# FABRICATION OF CAPACITOR THIN FILM UTILIZING GREEN POLYMERS AND BARIUM STRONTIUM TITANATE NANOPARTICLES

Kittichin Plungpongpan

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
and Case Western Reserve University
2014

| | |
|---|---|
| **Thesis Title:** | Fabrication of Capacitor Thin Film Utilizing Green Polymers and Barium Strontium Titanate Nanoparticles |
| **By:** | Kittichin Plungpongpan |
| **Program:** | Polymer Science |
| **Thesis Advisors:** | Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya |
| | Asst. Prof. Apirat Laobuthee |

---

Accepted by The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

..... College Dean

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

**Thesis Committee:**

Hathaikarn M.

(Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya)

Apirat Laobuthee

(Asst. Prof. Apirat Laobuthee)

(Asst. Prof. Thanyalak Chaisuwan)

Chatchai Veranitisagul

(Dr. Chatchai Veranitisagul)

# ABSTRACT

5572008063 : Polymer Science Program
Kittichin Plungpongpan : Fabrication of Capacitor Thin Film Utilizing Green Polymers and Barium Strontium Titanate Nanoparticles.
Thesis Advisors: Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya, and Asst. Prof. Apirat Laobuthee 87 pp.
Keywords: Poly(butylene succinate)/ Magnesium-doped barium strontium-titanate/ Microwave frequency/ Thin-film capacitor

Magnesium-doped barium strontium titanate powder with various mole ratio of strontium and magnesium ions ($Ba_{1-x-y}Sr_xMg_yTiO_3$ when x = 0.3, 0.4, 0.5 and y = 0, 0.005, 0.010, 0.020) were prepared by a low-temperature sol-gel method to study their phase formation, frequency-dependent and temperature-dependent dielectric properties. Additionally, barium strontium titanate powder with strontium content of 30 mol% or $Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO_3$ was incorporated in poly(butylene succinate) (PBS), matrix in various volume fraction of filler in order to improve dielectric properties of polymeric material. The solution mixing method was used to mix each compounds altogether, followed by compression molding to obtain thin-film of 200 μm – 300 μm. Along with the determination of thermal, mechanical and dielectric properties at microwave frequency of PBS-composite. Furthermore, the experimental data of dielectric constant of PBS/BST composite as a function of BST function were predicted with 0-3 connectivity models. The dispersion state of PBS-composite were also investigated by using Scaning Electron Microscope (SEM). Finally, the PBS-composite thin films with good dielectric properties, flexibility, and processability are possible to be processed as a biodegradable thin film capacitor for high-frequency electronic devices.

# บทคัดย่อ

กิตติชิน ปลั่งพงษ์พันธ์ : การเตรียมตัวเก็บประจุแบบฟิล์มบางจากพอลิเมอร์ที่เป็นมิตรกับธรรมชาติและผงแบเรียมสตรอนเทียมไตตาเนต (Fabrication of Capacitor Thin Film Utilizing Green Polymers and Barium Strontium Titanate Nanoparticles)
อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. หทัยกานต์ มนัสปิยะ และ ผศ.ดร.อภิรัตน์ เลาห์บุตรี 87 หน้า

