ชื่อเรื่อง การผลิตไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริกมอดูลโดยใช้แหล่งความร้อนจากเตาเผา

ผู้วิจัย สุภศิษฎ์ แพงสอน

ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ทศวรรษ สีตะวัน

ปริญญา วท.ม. (ฟิสิกส์)

สถาบัน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ปีที่พิมพ์ 2560

ลิขสิทธิ์ของ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บทคัดย่อ

อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกมีความน่าสนใจสำหรับการเปลี่ยนความร้อนเหลือทิ้งจากเตาเผา รถยนต์ หรือ ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นพลังงานไฟฟ้า ข้อได้เปรียบของอุปกรณ์นี้คือ ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ไม่มีเสียงรบกวน และส่งผลให้ค่าซ่อมบำรุงต่ำ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกยังต่ำ เนื่องจากข้อจำกัดของวัสดุ ซึ่งสามารถประเมินได้จากค่าไดเมนชันเลสฟิกเกอร์ออฟเมอริท (ZT) ด้วยเหตุนี้จึงต้องหาวิธีปรับปรุงค่า ZT ของวัสดุให้สูงขึ้น

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพของวัสดุชนิดเอ็นแคลเซียมแมงกานีสออกไซด์ วัสดุชนิดพีแคลเซียมโคบอลต์ออกไซด์ ปรับปรุงวัสดุฐานรองให้สามารถทนความร้อนสูง และพัฒนากระบวนการประดิษฐ์อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกให้มีความคงทนและสามารถใช้งานในอุณหภูมิสูง

แคลเซียมแมงกานีสออกไซด์มีสัมประสิทธ์ซีเบกสูง สภาพนำความร้อนต่ำ แต่มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูง ด้วยเหตุนี้จึงได้แทนที่แคลเซียมด้วยบิสมัส พบว่า สามารถเพิ่มความหนาแน่นพาหะ ส่งผลให้ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า ค่าสภาพนำความร้อนลดลง และทำให้ค่า ZT เพิ่มขึ้นถึง 5 เท่า ของตัวอย่าง $Ca_{0.97}Bi_{0.03}MnO_3$ ที่อุณหภูมิ 473 เคลวิน เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้แทนที่

แคลเซียมโคบอลต์ออกไซด์มีสัมประสิทธ์ซีเบกสูง สภาพนำความร้อนต่ำ แต่มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูง ด้วยเหตุนี้จึงได้เติมผงโลหะเงิน เพื่อลดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า โดย เติมผงโลหะเงินจำนวน 10 % โดยน้ำหนัก ($Ca_3Co_4O_9$ + Ag 10 %) พบว่า เกรนของ

แคลเซียมโคบอลต์ออกไซด์บางส่วนเชื่อต่อกันด้วยผงโลหะเงินที่เติมเข้าไป ส่งผลให้ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า ค่าสัมประสิทธิ์ซีกเบก ค่าสภาพนำความร้อนได้ลดลง และทำให้ค่า ZT เพิ่มขึ้นถึง 2 เท่า ของตัวอย่างที่ไม่เติมที่อุณหภูมิ 473 เคลวิน

วัสดุฐานรองของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ได้เตรียมมาจากแผ่นอะลูมินา 96 % ขนาด 50x50x1 mm^3 ใช้เงินเป็นขั้วไฟฟ้า และใช้กาวเงินในการเชื่อมระหว่างอะลูมินากับแผ่นเงิน พบว่าสามารถทนความร้อนได้สูงถึง 1023 เคลวินซึ่งเหมาะสมกับการประดิษฐ์อุปกรณ์ออกไซด์เทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้วัสดุชนิดเอ็น $Ca_{0.97}Bi_{0.03}MnO_3$ และวัสดุชนิดพี $Ca_3Co_4O_9$ + Ag 10 % ต่อขั้วไฟฟ้า p–n และอนุกรมทางไฟฟ้าบนวัสดุฐานรองที่ทำขั้วโลหะเงินเชื่อมต่อกันด้วยกาวเงิน พบว่า มีค่าความต้านทานรวมประมาณ 8.7 โอห์ม แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด 1.2 โวลต์ กำลังไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 66 มิลลิวัตต์ที่อุณหภูมิด้านร้อน 730 เคลวิน และผลต่างอุณหภูมิ 290 เคลวิน

