

ชื่อวิทยานิพนธ์	สมบัติไพโซอิเล็กทริกของวัสดุคอมโพสิต พิแซดที/พอลิเมอร์
ผู้เขียน	นางสาวเขาวลัักษณ์ เพิ่มพรสกุล
สาขาวิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2545

บทคัดย่อ

เตรียมสารตัวอย่างคอมโพสิตประเภท 1-3 ที่เป็นแท่ง PZT อยู่ในอีพอกซีที่มีสัดส่วนโดยปริมาตรของ PZT เท่ากับ 0.4 และ 0.6 โดยวิธีที่เรียกว่า dice-and-fill technique และคอมโพสิตประเภท 0-3 ที่มีก้อน PZT กระจายอยู่ในโคพอลิเมอร์ P(VDF-TrFE) ซึ่งมีสัดส่วนโดยปริมาตรของ PZT เท่ากับ 0.3 โดยวิธีการกดอัด ถ่ายภาพผิวหน้าของคอมโพสิตโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อตรวจการแยกตัวของแท่ง PZT ในคอมโพสิตประเภท 1-3 และตรวจการกระจายตัวของก้อน PZT ในคอมโพสิตประเภท 0-3 ศึกษาความจุความร้อนของสารตัวอย่างโดยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter พบว่าคอมโพสิตประเภท 1-3 PZT กับอีพอกซีที่มีสัดส่วนโดยปริมาตรของ PZT เท่ากับ 0, 0.4 และ 0.6 และคอมโพสิตประเภท 0-3 PZT กับ P(VDF-TrFE) มีค่าความจุความร้อนเท่ากับ 2777, 214, 283 และ 2753 $J/kg\ ^\circ C$ ตามลำดับ คอมโพสิตประเภท 1-3 PZT กับอีพอกซีได้รับสนามไฟฟ้าโวลติงที่มีความเข้ม 10 MV/m เป็นเวลา 15 นาทีที่อุณหภูมิห้อง ศึกษาความเครียดกลที่เกิดขึ้นเนื่องจากสนามไฟฟ้าภายนอกโดยใช้เทคนิคอินเทอร์เฟอโรมิเตอร์ อัตราส่วนระหว่างการกระตุ้นกับศักย์ไฟฟ้าคือค่าคงที่ไพโซอิเล็กทริก พบว่าค่าคงที่ไพโซอิเล็กทริก d_{33} ของคอมโพสิตประเภท 1-3 PZT กับอีพอกซีที่มีสัดส่วนโดยปริมาตรของ PZT เท่ากับ 0.4, 0.6 และ 1 เท่ากับ 190 ± 10 , 188 ± 10 และ $360 \pm 10\ pm/V$ ตามลำดับค่าที่ได้สอดคล้องกับการคำนวณโดยทฤษฎี

วัดค่าคงที่ไพโรอิเล็กทริกของสารตัวอย่างโดยตรงกล่าวคือสารตัวอย่างจะถูกทำให้ร้อนและเย็นในอัตราที่กำหนดจากนั้นวัดประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้น โดยค่าคงที่ไพโรอิเล็กทริกสามารถหาได้จากปริมาณของประจุที่เปลี่ยนไปต่อพื้นที่ของขั้วไฟฟ้าต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยน พบว่าค่าคงที่ไพโรอิเล็กทริกของคอมโพสิตประเภท 1-3 PZT กับอีพอกซีมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนโดยปริมาตรของ PZT ค่าคงที่ไพโรอิเล็กทริกของคอมโพสิตประเภท 1-3 PZT กับอีพอกซีที่มีสัดส่วนโดยปริมาตรของ PZT เท่ากับ 0.4, 0.6 และ 1 มีเท่ากับ 44, 54 และ 74 $\mu C/m^2\ ^\circ C$ ตามลำดับ

ศึกษาการแพร่ความร้อนของคอมโพสิตจากการวัดความหน่วงเฟสของคลื่นความร้อนที่แพร่ผ่านเนื้อวัสดุ คอมโพสิตจะถูกยึดติดกับหัววัดไพโรอิเล็กทริก $LiTaO_3$ ด้วยกาวนำความร้อนที่