ผงแบเรียมสตรอนเทียมไตตาเนต (BST) ได้ถูกนำมาเจือด้วยแมกนีเซียมในสัดส่วนของแบเรียม สตรอนเทียมและแมกนีเซียมที่แตกต่างกัน ($Ba_{1-x-y}Sr_xMg_yTiO_3$ โดยที่ x = 0.3, 0.4, 0.5 และ y = 0, 0.005, 0.010, 0.020) โดยเตรียมจากกระบวนการโซล-เจลที่อุณหภูมิต่ำเพื่อศึกษาการเกิดเฟส (phase formation) สมบัติทางไดอิเล็กตริกเชิงความถี่และเชิงอุณหภูมิ นอกจากนี้ผงแบเรียมสตรอนเทียมไททาเนตที่มีสัดส่วนแบเรียมต่อสตรอนเทียม 70:30 ได้ถูกนำมาผสมกับพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตในสัดส่วนต่างๆเพื่อปรับปรุงสมบัติทางไดอิเล็กตริกให้กับวัสดุพอลิเมอร์ซึ่งถูกเตรียมได้จากการผสมแบบละลาย จากนั้นนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดขึ้นรูป (compression molding) เพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มบางที่มีความหนาประมาณ 200 – 300 ไมครอน จากนั้นทำการศึกษาสมบัติทางความร้อน สมบัติเชิงกล สมบัติทางไดอิเล็กตริก และค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่เป็นฟังก์ชั่นของปริมาณของผงแบเรียมสตรอนเทียมไททาเนตในวัสดุคอมพอสิตของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตยังได้ถูกพยากรณ์โดยสมการทางทฤษฎีของวัสดุคอมพอสิตแบบ 0-3 นอกจากนั้นได้มีการศึกษาสภาพการกระจายตัวของผงแบเรียมสตรอนเทียมไททาเนตในวัสดุคอมพอสิตของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ท้ายที่สุดแล้วสมบัติทางไดอิเล็กตริก ความยืดหยุ่น และความสามารถในการขึ้นรูปของวัสดุคอมพอสิตพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตตัวเก็บประจุที่เป็นลักษณะฟิล์มบางในย่านความถี่สูง

## ACKNOWLEDGEMENTS

I am thankful for the scholarship and funding of this thesis work provided by the Petroleum and Petrochemical College, the national center of excellence for petroleum, petrochemicals, and advanced materials, Thailand, and Kasetsart University research and development institute (KURDI).

This thesis work could not be accomplished without the facilities and financial supports of the following organizations as well as these individual assistances.

First of all, I would like to give special thanks to my advisors, Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya for her intensive suggestion, valuable guidance, encouragement and vital help throughout this research work and Asst. Prof. Apirat Laobuthee for his constructive suggestions and beneficial recommendations. I also would like to thank to all other committee members, Asst. Prof. Thanyalak Chaisuwan and Dr. Chatchai Veranitisagul for taking time to serve as the committees and give their valuable comments on thesis including their patient to proofread my thesis.

Moreover, the author appreciates national metal and materials technology center (MTEC) for electrical measurement and MTEC staffs for providing useful suggestion. As well as the department of materials engineering, Kasetsart University for providing lab instruments.

Finally, the author wishes to take this opportunity to thank my friends, my seniors, and the college staff at the Petroleum and Petrochemical College for their friendly help, cheerfulness, and creative suggestions. And especially thanks to my parents who have always support and encourage throughout this thesis work.

## TABLE OF CONTENTS

# LIST OF TABLES

# LIST OF FIGURES

**FIGURE** **PAGE**

**CHAPTER IV**

**FIGURE** **PAGE**

**FIGURE** **PAGE**

# LIST OF SCHEMATICS

**SCHEMATICS** **PAGE**

## CHAPTER II



## CHAPTER III

## ABBREVIATIONS

| | |
|---|---|
| BST | Barium strontium titanate |
| PBS | Poly(butylene succinate) |

## SYMBOLS

| | |
|---|---|
| A | Area |
| a | Weight of the sample in air |
| b | Weight of the sample immersed in deionized water |
| c | Weight of the damp sample after being wiped off excess water |
| C | Capacitance |
| D | Electric displacement |
| *D* | Distance between the plate |
| $D_{water}$ | Density of deionized water |
| E | Electric intensity applied |
| $E_0$ | Amplitude |
| tan δ | Loss tangent |
| Q | Charge |
| *Q* | Quality factor |
| *V* | Potential difference |
| α | Total polarizability |
| $\alpha_e$ | Electronic polarization |
| $\alpha_a$ | Atomic polarization |
| $\alpha_o$ | Dipole orientation polarization |
| $\varepsilon_0$ | Permittivity of free space ( $8.854 \times 10^{-12}$ $C^2/m^2$ or F/m) |
| ε' | Dielectric constant |
| ε'' | Dielectric loss |
| ε | Dielectric constant of the composites |
| $\varepsilon_p$ | Dielectric constants of the polymer matrix |
| $\varepsilon_c$ | Dielectric constants of the BST ceramic |
| *n* | Refractive index |
| Ø | Volume fraction |
| $\phi_c$ | Volume fraction of the ceramic |
| $\phi_p$ | Volume fraction of the polymer |