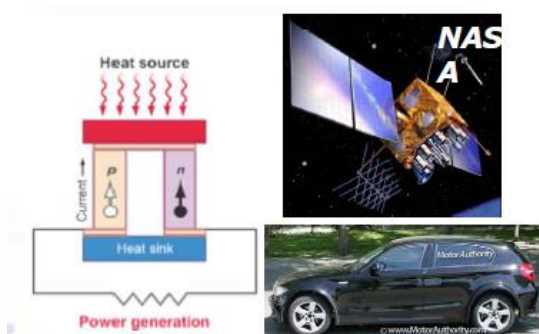


บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นวัสดุที่สามารถผันพลังงานความร้อนที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นบนวัสดุเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงทันทีในตัวเอง และยังสามารถสร้างปรากฏการณ์ผกผันได้ คือการสร้างความแตกต่างอุณหภูมิให้เกิดกับวัสดุได้เมื่อมีการให้พลังงานไฟฟ้าแก่วัสดุนั้น ในการประยุกต์ใช้งานของเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่นประยุกต์เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อเป็นตัวกำเนิดไฟฟ้าจากความร้อนในท่อไอเสียรถยนต์ และ ผลิตพลังงานไฟฟ้าให้กับดาวเทียมโดยใช้ความร้อนจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (ก) ประยุกต์เทอร์โมอิเล็กทริกในด้านความเย็น โดยสร้างตู้เย็นขนาดเล็กที่พกพาเคลื่อนที่ได้ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากการแบตเตอรี่ และใช้สำหรับการระบายความร้อนในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (ข) ประยุกต์เทอร์โมอิเล็กทริกสร้างไฟฟ้าจากความร้อนจากแสงแดดโดยการรวมความร้อนจากแสงแดดไปยังอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (ค) ประยุกต์เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นตัวกำเนิดไฟฟ้าจากความร้อนในท่อไอเสียรถบรรทุก ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (ง) ประยุกต์เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นตัวกำเนิดไฟฟ้าให้กับนาฬิกาโดยอาศัยความร้อนจากผิวหนังของมนุษย์ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (จ) ประยุกต์เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อเป็นตัวกำเนิดไฟฟ้าจากความร้อนแสงแดดแทนเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (ข)



(ก)



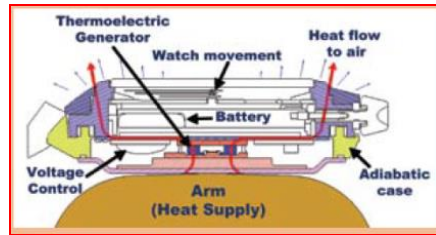
(ข)



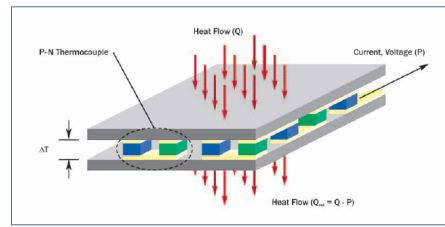
(ค)



(ง)



(จ)

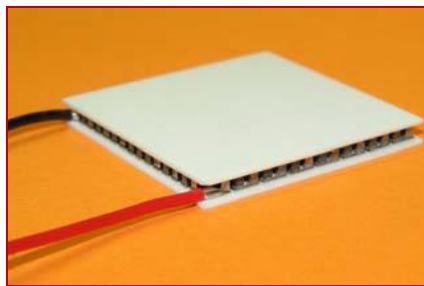


(ข)

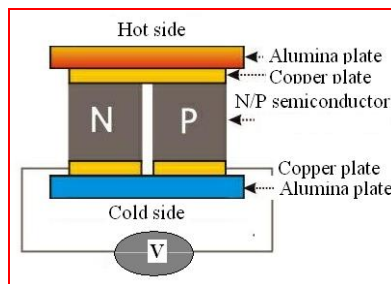
รูปที่ 1.1 แสดงการประยุกต์ใช้งานของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก

จากการประยุกต์ของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกใช้หลักการผ่านปรากฏการณ์การสร้างไฟฟ้าจากความต่างของอุณหภูมิในวัสดุ เรียกว่าปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck effect) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เป็นตัวกำเนิดไฟฟ้าได้ (Thermoelectric Generator) ส่วนปรากฏการณ์การสร้างความต่างของอุณหภูมิจากพลังงานไฟฟ้าว่านั้น เรียกว่าปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier effect) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เป็นตัวทำความเย็น (thermoelectric cooler) สำหรับปรากฏการณ์ซีเบคนั้นจะมีค่าคงที่ของวัสดุซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับผลต่างของอุณหภูมิ เรียกว่า สัมประสิทธิ์ซีเบค โดยมีค่าทั้งบวกและลบ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุของเทอร์โมอิเล็กทริก ดังเช่นในวัสดุสารกึ่งตัวนำจะมีสัมประสิทธิ์ ซีเบคเป็นบวกสารกึ่งตัวนำชนิด p-type และ สัมประสิทธิ์ซีเบคเป็นลบสารกึ่งตัวนำชนิด n-type สำหรับอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ประดิษฐ์เป็นตัวกำเนิดไฟฟ้าหรือตัวทำความเย็นนั้นจะประดิษฐ์ขึ้นจากโมดูลของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ประกอบขึ้นจากเซลล์เทอร์โมอิเล็กทริกหลายๆเซลล์ ดังแสดงในรูปที่ 1.2(ก) โดยโมดูลของเทอร์โมอิเล็กทริก 1 โมดูลจะประดิษฐ์จากวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่ประกอบด้วยขา(เซลล์)ที่เป็นชนิด n-type และขา(เซลล์)ที่เป็นชนิด p-type อย่างละ 1 ขา(เซลล์) มาเชื่อมต่อกันด้วยแผ่นตัวนำบาง เช่นแผ่นทองแดง สำหรับให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้สะดวก จากนั้นประกบด้านบนและล่างด้วยแผ่นเซรามิก

