintness, paralysis of the arms and legs, and slow or irregular heartbeat. Severe cases may produce collapse and death due to respiratory failure. Soluble barium compounds are more likely to cause these effects than insoluble compounds. Inhalation of fumes may cause sore throat, coughing, labored breathing, and irritation of the respiratory tract as well as the above symptoms. **Titanium compounds are considered physiologically inert. There are no reported cases in the literature where titanium as such has caused human intoxication.** To the best of our knowledge the acute and chronic toxicity of this substance is not fully known. ACGIH A4: Not classifiable as a human carcinogen: Inadequate data on which to classify the agent in terms of it's carcinogenicity in humans and/or animals.

Medical Conditions Which May be Aggravated by Contact: None Known

Primary Entry Route(s): Ingestion, Inhalation, Skin Contact

SIGNS AND SYMPTOMS OF OVEREXPOSURE

Eye Contact: Irritant effect

Skin Contact: Irritant to skin and mucous membranes.

Inhalation: Coughing, shortness of breath

Ingestion: Irritation of the mouth and throat, abdominal pain.

FIRST AID

Eye Contact: Rinse opened eye for several minutes under running water. Seek immediate medical advice.

Skin Contact: Immediately wash with water and soap and rinse thoroughly. Seek immediate medical advice.

Inhalation: Supply fresh air. If required, provide artificial respiration. Keep patient warm. Seek immediate medical advice.

Ingestion: Seek immediate medical advice.

SECTION VII — SPILL, LEAK AND DISPOSAL PROCEDURES

Spill/Leak Procedures: Vacuum or wet mop area and dispose of powder according to local state and federal regulations.

Waste Management And Disposal: Consult state, local or national regulations for proper disposal.

SECTION VII — SPECIAL PROTECTION INFORMATION

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

Goggles: ANSI approved safety goggles

Gloves: Rubber or other appropriate

Respirator: NIOSH/MSHA approved high efficiency particle respirator

Clothing/Equipment: Appropriate protective clothing may be worn as necessary during product handling to avoid excessive contact with the skin.

WORKPLACE CONSIDERATIONS

Ventilation: Product should be used with the appropriate local exhaust ventilation provided.

Safety Stations: Eye wash station(s) is/are recommended.

Other: Wash facilities are recommended.

SECTION IX — HANDLING AND STORAGE PRECAUTIONS

Storage/Handling: Store in cool, dry place in tightly closed containers. Ensure good ventilation at the workplace.

Other Precautions: Do not store together with oxidizing and acidic materials

SECTION X — TRANSPORT INFORMATION

Not a hazardous material for transportation.

DOT Regulations:
Hazard Class: None

Land Transport ADR/RID (cross-border)
ADR/RID Class: None

Maritime Transport IMDG:
IMDG Class: None

Air Transport ICAO-TI and IATA-DGR:
ICAO/IATA Class: None

Transport/Additional Information: Not dangerous according to the above specifications.

SECTION XI REGULATIONS

PRODUCT RELATED HAZARD INFORMATION:
Observe the general safety regulations when handling chemicals

Hazard Symbols: Xn Harmful

Risk Phrases: 20/22 Harmful by inhalation and if swallowed.

Safety Phrases: 28 After contact with skin, wash immediately with plenty of water

National Regulations: All components of this product are listed in the U.S Environmental Protection Agency Toxic Substances Control Act Chemical Substance Inventory.

Information about limitation of use: For use only by technically qualified individuals.
This product contains barium and is subject to the reporting requirements of section 313 of the Emergency Planning and Community Right to Know Act of 1986 and 40CFR372.

SECTION XII OTHER INFORMATION

Employers should use this information only as a supplement to other information gathered by them, and should make independent judgment of suitability of this information to ensure proper use and protect the health and safety of employees. This information is furnished without warranty, and any use of the product not in conformance with this Material Safety Data Sheet, or in combination with any other product or process, is the responsibility of the user

Contact: Donald M Wang

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายองอาจ ตั้งเมตตาจิตตกุล เกิดเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2525 ที่โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจาก โรงเรียนเทพศิรินทร์ และสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2547