# PREPARATION OF GRAPHENE/NATURAL RUBBER COMPOSITE FOR COMPLIANT ELECTRODE APPLICATIONS

Sasithorn Korattanawittaya

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

I28369919

570041

**Thesis Title:** Preparation of Graphenen/Natural Rubber Composite for Compliant Electrode Applications

**By:** Sasithorn Korattanawittaya

**Program:** Polymer Science

**Thesis Advisor:** Prof. Anuvat Sirivat

---

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:**

..............................................

(Prof. Anuvat Sirivat)

..............................................

(Assoc. Prof. Sujitra Wongkasemjit)

..............................................

(Dr. Karnthidaporn Wattanakul)

# ABSTRACT

5572021063: Polymer Science Program

Sasithorn Korattanawittaya: Preparation of Graphenen/Natural Rubber Composite for Compliant Electrode Applications.

Thesis Advisor: Prof. Anuvat Sirivat 162 pp.

Keywords: Natural rubber/ Graphene/ Compliant electrode/ Flexible material

A compliant electrode is a stretchable electronic device that retains good conductivity under stretching. It has been used in various electro-actuating applications that require large deformations under electrical activated energy. The purpose of this work was to fabricate the compliant electrode possessing high electrical conductivity and good mechanical properties. Due to the excellent mechanical properties of natural rubber (NR), it was used as a matrix for preparing a compliant electrode. Graphene is one of many innovative new conductive fillers that provides excellence electrical conductivity. In order to investigate its mechanical properties and electrical conductivity, an experiment was carried out by using a melt rheometer in tension mode. Both mechanical and electrical properties were improved by introducing graphene into the matrix. Despite the strain of NR films reaching 80%, the films were able to maintain electrical conductivity values with very low drop offs. The highest electrical conductivity was obtained from the 35.0 %v/v graphene/NR composite which was greater than the DANFOSS commercial compliant electrode. In conclusion, a graphene /NR composite was shown as a promising material for using as a compliant electrode.

# บทคัดย่อ

ศศิธร ก่อรัตนวิทยา : การเตรียมขั้วไฟฟ้าแปรรูปจากแผ่นฟิล์มคอมโพสิทระหว่างกราฟีนและยางธรรมชาติ (Preparation of Graphene/Natural Rubber Composite for Compliant Electrode Application) อ. ที่ปรึกษา : ศ. อนุวัฒน์ ศิริวัฒน์ 162 หน้า

ขั้วไฟฟ้า แปรรูป (Compliant electrode) เป็นขั้วไฟฟ้าที่คงความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ดีในขณะที่ขั้วไฟฟ้าถูกดึงยืด ขั้วไฟฟ้าชนิดนี้เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในงานแอคชูเอเตอร์ (Actuators) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดเมื่อได้รับกระแสไฟฟ้า จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อเตรียมขั้วไฟฟ้าแปรรูปที่มีความสามารถในการนำไฟฟ้าสูงและมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ยางธรรมชาติเป็นวัสดุหลักสำหรับการเตรียมขั้วไฟฟ้าแปรรูป เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี แต่เนื่องจากยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องมีการเติมสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการนำไฟฟ้าให้เหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นขั้วไฟฟ้า กราฟีนเป็นวัสดุคาร์บอนที่มีความสารมารถในการนำไฟฟ้าสูงจึงถูกเลือกมาใช้ในงานวิจัยเพื่อเสริมความสามารถในการนำไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าแปรรูป

คุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของแผ่นฟิล์มคอมโพสิท ได้รับการศึกษาด้วยเครื่องเมลรีโอมิเตอร์ (Melt Rheometer) ผลการศึกษาพบว่า เมื่อใช้กราฟีนเป็นสารเติมแต่งคุณสมบัติเชิงกลและการนำไฟฟ้าของแผ่นฟิล์มคอมโพสิทมีค่าเพิ่มขึ้น แม้ว่าถูกดึงยืดถึง 80 % แต่แผ่นฟิล์มคอมโพสิทยังคงคุณสมบัติการนำไฟฟ้าที่ดี แผ่นฟิล์มคอมโพสิทที่เตรียมโดยเติมกราฟีน 35.0 % โดยปริมาตร ให้ค่าการนำไฟฟ้าที่สูงสุด ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าขั้วไฟฟ้าแปรรูปทางการค้า จากบริษัท DANFOSS จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า แผ่นฟิล์มคอมโพสิทระหว่างกราฟีนและยางธรรมชาติ เหมาะสำหรับการใช้เป็นวัสดุขั้วไฟฟ้าแปรรูป

## ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere gratitude to all those who gave the possibility to complete this thesis work.

First of all, I am grateful for the scholarship and funding of the thesis work provided by The Petroleum and Petrochemical College, The Center of Excellence on Petrochemical, Thailand Research Fund, and Materials Technology, Thailand.

I am deeply indebted to my thesis advisors, Prof. Anuvat Sirivat who gave admirable guidance, encouragement, stimulating suggestions and helped me in all the time of my research.

My sincere thank are due to the official committees, Assoc. Prof. Sujitra Wongkasemjit and Dr. Karnthidaporn Wattanakol, for their detailed review, constructive criticism and excellent advices.

Lastly, this special thesis would not have been possible without the knowledge received from all the lecturers and staffs at The Petroleum and Petrochemical College, plus love and constant support from my family and friends.

# TABLE OF CONTENTS

CHAPTER PAGE

CHAPTER PAGE

**CHAPTER** **PAGE**

## LIST OF TABLES

**TABLE** **PAGE**

# LIST OF FIGURES

**FIGURE** **PAGE**

**FIGURE** **PAGE**