# CELLULOSE NANOCOMPOSITE AS AN EFFECTIVE SUBSTRATE FOR ORGANIC LIGHT EMITTTING DIODES (OLEDS)

Sarute Ummartyotin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Degree of Doctor of Philosophy

The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University

in Academic Partnership with

The University of Michigan, The University of Oklahoma,

and Case Western Reserve University

2012

| | |
|---|---|
| **Thesis Title:** | Cellulose nanocomposite as an effective substrate for OLEDs |
| **By:** | Mr. Sarute Ummartyotin |
| **Program:** | Polymer Science |
| **Thesis Advisors:** | Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya |
| | Prof. Mohini Sain |

---

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy

..... College Dean

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

**Thesis Committee:**

..... .....

(Asst. Prof. Pomthong Malakul) (Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya)

..... .....

(Prof. Mohini Sain) (Assoc. Prof. Rathanawan Magaraphan)

.....

(Dr. Adisorn Tuantranont)

# ABSTRACT

5292003063: POLYMER SCIENCE PROGRAM
Sarute Ummartyotin: Cellulose nanocomposite as an effective substrate for OLEDs
Thesis Advisors: Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya, Prof. Mohini Sain 230 pp.
Keywords: cellulose nanocomposite / flexible display substrate / printed electronic / organic light emitting diodes

Nanocomposite film composed of bacterial cellulose (10 – 50 wt%) and polyurethane (PU) based resin was fabricated and utilized as a substrate for flexible organic light emitting diode (OLED) display. The performance of the nanocomposite satisfied the criteria for the substrate of OLED with an additional feature of flexibility. The visible light transmittance of the nanocomposite film was as high as 80 %. Its thermal stability was stable up to 150 °C while its dimensional stability in terms of coefficient of thermal expansion (CTE) was less than 20 ppm/K. Moreover, Si-O film and ferrofluid solution were employed to protect nanocomposite substrate from moisture and to reduce the surface roughness, respectively. Water vapor transmission rate (WVTR) and surface roughness must be lower than $10^{-6}$ g/m$^2$/day and 5 nm, respectively. Consequently, in order to fabricate OLED circuit, we investigated PEDOT: PSS, silver nanoparticle and ZnS nanoparticle were investigated for being as anode, cathode and emissive layer, respectively. The use of desktop inkjet printer was employed to use as instrument in order to deposit OLED layer.

# บทคัดย่อ

ศรุต อำมาตย์โยธิน : วัสดุคอมพอสิตของเซลลูโลส เพื่อการนำมาเป็นแผ่นซับสเตรทของอุปกรณ์ไดโอดชนิดเปล่งแสง (Cellulose nanocomposite as an effective substrate for OLEDs) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. หทัยกานต์ มนัสปิยะ และ ศ. ดร. โมหินี เซน 185 หน้า

วัสดุคอมพอสิตสามารถเตรียมได้จากการเสริมแรงของเซลลูโลสเข้าสู่พอลียูริเทรน ซึ่งสามารถเพิ่มในไปใช้เป็นแผ่นซับสเตรทในอุปกรณ์ไดโอดชนิดแปล่งแสง ซึ่งวัสดุดังกล่าวสามารถเพิ่มความยืดหยุ่น แสงสามารถผ่านได้เกิน 80 % นอกจากนี้ยังสามารถทนความร้อนได้ถึง 150°C และมีการขยายตัวทางความร้อนต่ำกว่า 20 ppm/K ต่อจากนั้นวัสดุคอมพอสิตดังกล่าว ยังถูกนำไปเคลือบด้วยฟิล์มของซิลิกอนออกไซด์ ซึ่งมีความหนาในระดับนาโน ด้วยกระบวนการการเคลือบทางเคมี ซึ่งอาศัยพลาสมาเป็นตัวกระตุ้น เมื่อทำการเคลือบแล้ว พบว่า วัสดุคอมพอสิต สามารถลดการดูดซับน้ำได้ลดลงจาก 0.09 เหลือ $10^{-4}$ g/m$^2$/day นอกจากนี้ยังพบว่า วัสดุดังกล่าวยังคงให้ความโปร่งแสงได้เหมือนเดิม ต่อมาวัสดุคอมพอสิตที่ทำการเคลือบด้วยซิลิกอนออกไซด์ จะถูกนำมาขัดแบบละเอียดด้วยสารประกอบของเหล็ก ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 นาโนเมตร เพื่อเป็นการลดระดับความสูงของพื้นผิวของชิ้นงานให้ต่ำกว่า 5 นาโนเมตร ซึ่งวัสดุดังกล่าวจะมีสมบัติโดยทั่วไปเหมือนแผ่นกระจก ซึ่งใช้กันแพร่หลายในแผ่นซับสเตรทของอุปกรณ์ไดโอดชนิดแปล่งแสง แต่ยังคงมีความยืดหยุ่นเหมือนแผ่นพลาสติก หลังจากนี้ จะเป็นการพัฒนาแผ่นซับสเตรทให้สอดคล้องกับอุตสาหกรรมผลิตวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเครื่องพิมพ์ โดยเริ่มจากการเตรียมขั้วแอโนดจากสาร PEDOT:PSS เพื่อทำหน้าที่ในการให้ประจุลบ ขั้วแคโทดจากสารละลายของเงินเพื่อให้ประจุบวก และสารที่ให้แสงจากสารประกอบซิงค์ซัลไฟด์เพื่อทำหน้าที่ให้แสง ซึ่งสารทั้ง 3 ประเภทนี้ จะต้องถูกปรับปรุงสมบัติทางกายภาพให้สอดคล้องกับเครื่องพิมพ์ สุดท้ายนี้ความสำเร็จดังกล่าว ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุชีวภาพในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ด้วย

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank his supervisor, Assistant Professor Dr Hathaikarn Manuspiya, who gave him intensive recommendation, constructive criticism, suggestions, constant encouragement, inspiration, and the opportunity to study and have more experiences in The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, Thailand. Furthermore, he would like to express his appreciation to Center for Petroleum, Petrochemicals and Advanced Materials, Chulalongkorn University for financial support.

He is deeply indebted to Professor Dr Mohini Sain and Associate Professor Dr Amr Helmy who gave valuable advice and discussion on the research including a financial support during carring out the experiments in Centre for Biocomposites and Biomaterials Processing, Faculty of Forestry, University of Toronto, Canada.

A deep gratitude is to express to Dr Julasak Juntaro, his postdoctoral researcher for the preparation of bacterial cellulose and its nanocomposite and long term mental support during period in Canada. The appreciation was also extended to Mr Natthaphon Bunnak for the CTE by dilatometer; trace metal element analysis by XRF and dielectric properties measurement by LCR precision meter at The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, Thailand.

He would like to thank all professors and friends at The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, Thailand and Faculty of Forestry, University of Toronto, Canada for giving him helps, good time and good memories during his stay.

Thus far, finally, he wishes to express his gratitude to his family for their love, understanding, encouragement, and for being a constant source of his inspiration.

# TABLE OF CONTENTS

# LIST OF TABLES

# LIST OF FIGURES

**FIGURE** **PAGE**



CHAPTER V

**FIGURE** **PAGE**