ผิวหน้าของคอมโพสิตทำให้มีสีดำเพื่อช่วยในการดูดกลืนความร้อน ฉายลำแสงเลเซอร์ที่ความเข้มแสงถูกมอดูเลตลงบนผิวหน้าของคอมโพสิตทำให้เกิดคลื่นความร้อนแพร่ผ่านจากคอมโพสิตไปยังหัววัดไพโรอิเล็กทริกทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไพโรอิเล็กทริกขึ้น ความต่างเฟสระหว่าง กระแสไฟฟ้าไพโรอิเล็กทริกกับความเข้มแสงเลเซอร์จะขึ้นกับความหนาของคอมโพสิตและสมบัติการแพร่ความร้อน วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม *Mathematica* พบว่าคอมโพสิตประเภท 1-3 PZT กับอีพอกซีที่มีสัดส่วนโดยปริมาตรของ PZT เท่ากับ 0.4 และ 0.6 มีค่าสภาพการแพร่ความร้อนเท่ากับ 2.24×10^{-7} และ $1.43 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ ตามลำดับ สำหรับอีพอกซีมีค่าสภาพการแพร่ความร้อนเท่ากับ $2.5 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ และคอมโพสิตประเภท 0-3 PZT กับ P(VDF-TrFE) มีค่าสภาพการแพร่ความร้อนเท่ากับ $2.04 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ วัดค่าสภาพการแพร่ความร้อนของ LiTaO_3 โดยใช้คอมโพสิตประเภท 1-3 PZT กับอีพอกซีที่มีสัดส่วนโดยปริมาตรของ PZT เท่ากับ 0.4 ที่ผ่านการโพลิงทำหน้าที่เป็นหัววัดไพโรอิเล็กทริกได้ค่าสภาพการแพร่ความร้อนของ LiTaO_3 เท่ากับ $4.39 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ ซึ่งแตกต่างจากค่าที่เคยมีในรายงาน 36 %

จะเห็นว่าคอมโพสิตประเภท 1-3 PZT กับอีพอกซีมีสมบัติที่น่าสนใจที่จะนำมาทำเป็นหัววัดไพโรอิเล็กทริกและทรานสดิวเซอร์ สำหรับคอมโพสิตประเภท 0-3 PZT กับ P(VDF-TrFE) ไม่สามารถโพลิงให้แสดงสมบัติไพโรอิเล็กทริกและไพโรอิเล็กทริกได้เนื่องจากสารตัวอย่างมีความบางมากและลักษณะในระหว่างการโพลิง

Thesis Title	Piezoelectric Properties of PZT/Polymer Composites
Author	Miss Yaowaluck Phermponsagul
Major Program	Physics
Academic Year	2002

Abstract

PZT/epoxy composites having 0.4 and 0.6 volume fraction of PZT with 1-3 connectivity were prepared using the dice-and-fill technique. The composites of the PZT powders dispersed in a P(VDF-TrFE) matrix with 0.3 volume fraction of PZT were fabricated by compression molding. Scanning electron microscope (SEM) was used to check the separation of the PZT rods in the 1-3 composites PZT/epoxy and to check the disperser of the PZT clusters in the copolymer matrix of the 0-3 composites PZT/P(VDF-TrFE). Heat capacity of the composites were investigated by using Differential Scanning Calorimeter. It was found that the value of the heat capacity of the 1-3 composites PZT/epoxy having 0, 0.4 and 0.6 volume fraction of PZT and 0-3 composites were 2777, 214, 283 and 2753 $J/kg\ ^\circ C$, respectively. The 1-3 composites PZT/epoxy were poled with an electric field of 10 MV/m for 15 minutes at room temperature. The mechanical strain induced by the external electric field of the composites were obtained using the laser interferometry technique. A ratio between the displacement and driving voltage is a piezoelectric coefficient. It was found that the piezoelectric d_{33} coefficients of the 1-3 composites having 0.4, 0.6 and 1 volume fraction of PZT were 190 ± 10 , 188 ± 10 and 360 ± 10 pm/V , respectively. This value agreed closely with the theoretical predictions.

The pyroelectric p coefficients of the composites were investigated using the direct method. In this method the sample is heated and cooled under controlling rate rate and the resulting charge changing is measured. The pyroelectric coefficient is determined by the charge changing at the electrodes due to changing of the sample temperature. It was found that the composite pyroelectric coefficients increase by the volume fraction of PZT increasing. The value of the pyroelectric coefficients having

0.4, 0.6 and 1 volume fraction of PZT composite were found to be 44, 54 and 74 $\mu\text{C}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$, respectively.

The thermal diffusivity of the composites was determined using technique based on the phase retardation measurement of a thermal wave passing through the material. The composite was attached by means of a high thermal conductivity cement to a LiTaO_3 pyroelectric detector. The top surface of the composites was blacken to enhance heat absorption. A sinusoidally-modulated laser beam was projected on the top of the composites and heating results in the propagation of the thermal waves into the composites. The temperature wave diffuses through the composite to the LiTaO_3 detector, generating a pyroelectric current. The phase retardation between the pyroelectric current and laser beam intensity is a unique function of the composite thickness and its thermal diffusivity. By the computer package, *Mathematica*, the value of the thermal diffusivity were found to be 2.24×10^{-7} and $1.43 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ for the 1-3 composite PZT/epoxy having 0.4 and 0.6 volume fraction of PZT, respectively, $2.5 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ for the epoxy and $2.04 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ for 0-3 composite PZT/P(VDF-TrFE) having 0.3 volume fraction of PZT. The poled 1-3 composite PZT/epoxy having 0.4 volume fraction of PZT is used as the pyroelectric detector for determining the thermal diffusivity of the LiTaO_3 . The thermal diffusivity of the LiTaO_3 was found to be $4.39 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ which was 38% different from the reported value in the literature.

From the investigation, 1-3 composite PZT/epoxy is promising for applications as pyroelectric detector and transducer. For 0-3 composite PZT/P(VDF-TrFE) the poling process was incompleted because of the damages of the sample during the process.