การประยุกต์ใช้ 5 อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ประดิษฐ์ขึ้นร่วมกับ 6 อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ จำนวน 11 มอดูลกับแหล่งความร้อนจากเตาเผาอิฐของ ธีรวุฒิ พานิชย์ ใช้น้ำในการไหลวนระบายความร้อน พบว่าสามารถเปิดหลอดไฟ LED 10 วัตต์ ประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ 12 V, 7.5 Ah ภายในเวลา 3.5 ชั่วโมง และใช้ผลต่างอุณหภูมิ 200 เคลวิน ที่อุณหภูมิด้านร้อน 543 เคลวิน

คำสำคัญ การผลิตไฟฟ้า อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก เตาเผาอิฐ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

TITLE	Generating Electricity of Thermoelectric Module by Using Furnace Heat Source
AUTHOR	Supasit Paengson
ADVISOR	Assoc. Prof. Dr. Tosawat Seetawan
DEGREE	M.Sc. (Physics)
INSTITUTION	Sakon Nakhon Rajabhat University
YEAR	2017

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ABSTRACT

Thermoelectric device is attractive for recovering waste heat from furnace, automobiles or industries into electricity. The advantage of this device is no moving part, no noise and low cost for maintenance. However, the conversion efficiency of such devices is rather low due to limitations of fundamental materials through the thermoelectric figure of merit (ZT). Thus, there is high demand on finding materials with high ZT or strategies to improve ZT of materials.

This thesis aims to develop the of n–type calcium manganese oxide and p–type calcium cobalt oxide materials and improve substrate in developed the process of fabricating the thermoelectric module for using at high temperature.

Calcium manganese oxide have been high Seebeck coefficient, low thermal conductivity but very high electrical resistivity. In this study, the bismuth was substituted in Ca–site for improving electrical resistivity. The result of this part shows high carrier concentration, decreased electrical resistivity and thermal conductivity with increasing doped Bi contents. As a result, the ZT value increased 5 times for $Ca_{0.97}Bi_{0.03}MnO_3$ at 473 K compared with un–doped sample.

The calcium cobalt oxide sample has been high Seebeck coefficient, low thermal conductivity but high electrical resistivity. In this case, the silver (Ag) powder was added 10 wt% ($Ca_3Co_4O_9$ + Ag 10%) to reduce the electrical resistivity. It was

found that the grains of $Ca_3Co_4O_9$ was connected Ag powder, affecting to resistivity, Seebeck coefficient and thermal conductivity decreased. The ZT value of calcium cobalt oxide added Ag 10 wt% was increased 2 times at 473 compared with un-addition.

The thermoelectric substrate was prepare by using alumina 96 % of size 50x50x1 mm^3 and metalized with silver paint. It was found that the substrate was used for maximum temperature at 1023 K. Which the substrate was optimized for fabricate oxide thermoelectric device by using p-n junction of n-type $Ca_{0.97}Bi_{0.03}MnO_3$ and p-type $Ca_3Co_4O_9$ + Ag 10 wt% and silver paint series connected on thermoelectric substrate. In addition, the internal resistant, open circuit voltage of and electric power about at hot side of 730 K were 8.7 Ω, 1.2 V and 67 mW, respectively.

The 5 thermoelectric-device and 6 commercial device using water cooling system were installed to brink furnace heat source from Theerawut commercial to generate electricity. The finding shows that thermogenerator was generated electricity to turn on LED lamp 10 W and charge fully battery 12 V, 7.5 Ah in for 3.5 h at hot side 543 K and differential temperature of 200 K.

Keywords Generating Electricity, Thermoelectric device, Brick furnace, Small generators

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี