ชื่อเรื่อง การพัฒนาอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกของ p-$Mn_{1-x}Ag_xSi_{1.75-y}Bi_y$ และ n-$Mg_{2-x}Ag_xSi_{1-y}Bi_y$

ชื่อผู้วิจัย ครรชิต สิงห์สุข

กรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ทศวรรษ สีตะวัน

ปริญญา ปร.ด. (ฟิสิกส์)

สถาบัน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ปีที่พิมพ์ 2561

บทคัดย่อ

การสังเคราะห์วัสดุ $Mn_{1-x}Ag_xSi_{1.75-y}Bi_y$ (x = y = 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 และ 0.05) ด้วยวิธีบอลมิลและอัดร้อน วิเคราะห์โครงสร้างผลึก และวัดสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่า วัสดุนี้มีโครงสร้างผลึกแบบผสมระหว่าง $MnSi_{1.75}$ ซึ่งเป็นโครงสร้างผลึกหลักแบบเตตระโกนอล และ MnSi เป็นโครงสร้างผลึกรอง มีความหนาแน่นสัมพัทธ์มากกว่า 92% การเจือ $MnSi_{1.75}$ ด้วย Ag และ Bi ทำให้สัมประสิทธิ์ซีเบกและสภาพต้านทานไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น และ ที่อุณหภูมิ 673 K $Mn_{0.98}Ag_{0.02}Si_{1.73}Bi_{0.02}$ มีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบกสูงสุด 119 μV K^{-1} มีค่าตัวประกอบกำลังสูงสุด 39.7×10^{-3} mW m^{-1} K^{-2} ซึ่งมากกว่า $MnSi_{1.75}$ ร้อยละ 45.35 ดังนั้นวัสดุ $Mn_{0.98}Ag_{0.02}Si_{1.73}Bi_{0.02}$ จึงเหมาะสมที่จะนำไปประดิษฐ์เป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกชนิดพี

การสังเคราะห์วัสดุ $Mg_{2-x}Ag_xSi_{1-y}Bi_y$ (x = y = 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 และ 0.05) ด้วยวิธีบอลมิลและอัดร้อน วิเคราะห์โครงสร้างผลึก และวัดสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่า วัสดุนี้มีมีโครงสร้างผลึกหลักแบบลูกบาศก์ และมี MgO เป็นโครงสร้างผลึกรอง ความหนาแน่นของวัสดุนี้มีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวน Ag และ Bi ที่เจือเข้าไป ส่วนความหนาแน่นสัมพัทธ์มีค่าลดลง เกรนของผลึกมีขนาดเล็กระดับไมโครเมตรชิดกันทำให้วัสดุนี้มีความหนาแน่นสูง ที่อุณหภูมิ 773 K วัสดุที่เจือด้วย Ag และ Bi มีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบกสูงกว่าวัสดุที่ไม่ได้เจือ ซึ่งวัสดุ $Mg_{1.98}Ag_{0.02}Si_{0.98}Bi_{0.02}$ มีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบกสูงสุดเป็น -285.37 μV K^{-1} มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของ Mg_2Si ลดลง วัสดุ $Mg_{1.95}Ag_{0.05}Si_{0.95}Bi_{0.05}$ มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำสุด 3 mΩ cm มีค่าตัวประกอบกำลังสูงสุดเป็น 20.27 mW cm^{-1} K^{-2} จึงเหมาะที่จะนำไปประดิษฐ์เป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกชนิดเอ็น

การประดิษฐ์อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก 1 คู่ 11 คู่ และ 30 คู่ ด้วยวัสดุ p-$Mn_{0.98}Ag_{0.02}Si_{1.73}Bi_{0.02}$ และ n-$Mg_{1.95}Ag_{0.05}Si_{0.95}Bi_{0.05}$ เชื่อมต่อวัสดุด้วยขั้วไฟฟ้านิกเกิลและวัสดุฐานรองอลูมินาด้วยกาวเงิน ที่ผลต่างอุณหภูมิ 140 K วัดความต้านทานไฟฟ้า ความต่าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ศักย์ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าและทำความเย็น พบว่า ที่ผลต่างอุณหภูมิ 140 K อุปกรณ์นี้มีค่าความต้านทาน 2.2 Ω, 21 Ω และ 55 Ω ตามลำดับ มีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามผลต่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น มีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 13.4 mV, 161 mV และ 452 mV ตามลำดับ ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 0.08 mW 1.29 mW และ 4.08 mW ตามลำดับ ซึ่ง 11 และ 30 คู่ มีค่ามากกว่า 1 คู่ ถึง 14.43 และ 45.51 เท่า และเมื่อให้กระแสไฟฟ้ากับอุปกรณ์นี้ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวมีค่าลดลงน้อยมากประมาณ 0.1 K จึงไม่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้เป็นเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก

คำสำคัญ: เทอร์โมอิเล็กทริก เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องทำความเย็น แมกนีเซียมซิลิไซด์ แมงกานีสซิลิไซด์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

TITIE Development of *p*-$Mn_{1-x}Ag_xSi_{1.75-y}Bi_y$ and *n*-$Mg_{2-x}Ag_xSi_{1-y}Bi_y$ Thermoelectric Devices

AUTHOR Kunchit Singsoog

ADVISOR Associate Professor Dr. Tosawat Seetawan

DEGREE Doctor of Philosophy (Physics)

INSTITUTION Sakon Nakhon Rjabhat University

YEAR 2018

ABSTRACT

The $Mn_{1-x}Ag_xSi_{1.75-y}Bi_y$ (x = y = 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, and 0.05) materials were synthesized by ball milling and hot press method. The crystal structure and thermoelectric properties were analyzed it was found that the XRD patterns of all samples show mixes phase between $MnSi_{1.75}$ for main phase of tetragonal structure and MnSi for secondary phase. The relative density of all samples were higher than 92%, indicating a good method for preparing high density samples. The Seebeck coefficient (S) and electrical resistivity of Ag and Bi doped $Mn_{1-x}Ag_xSi_{1.75-y}Bi_y$ can be increased. The highest of S value and power factor at 673 K revealed that $Mn_{0.98}Ag_{0.02}Si_{1.73}Bi_{0.02}$ sample were about 119 $\mu V\ K^{-1}$ and $3.97 \times 10^{-5}\ Wm^{-1}K^{-2}$, respective. The highest power factor gave higher values than non-doped about 45.35 %. The $Mn_{0.98}Ag_{0.02}Si_{1.73}Bi_{0.02}$ sample is the most suitable for p-type of thermoelectric device fabrication.

The $Mg_{2-x}Ag_xSi_{1-y}Bi_y$ (x = y = 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 and 0.05) materials were also synthesized by ball milling and hot press method. The crystal structure and thermoelectric properties were also analyzed. The XRD pattern of all samples show cubic structure and effecting from oxidation reaction in the peak of MgO were observed. Bulk density of $Mg_{2-x}Ag_xSi_{1-y}Bi_y$ samples increased with increasing Ag and Bi doped values and decreasing relative density. The grain size of the sample is almost in the micron-scale range and closely packed, having consistent with the high density of bulk samples. The Seebeck coefficient of doped samples at 773 K were higher than undoped sample. The highest of S

value of $Mg_{1.98}Ag_{0.02}Si_{0.98}Bi_{0.02}$ sample were about -285.37 μV K^{-1}. The $MnSi_{1.75}$ doped with x values were reduced electrical resistivity, giving higher the carrier concentration. The $Mg_{1.95}Ag_{0.05}Si_{0.95}Bi_{0.05}$ bulks sample shows lowest value of electrical resistivity at 3 mΩ cm and highest power factor at 20.27 mW cm^{-1} K^{-2}. The $Mg_{1.95}Ag_{0.05}Si_{0.95}Bi_{0.05}$ bulk sample is the most suitable for n-type of thermoelectric device fabrication.

The 1 pair, 11 pairs and 30 pairs of thermoelectric devices were fabricated using *p*-$Mn_{0.98}Ag_{0.02}Si_{1.73}Bi_{0.02}$ and *n*-$Mg_{1.95}Ag_{0.05}Si_{0.95}Bi_{0.05}$ materials. The nickel plates were used for electrodes to connection of thermoelectric materials on alumina substrate by soldering method. The resistance, electrical voltage, electrical power and surface temperature of thermoelectric devices were measured for possibility of thermoelectric generator and refrigerator. It was found that the electrical resistance of 1 pair, 11 pairs and 30 pairs exhibited 2.2 Ω, 21 Ω and 55 Ω, respectively. The electrical voltage increased with increasing temperature. The maximum electrical voltages of 1 pair, 11 pairs and 30 pairs at different temperature 140 K were 13.4 mV, 161 mV and 452 mV, respectively. The maximum power output of 1 pair, 11 pairs and 30 pairs at different temperature 140 K were 0.08 mW 1.29 mW and 4.08 mW, respectively. The electrical power of 11 pairs and 30 pairs were higher than 1 pair about 14.43 and 45.51 times, respectively. The surface temperature of thermoelectric devices was slightly decreased at 0.1 K, therefore is not suitable for application as a thermoelectric refrigeration.

Keywords: Thermoelectric, Generator, Refrigeration, Magnesium silicide, Manganese silicide