ณัฐวดี บัวติ๊บ : เพียโซอิเล็กทริกปลอดสารตะกั่ว – ไทรโบอิเล็กทริก ชนิดไฮบริด สำหรับประยุกต์ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน (LEAD FREE PIEZO-TRIBOELECTRIC HYBRID FOR ENERGY HARVESTING APPLICATION) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. สุดเขตต์ พจน์ประไพ, 160 หน้า.

คำสำคัญ: แบเรียมแคลเซียมเซอร์โคเนตไททาเนต/วัสดุเพียโซอิเล็กทริกปลอดสารตะกั่ว/วัสดุคอมโพสิตเพียโซอิเล็กทริก/เพียโซอิเล็กทริก–ไทรโบอิเล็กทริกชนิดไฮบริด/การเก็บเกี่ยวพลังงาน

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การสังเคราะห์และการประดิษฐ์ วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเซรามิกและวัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิตที่ปลอดสารตะกั่ว เพื่อสร้างอุปกรณ์สำหรับเก็บเกี่ยวพลังงานจากพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยเพียโซอิเล็กทริก-ไทรโบอิเล็กทริก ชนิดไฮบริด (Piezo-Triboelectric hybrid) สำหรับประยุกต์ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงานภายใต้แรงบีบอัดทางกล

ในส่วนแรก วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาการสังเคราะห์และการสร้างวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเซรามิกโดยสารแบเรียมแคลเซียมเซอร์โคเนตไททาเนต (BCZT) ซึ่งเป็นวัสดุเฟอร์โรอิเล็กทริกที่ปลอดสารตะกั่ว และมีสมบัติเพียโซอิเล็กทริกที่สามารถแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ จากปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกทางตรง (piezoelectric direct effect) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการเผาผนึกด้วยปฏิกิริยาสถานะของแข็งแบบดั้งเดิม (Conventional sintering; CS) และการเผาผนึกด้วยปฏิกิริยา (Reactive sintering; RS) ซึ่งผลแสดงให้เห็นว่าวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเซรามิก BCZT จากการเผาผนึกโดยทั้งสองเทคนิคที่อุณหภูมิ 1540 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงแสดงสมบัติทางไฟฟ้าและเพียโซอิเล็กทริกที่เหมาะสมที่สุด ถึงแม้ว่าเซรามิก RS-BCZT จะมีกระบวนการผลิตที่ง่ายและประหยัดกว่าเซรามิก CS-BCZT แต่สมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกนั้นยังไม่เพียงพอสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้งานในการเก็บเกี่ยวพลังงาน เพื่อปรับปรุงสมบัติการเก็บเกี่ยวพลังงานของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเซรามิก BCZT การศึกษานี้จึงได้ทำการสังเคราะห์และผลิตเซรามิก BCZT โดยใช้ปฏิกิริยาสถานะของแข็ง (Solid state reaction; SSR) และการอัดขึ้นรูปโดยให้ความดันทุกทิศทางแบบเย็น (Cold isostatic pressing; CIP) ก่อนการเผาผนึก จากกระบวนการดังกล่าวเซรามิก BCZT แสดงค่าสัมประสิทธิ์ทางเพียโซอิเล็กทริก (d_{33}, g_{33}) ที่ดี ซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษทางเพียโซอิเล็กทริกและทางไฟฟ้าของวัสดุสำหรับเก็บเกี่ยวพลังงาน นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวพลังงานของวัสดุเซรามิก BCZT ได้ถูกศึกษาทดลองภายใต้เงื่อนไขของการบีบอัด (compressive loads) ที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม วัสดุเซรามิกเป็นวัสดุที่เปราะและแตกหักง่ายภายใต้แรงกระทำเชิงกล ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงได้ประดิษฐ์วัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิต BCZT/MCNTs/PDMS ในรูปแบบโครงสร้าง 0-3 เพื่อกำจัดข้อจำกัดนี้ และทำการประดิษฐ์วัสดุเพียโซอิเล็กทริก-ไทรโบอิเล็ก

ทริก ชนิดไฮบริด ที่สร้างจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิต โดยปรากฏการณ์ไทรโบอิเล็กทริกคือการสร้างพลังงานไฟฟ้าด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิตและการเกิดไฟฟ้าสถิต ซึ่งจากการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนน้ำหนักของอนุภาค BCZT แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอนุภาค BCZT จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางไฟฟ้าได้ โดยคอมโพสิตที่มีอนุภาค BCZT ในอัตราส่วน 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแสดงผลลัพธ์ทางไฟฟ้าที่ดีที่สุด

จากผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า วัสดุเพียโซอิเล็กทริก-ไทรโบอิเล็กทริก ชนิดไฮบริดที่ใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิต BCZT/MCNTs/PDMS แสดงประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าและมีความทนทานต่อแรงเชิงกลที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเซรามิกเพียโซอิเล็กทริก BCZT ซึ่งอาจเป็นทางเลือกที่มีความเป็นไปได้สำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านการเก็บเกี่ยวพลังงานภายใต้แรงบีบอัดสูงและการโหลดเชิงกลซ้ำๆได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเซรามิก
ปีการศึกษา 2565

ลายมือชื่อนักศึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

NATTHAWADI BUATIP : LEAD FREE PIEZO-TRIBOELECTRIC HYBRID FOR ENERGY HARVESTING APPLICATION. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SOODKHET POJPRAPAI, Ph.D., 160 PP.

Keyword: BCZT/lead-free piezoelectric/piezoelectric composite/piezo-triboelectric hybrid/energy harvesting

This research focuses on the synthesis and fabrication of lead-free piezoelectric ceramics and piezoelectric composites. The objective is to develop a device that can harvest electrical energy from mechanical energy using a piezoelectric-triboelectric hybrid mechanism (referred to as a "Piezo-Triboelectric Hybrid") specifically designed for energy harvesting applications involving compression forces.

The first part of this thesis examines the synthesis and fabrication of piezoelectric ceramic with barium calcium zirconate titanate (BCZT) as a lead-free ferroelectric material. BCZT exhibits piezoelectric properties that allow for the conversion of mechanical energy to electrical energy through the direct piezoelectric effect. In this research, a comparative study was conducted, comparing conventional solid-state reaction sintering (CS) with reactive sintering (RS) techniques. The findings indicate that BCZT ceramics sintered at 1540 °C for 2 hts using either CS or RS demonstrated optimum electrical and piezoelectric properties. However, while RS-BCZT ceramics offer a simpler and more cost-effective manufacturing process compared to CS-BCZT ceramics, their electrical properties are insufficient for energy harvesting applications. To enhance the energy harvesting capabilities of BCZT ceramics, this study employed solid-state reaction (SSR) method and cold isostatic pressing (CIP) prior to sintering. The BCZT ceramics exhibited favorable piezoelectric coefficients (d_{33}, g_{33}), which are critical properties for energy harvesting. Additionally, the energy harvesting efficiency of BCZT ceramics was experimentally investigated under various compressive loads. However, due to the brittleness of ceramics under mechanical stress, this research also involved the fabrication of a piezoelectric composite material, BCZT/MCNTs/PDMS, in a 0–3 structure to overcome this limitation. Furthermore, a piezo-triboelectric hybrid was developed using the piezoelectric composite, as the triboelectric effect enables the generation of electrical energy

through electrostatic induction and static electricity. The study also explored the influence of the weight ratio of BCZT particles on electrical efficiency, revealing that an increased weight percentage of BCZT particles led to improved electrical performance. Specifically, the composite containing 50 wt% of BCZT particles exhibited the most favorable electrical results.

The findings of this study demonstrate that the piezo-triboelectric hybrid based on the BCZT/MCNTs/PDMS piezoelectric composite is a promising lead-free alternative for energy harvesting applications involving mechanical compression. It shows efficiency in converting mechanical energy into electrical energy and has better mechanical toughness. Compared to the BCZT piezoelectric ceramic, it could be a viable alternative for energy harvesting applications under high compressive load force and mechanical cyclic loading.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Ceramic Engineering
Academic Year 2022

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....
Co-advisor's Signature.....