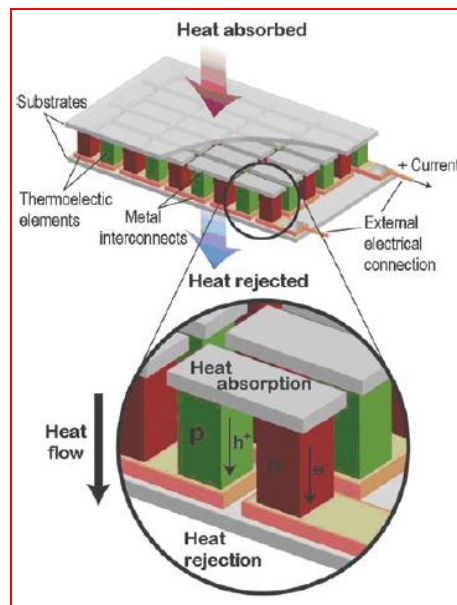
บางเพื่อเป็นตัวดูดซับหรือคายความร้อนให้ไหลผ่านโมดูลของเทอร์โมอิเล็กทริกได้ดีและเสริมความแข็งแรง ได้เป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก p-n เทอร์โมอิเล็กทริก 1 โมดูล ดังแสดงในรูปที่ 1.2(ข) และในการประดิษฐ์ อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่มีโมดูลประกอบจำนวนมากนั้น สร้างได้โดย นำ p-n โมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวนหลายๆอันมาต่ออนุกรม ดังแสดงในรูปที่ 1.2(ค)



(ก)



(ข)

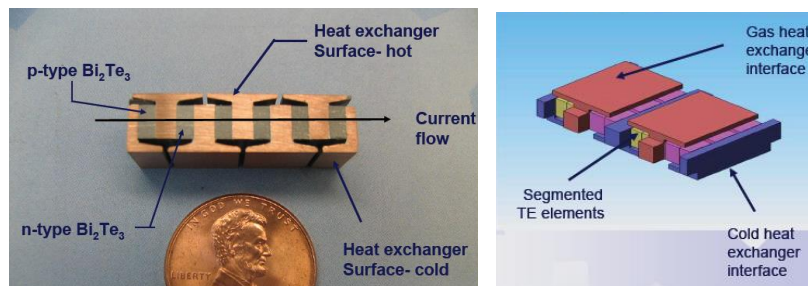


(ค)

รูปที่ 1.2 (ก) แสดงโมดูลของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก (ข) แสดงโครงสร้างขององค์ประกอบของ p-n โมดูล เทอร์โมอิเล็กทริก 1 โมดูลของเทอร์โมอิเล็กทริก (ค)แสดงโครงสร้างโมดูลของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก หลาย p-n โมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก

การประยุกต์ในปรากฏการณ์ซีเบคนี้ สามารถนำวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกมาประดิษฐ์เป็นตัวกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากความร้อน ดังนั้นจึงสามารถนำมาใช้ผันไฟฟ้าจากความร้อนที่เหลือทิ้งหรือความร้อนส่วนเกินจากกิจกรรมประจำวันของมนุษย์ เช่น ความร้อนจากท่อไอเสียรถยนต์ ความร้อนจากหม้อต้มน้ำ ความร้อนสูง ความร้อนจากร่างกายมนุษย์ หรือแม้แต่ความร้อนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ความร้อนจากแสงแดด ความร้อนจากน้ำพุร้อน ความร้อนจากดินหรือความร้อนที่เกิดจากสภาวะโลกร้อน

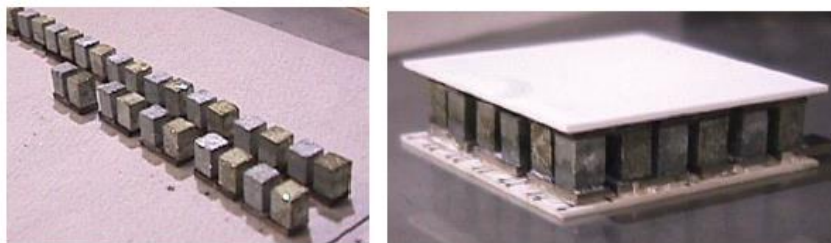
สำหรับการสร้างอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากความร้อน สามารถออกแบบและสร้างอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกในรูปทรง แบบต่างๆ ที่ประกอบขึ้นจาก p-n โมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก ดังแสดงในรูปที่ 1.3



(ก)



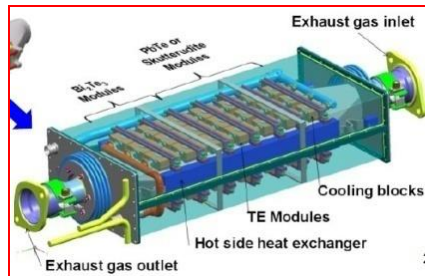
(ข)



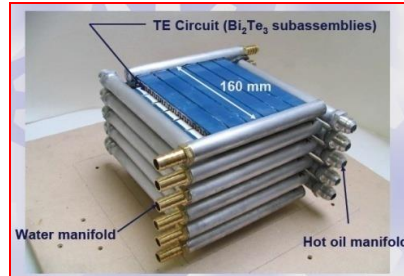
(ค)

รูปที่ 1.3 แสดงการออกแบบโมดูลของเทอร์โมอิเล็กทริกในรูปแบบต่างๆกัน

เมื่อได้โมดูลของเทอร์โมอิเล็กทริกแล้วก็สามารถนำมาสร้างเป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกประยุกต์สำหรับการใช้งานในแบบต่างๆ เช่น อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกผันไฟฟ้าจากความร้อนท่อไอเสียดังแสดงในรูปที่ 1.4(ก) และอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกสร้างไฟฟ้าจากท่อน้ำร้อนและท่อน้ำเย็นเหลือทิ้งจากโรงงานดังแสดงในรูปที่ 1.4(ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.4 (ก) อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกสร้างไฟฟ้าจากความร้อนท่อไอเสยรถยนต์

(ข) อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกสร้างไฟฟ้าจากท่อน้ำร้อนและท่อน้ำเย็นเหลือทิ้ง

วัสดุที่แสดงความเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกนั้น มีค่าบ่งชี้ความเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก คือค่า $ZT = \sigma S^2 T / K$, เมื่อ S คือ สัมประสิทธิ์ซีเบค, σ คือ ค่าสภาพการนำไฟฟ้า K คือ ค่าสภาพการนำความร้อน และ T คือ ค่าอุณหภูมิ โดยวัสดุที่มีค่า ZT สูงก็แสดงความเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกสูง ก็สามารถผันพลังงานไฟฟ้าได้สูงตามไปด้วย โดยค่า ZT จะมีค่าสูงเมื่อวัสดุมีค่าของ S และ σ มีค่าสูงมาก แต่สำหรับค่า K ต้องมีค่าน้อยมาก และวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกควรสามารถใช้งานที่อุณหภูมิ (T) สูงได้ด้วย (ไม่หลอมละลายที่จุดอุณหภูมิทำงาน หรือไม่หลอมละลายที่ความร้อนเหลือทิ้ง)

ประสิทธิภาพของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกของตัวผันไฟฟ้าจากความร้อน(thermoelectric generator) พิจารณาจากสัดส่วนระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ได้กับพลังงานความร้อนที่ป้อนเข้าไป เขียนความสัมพันธ์ของ ประสิทธิภาพของตัวเทอร์โมอิเล็กทริกตัวผันไฟฟ้าความร้อน(η) ได้เป็น

$$\eta = \frac{P_{out}}{Q_{in}}$$

เมื่อ P_{out} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ได้ออกมา และ Q_{in} คือพลังงานความร้อนที่ให้เข้าไป

สำหรับอุปกรณ์ thermoelectric generator พลังงานไฟฟ้าที่ได้ออกมาจะวัดเป็นค่า แรงดันไฟฟ้า และ ค่ากระแสไฟฟ้า โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผันได้จะขึ้นอยู่กับ การเลือกชนิดวัสดุ และความต่างของอุณหภูมิที่ป้อน

ให้แก่อุปกรณ์ ยิ่งป้อนผลต่างอุณหภูมิให้แก่อุปกรณ์สูงขึ้นก็จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น และเมื่อสร้างอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้จำนวน p-n โมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีจำนวนมากขึ้น จะได้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นตามด้วย สำหรับอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่มีจำนวน p-n โมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวนมากได้แสดงในรูปที่ 1.3

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อสังเคราะห์สารประกอบ CuCoO_2
- 2) เพื่อศึกษาสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของสารประกอบ CuCoO_2
- 3) เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้ไปนำเสนอในงานวิชาการระดับชาติ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

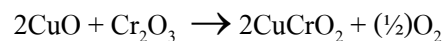
- 1) ทำการสังเคราะห์สารประกอบ เกลาฟอสไฟท์ CuCrO_2 ด้วยวิธีsolid state reaction
- 2) ทำการวัดสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกของสารประกอบที่ได้สังเคราะห์ขึ้น
- 3) ทำการสร้างต้นแบบโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกแบบชนิดเดี่ยว Uni-type จากสารประกอบ CuCrO_2
- 4) ทำการวัดประสิทธิภาพการผันไฟฟ้าจากความร้อนของโมดูล

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1) การสังเคราะห์สารประกอบ CuCrO_2

ทำการสังเคราะห์ด้วยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง จากสารตั้งต้น CuO และ Cr_2O_3 ตามสูตรเคมี



มีกระบวนการสังเคราะห์เริ่มจากนำสารตั้งต้นซึ่งน้ำหนักสูตร ผสมโดยการหมุนบดแบบ ball milling ที่มีเม็ดเชอร์โคเนีย ให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยส่วนผสมทั้งหมดอยู่ในขวดพลาสติกที่มีของเหลวแอลกอฮอล์ช่วยให้เนื้อผสมกันดีขึ้น จากนั้นนำผงที่ผ่านการหมุนบดไป หลังจากนั้นนำไปขึ้นรูปเม็ดยาแล้ว sinter อีกที่อุณหภูมิ 1100 C เป็นเวลา 6 ชม.

2) ตรวจสอบโครงสร้างผลึกและวัดค่าสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก

ก่อนที่จะทำการสังเคราะห์สารประกอบ CuCrO_2 ในปริมาณมาก สำหรับประกอบโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกนั้น ในเบื้องต้นจะต้องยืนยันความถูกต้องของเฟสโครงสร้าง CuCrO_2 ก่อนว่าสามารถสังเคราะห์ได้จริงโดยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray powder diffraction; XRD) จากนั้นนำไปวัดค่าสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก วัดค่าสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกที่อุณหภูมิสูง ซึ่งประกอบด้วยค่า Seebeck coefficient, Electrical conductivity, Thermal conductivity ด้วย เครื่องวัด ULVAC-RIKO ZEM-3 และ the ULVAC SINKU RIKO Inc. model: TC-7000 laser-flash

3) ทำการประดิษฐ์โมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก

ทำการประกอบโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก โดยในการวิจัยนี้จะสร้างเทอร์โมอิเล็กทริกแบบชนิดเดี่ยว Uni-type ชนิด p-type เพราะสารประกอบ CuCrO_2 ที่ไม่ได้เจือจะแสดงสมบัติสารกึ่งนำชนิดบวก ในการประกอบโมดูลทำได้โดยการนำสารที่สังเคราะห์ได้จากข้อ 2 มาทำการตัดเป็นดังรูปข้างล่าง แล้วต่อขั้วระหว่างขา ด้วยแผ่นทองแดงบาง จากนั้นประกบด้านบนและล่างบนแผ่นเซรามิกบาง ดังแสดงในรูปข้างล่าง

15 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้สังเคราะห์และศึกษาสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของสารประกอบ CuCoO_2
- 2) ได้เป็นองค์ความรู้ใหม่สามารถนำไปเสนอในงานวิชาการต่างๆได้

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่จะนำมาสร้างเป็นอุปกรณ์โมอิล็กทริกนั้นมึหลายชนิดด้วยกันซึ่งมีทั้งที่เป็นสารประกอบนำไฟฟ้าชนิด n-type และ p-type [1-3] ได้แก่

Classic thermoelectric materials ได้แก่สารประกอบ n-Bi₂Te₃, p-Sb₂Te₃, p-PbTe, n-PbTe, p-SiGe และ n-SiGe

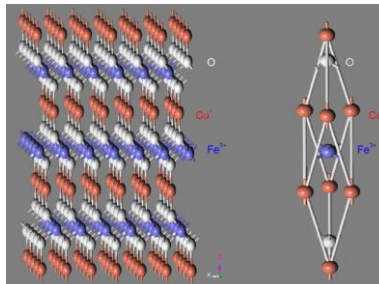
Skutterudites compound ได้แก่สารประกอบ CoAs₃, CoSb₃, Ce_{0.9}Fe₃CoSb₁₂, La_{0.9}Fe₃CoSb₁₂, Ba_yCo₄Sb₁₂, p-type Ce_{0.28}Fe_{1.5}Co_{2.5}Sb₁₂ และ n-Ba_{0.30}Ni_{0.05}Co_{3.95}Sb₁₂

Metal Oxide compounds ได้แก่

สารประกอบตระกูล **Perovskite oxide** [NaCo₂O₄, Ca₃Co₄O₉, Bi₂Sr₂O₄, SrTiO₃]

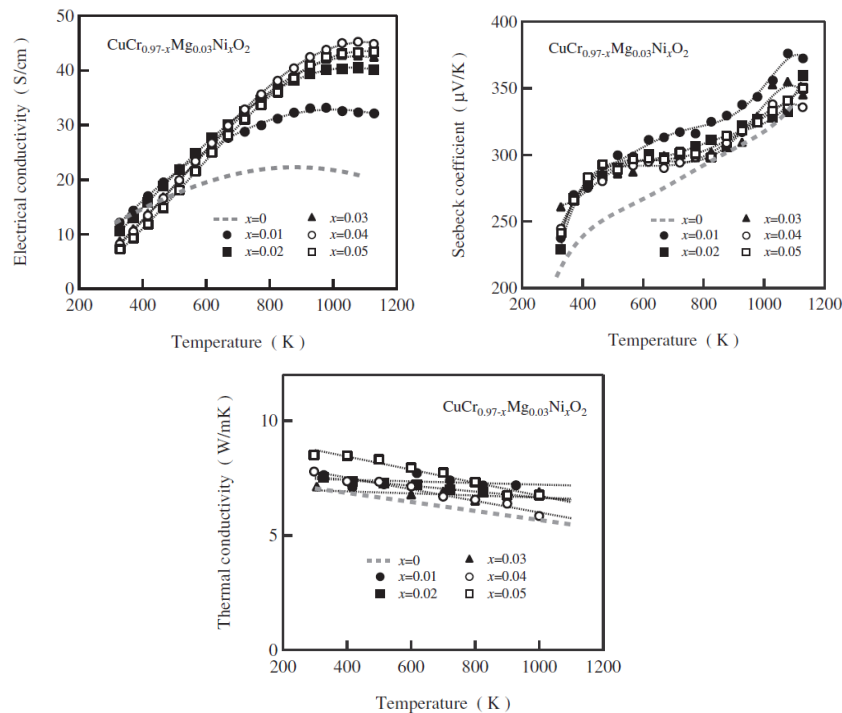
สารประกอบตระกูล **Delafossite oxide** [CuFeO₂, CuCrO₃, CuInO₂]

ในงานวิจัยนี้สนใจวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกในของสารประกอบออกไซด์ในโครงสร้างของดีลาฟอสไซด์ (Delafossite) [4-9] โดยสารประกอบดีลาฟอสไซด์ที่มีสูตรทั่วไปคือ ABO₂ และ สูตรทางเคมีคือ A⁺B³⁺(O²⁻)₂ โครงสร้างมีไอออน A ที่เป็นได้ก็คือ Cu⁺, Ag⁺, Pt⁺ และ Pd⁺ และไอออน B³⁺ นั้นที่เป็นได้มี 4 กลุ่ม คือ 1) Trivalent transition metals ได้แก่ Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Rh 2) Group III metal elements ได้แก่ Sc, Y, La 3) Group 13 metal elements ได้แก่ Al, Ga, In, Tl และ 4) Rare earth elements ได้แก่ Pr, Nd, Sm, Eu ดังนั้นสูตรเคมีของสารประกอบชนิดชนิดนี้ จึงมีได้หลายสูตรเช่น CuAlO₂, CuBO₂, CuCrO₂, PdCoO₂ และ PtCoO₂ โดยโครงสร้างผลึกของประกอบออกไซด์ ดีลาฟอสไซด์นั้น มี unit cell เป็นแบบ hexagonal ของ space group (R3m) และมี primitive cell เป็นแบบ Rhombohedral ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของสารประกอบตระกูลเดลาฟอสไซด์

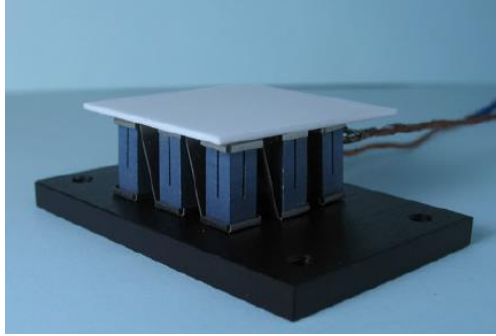
ในบทความของ Duncan [10] ได้รายงานว่า สารประกอบออกไซด์ CuCrO_2 ซึ่งเป็นสารประกอบประเภท delafossite แสดงสมบัติการนำไฟฟ้าชนิด p-type และแสดงสมบัติการเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่สูง โดยมีค่า ZT 0.1 ที่อุณหภูมิ 700 C ซึ่งเป็นสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกในระดับที่สูงพอสามารถสร้างเป็นโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกได้ K. Hayashi[11] ได้รายงานสมบัติของค่า σ S และ K ดังนี้ σ มีค่าประมาณ 10 ถึง 20 S/cm S มีค่าประมาณ 200 ถึง 350 $\mu\text{V/K}$ และ K ประมาณ 6 ถึง 7 W/mK ที่อุณหภูมิ 250 ถึง 1100 K และได้รายงานการผลจากการได้ปด้วย Mg และ Ni ดังแสดงในรูปที่



รูปที่ 2.2 ค่าสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของสารประกอบ CuCrO_2 และตัวถูกเติม

ในการสังเคราะห์สารประกอบดีลาฟอสไซด์ R. D. Shannon [14] รายงานว่าสามารถเตรียมได้หลายวิธีได้แก่ วิธีHydrothermal Reactions, วิธีMetathetical Reactions, วิธีSolid-state Reactions และ วิธีOxidizing Flux Reactions สำหรับ สารประกอบ CuCrO_2 นั้น มีงานวิจัยของ[11-13] รายงานว่า สามารถเตรียมได้จากวิธีSolid-state Reactions จากสารตั้งต้น Cu_2O และ Cr_2O_3 ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1100 C

สำหรับการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากสารประกอบสารประกอบ CuCrO_2 นั้น มีงานวิจัยว่าการนำไปประยุกต์เป็นวัสดุเป็นขั้วไฟฟ้าโพร่งแสงชนิด p-type [15]และยังมีการนำไปประยุกต์เป็นเซนเซอร์วัดก๊าซโอโซน แต่สำหรับการนำวัสดุดังกล่าวมาสร้างโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นยังไม่มีรายงาน



รูปที่ 2.3 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลแบบหรือ p-type เพียงเดียว

ในการสร้างโมดูลของเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นจะตั้งใช้วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก 2 ชนิด มาประกอบกันชนิด n-type และชนิด p-type แต่ในปัจจุบันนั้นการพัฒนาเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลนั้น มีการศึกษา วิจัยพัฒนา เป็นโมดูลที่ใช้สารประกอบเพียงชนิดเดียว อาจเป็น n-type หรือ p-type เพียงอย่างเดียว แต่ในไม่กี่ปีที่ผ่านมา Nemoto และคณะ[16]ได้ทำการประดิษฐ์โมดูลของเทอร์โมอิเล็กทริก แบบชนิดเดียว (Uni-type) จากสารประกอบ Mg_2Si ชนิด n-type โดยการประดิษฐ์โมดูลของเทอร์โมอิเล็กทริกแบบดังกล่าวนี้จะลดปัญหาการขยายตัวทางความร้อนที่ไม่เท่ากันของ ขา N และ P และลดปัญหาการหาวัสดุที่ไม่เท่ากันทางด้านค่า สภาพนำไฟฟ้าและซีเบค และ สภาพนำความร้อน ซึ่งมีผลด้านการลดประสิทธิภาพการผันไฟฟ้าของอุปกรณ์

จากหลักการข้างต้นที่กล่าวมานั้น จะเห็นได้ว่าสารประกอบ CuCrO_2 มีศักยภาพการเป็นสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกในระดับที่สูงพอสามารถสร้างเป็นโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกได้และการโมดูลของเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นสามารถประดิษฐ์ได้จากวัสดุชนิดนำไฟฟ้าชนิดเดียวได้

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงสนใจสร้างต้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลแบบชนิดเดียว Uni-type นำไฟฟ้าชนิด p-type จากสารประกอบ CuCrO_2 โดยสังเคราะห์จากวิธี Solid-state Reactions

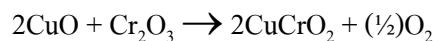
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การสังเคราะห์สารประกอบ

การสังเคราะห์สารประกอบ CuCrO_2 ใช้วิธี solid state reaction โดยมีขั้นตอนการสังเคราะห์ ดังนี้

เริ่มต้นจากสารเคมีตั้งต้น CuO และ Cr_2O_3 แล้วทำการสังเคราะห์ตามสูตรเคมี



กระบวนการสังเคราะห์เริ่มต้นจากการนำสารตั้งต้นที่เป็นผงซึ่งตามสัดส่วนโมลและผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำมาบรรจุในขวดพลาสติกเพื่อหมุนด้วยระบบหมุนผสมบด ball milling ที่มีเม็ดเซอร์โคเนียร์ เป็นตัวบดอยู่ภายในขวดและมีแอลกอฮอล์ช่วยในการบด จากนั้นนำผงเคมีที่ถูกต้องผสมบดเปียกด้วยแอลกอฮอล์ไปอบจนได้ผงเคมีที่แห้งสนิท นำผงไปที่อบแห้งแล้วเผา *calcine* ที่อุณหภูมิ 1100 C เป็นเวลา 6 ชม. หลังจากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นเม็ด และ แท่งลูกบาศก์ 4 เหลี่ยมเพื่อเผา sinter ที่อุณหภูมิ 1100 C เป็นเวลา 12 ชม.

จากนั้น ตรวจสอบโครงสร้างผลึกโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray powder diffraction; XRD) เพื่อยืนยันความถูกต้องของเฟส delafossite โดยผล XRD และวัดสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกประกอบด้วยค่า สภาพการนำความร้อน สภาพการนำไฟฟ้า และ สัมประสิทธิ์ซีเบค

3.2 การขึ้นรูปแท่งเทอร์โมอิเล็กทริกผลิตไฟฟ้า

ในการสังเคราะห์แท่งเทอร์โมอิเล็กทริกผลิตไฟฟ้ามีขั้นตอนดังนี้

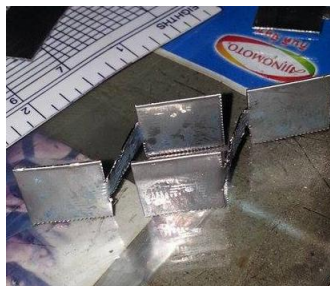
นำสารประกอบ CuCrO_2 จากข้อ 3.1 มาบดเป็นเม็ดละเอียดผสม PVA ความเข้มข้น 5% ด้วยอัตราส่วน 1 กรัมต่อ 1 หยด แล้วนำสารประกอบข้างต้น จำนวน 5 กรัม มาขึ้นรูปโดยนำผงสารประกอบใส่ลงในบล็อกอัดขึ้นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12mm แล้วอัดด้วยเครื่องอัดสาร (Hydraulic) ที่แรงดัน 250 kg/cm^2 เป็นเวลา 5 นาที เมื่ออัดสารเสร็จจะได้เป็นแท่งทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12mm สูง 11 mm แล้วนำแท่งสารเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 1050 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง



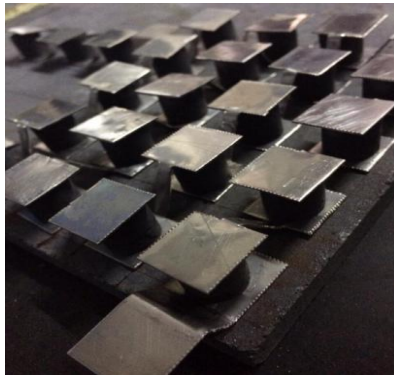
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกอัดสารทรงกระบอก เครื่องอัดสาร (Hydraulic) และ เม็ดสารที่อัดขึ้นรูปเป็นทรงกระบอกขนาด

3.3 การประกอบโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก

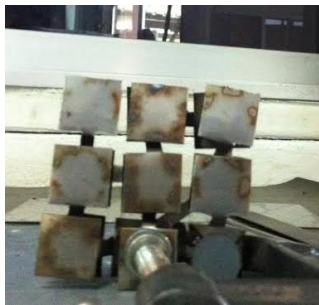
1. นำแผ่นสแตนเลสมาทำการตัดและตัดเป็นรูปตัว z ให้ได้ขนาดที่ต้องการเพื่อเป็นขั้วไฟฟ้างรูปข้างล่าง



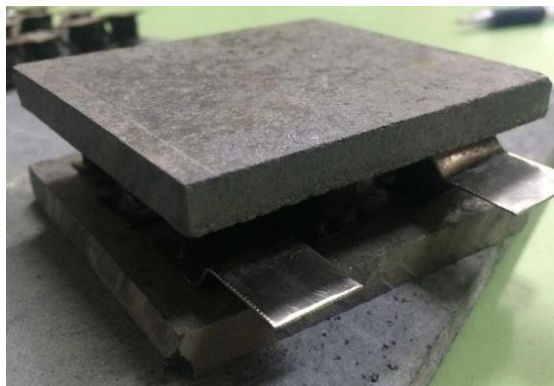
2. นำแผ่นสแตนเลสมาประกอบเข้ากับแท่งผลิตไฟฟ้าดังรูปข้างล่าง



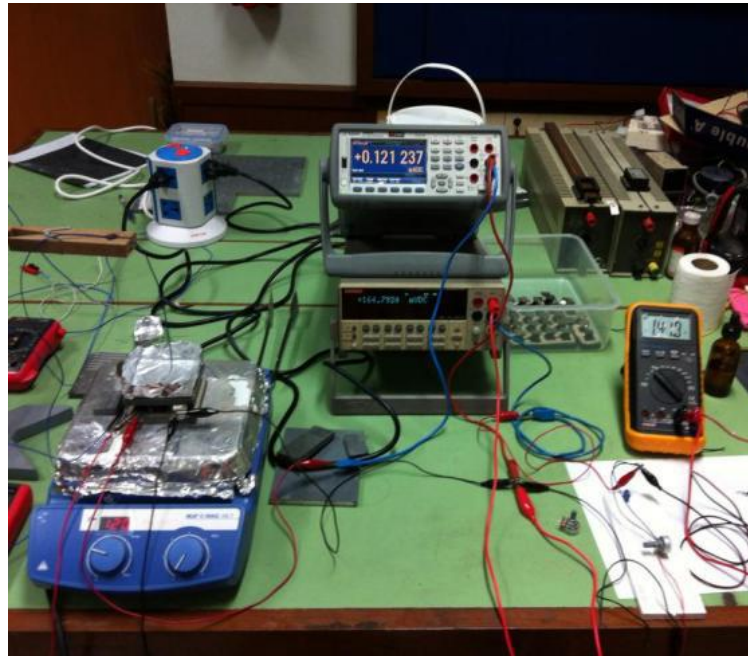
3. ทำการเชื่อมด้วยเลเซอร์กำลังสูงเพื่อประกอบด้วยแท่งนำไฟฟ้าเข้ากับขั้วไฟฟ้า ดังรูปข้างล่าง



4. นำโมดูลมาประกอบเข้ากับแผ่นซิลิกอนคาไบด์ ทั้งด้านบนและด้านล่างของโมดูลเพื่อตัวรับความร้อนและใช้กาว Fiber Adhesive หีดติดโมดูลกับแผ่นซิลิกอนคาไบด์ ดังรูปข้างล่าง



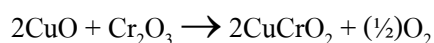
4. ทำการวัดค่าการผลิตไฟฟ้าของโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก ดังรูปข้างล่าง



บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานในการการสังเคราะห์สารประกอบ CuCrO_2 ด้วยวิธี solid state reaction มีขั้นตอนการสังเคราะห์ จากสารเคมีตั้งต้น CuO และ Cr_2O_3 แล้วทำการสังเคราะห์ตามสูตรเคมี



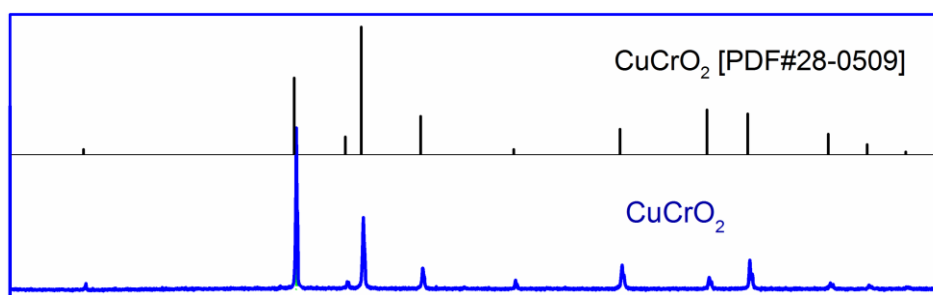
กระบวนการสังเคราะห์เริ่มต้นจากการนำสารตั้งต้นที่เป็นผงซึ่งตามสัดส่วนโมลและผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำมาบรรจุในขวดพลาสติกเพื่อหมุนด้วยระบบหมุนผสมชนิด ball milling ที่มีเม็ดเซอร์โคเนีย เป็นตัวบด อยู่ภายในขวดและมีแอลกอฮอล์ช่วยในการบด จากนั้นนำผงเคมีที่ถูกผสมบดเปียกด้วยแอลกอฮอล์ไปอบจนได้ผงเคมีที่แห้งสนิท นำผงไปที่อบแห้งแล้วเผา calcine ที่อุณหภูมิ 1100 C เป็นเวลา 6 ชม. หลังจากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นเม็ด และ แท่งลูกบาศก์ 4 เหลี่ยมเพื่อเผา sinter ที่อุณหภูมิ 1100 C เป็นเวลา 12 ชม. สารประกอบที่ได้จากการเผาแสดง ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผงและตัวอย่างสารประกอบ CuCrO_2 ที่ผ่าน Calcine และ Sinter

4.1 การตรวจสอบโครงสร้างผลึก

นำสารประกอบที่ผ่านการ sinter ไปตรวจสอบโครงสร้างผลึกโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray powder diffraction; XRD) เพื่อยืนยันความถูกต้องของเฟส delafossite โดยผล XRD แสดงดังรูปที่ 4.2

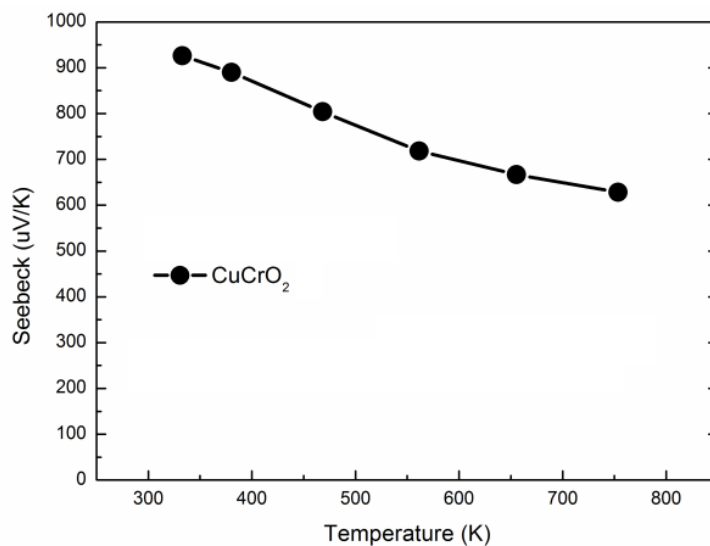


รูปที่ 4.2 กราฟ XRD ของสารตัวอย่าง CuCrO_2 ที่ผ่านการสังเคราะห์

จากกราฟแสดงเฟสของสารประกอบ CuCrO_2 ยืนยันว่าสามารถสังเคราะห์สารประกอบ CuCrO_2 ได้

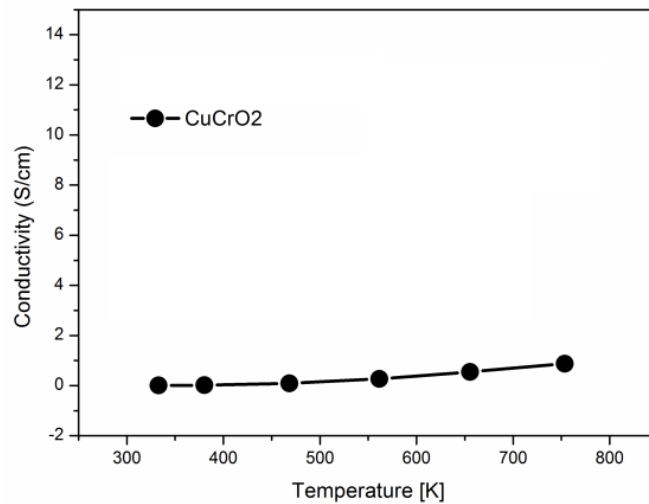
4.2 สมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริก

ค่าสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck coefficient: S) สภาพการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity: σ) และ thermal conductivity (K)



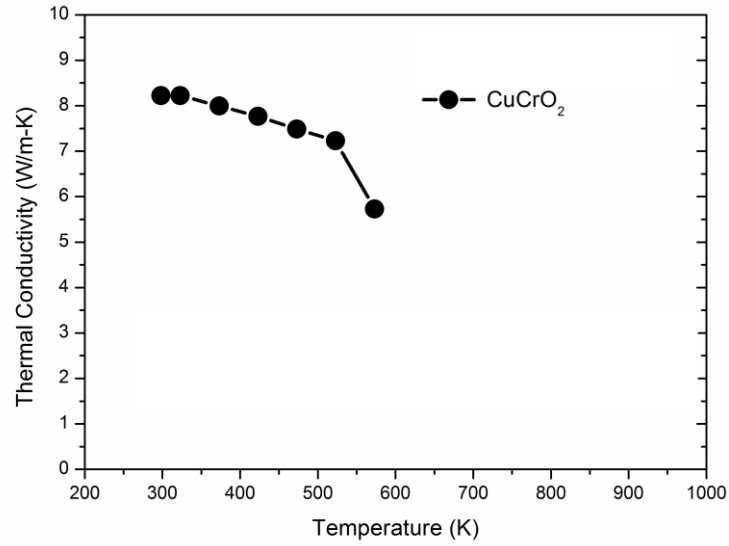
รูปที่ 4.3 Seebeck coefficient ของ CuCrO_2

จากรูปค่า S ของสารประกอบ CuCrO_2 ที่ได้สังเคราะห์ขึ้น ได้ถูกวัดค่าในช่วงของอุณหภูมิ 300 K ถึง 750 K ค่า S มีค่าตั้งแต่ 950 $\mu\text{V/K}$ ที่ อุณหภูมิ 300 K จนถึง 620 $\mu\text{V/K}$ ที่ อุณหภูมิ 750 K เป็นค่าทางเทอร์โมอิเล็กทริกที่สูงมากและทุกช่วงอุณหภูมิต่ำของ S มีค่าเป็นบวก แสดงว่าสารประกอบ CuCrO_2 แสดงสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริกชนิดบวก



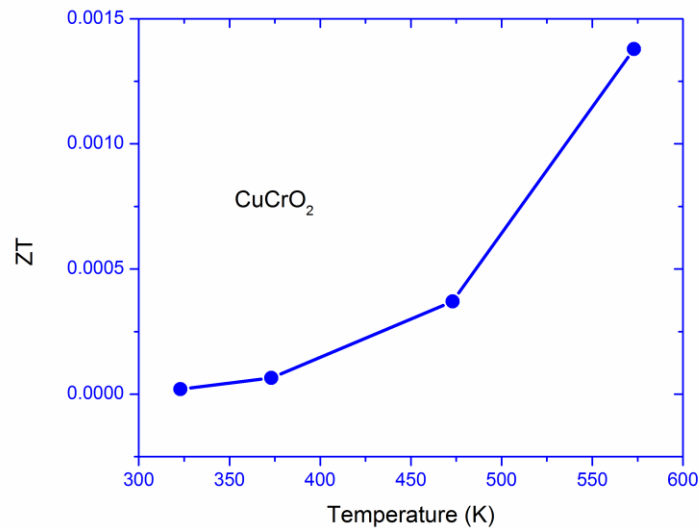
รูปที่ 4.4 Electrical conductivity ของ CuCrO_2

สำหรับค่าสภาพนำไฟฟ้า (σ) ของสารประกอบ CuCrO_2 ที่สังเคราะห์นั้น ค่า σ ได้ถูกวัดในช่วงของอุณหภูมิ 330 K ถึง 760 K จากกราฟค่าของ σ เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ โดยค่าของ σ มีค่าตั้งแต่ 0.01 S/cm ที่อุณหภูมิ 330 K จนถึง 1 S/cm ที่ อุณหภูมิ 760 K ซึ่งค่าดังกล่าวนี้เป็นค่าที่แสดงการนำไฟฟ้าแบบสารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 4.5 Thermal conductivity ของ CuCrO_2

ค่าสภาพนำความร้อน (Thermal conductivity ของ K) ของสารประกอบ CuCrO_2 ที่สังเคราะห์ขึ้น ซึ่งมีค่าประมาณ 8.5 W/mK ถึง 5.5 W/mK ที่อุณหภูมิ 300 K ถึง 600K

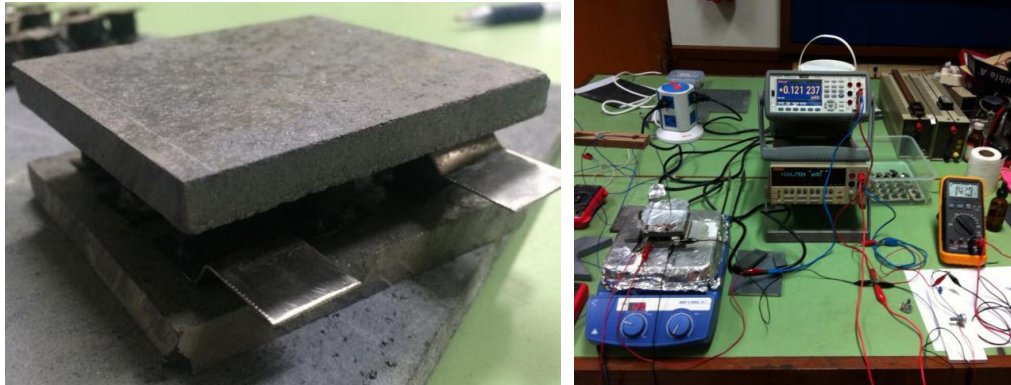


รูปที่ 4.6 Figure of Merit (ZT) ของ CuCrO_2

ค่า dimension less Figure of Merit (ZT) ของสารประกอบ CuCrO_2 ที่สังเคราะห์ขึ้น มีค่ามากที่สุดในการทดลองนี้ คือ 0.0014 ที่อุณหภูมิ 550 K

4.3 ผลการวัดค่าการผลิตไฟฟ้าของโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก

ผลการแสดงดังตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.7 โมดูล เทอร์โมอิเล็กทริก ขนาด 9 ขา และการวัดการผลิตไฟฟ้าของโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก

ตารางที่ 1 แสดงค่าของศักย์และกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างอุณหภูมิบนโมดูล

T high (C)	T low (C)	delta T (C)	Volt (uV)	I (mA)
140	12	128	48.7	10.1224
130	14	116	46.7	9.7002
120	16	104	31.3	6.492
110	15	95	10.3	2.1502
100	15	85	1.4	0.309
90	14	76	2.9	0.5355
80	15	65	5.2	1.0639
70	15	55	5	1.0505
60	16	44	5.5	1.1615
50	7	43	2.9	0.6087
40	5	35	4.7	0.9876

ผลจากตารางจะเห็นได้ว่าโมดูลสามารถผลิตไฟฟ้าได้เมื่อผลต่างของอุณหภูมิเกิด โดยจะมีค่าความต่างศักย์ และค่ากระแสไฟฟ้า เพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีความแตกต่างอุณหภูมิสูงขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์สารประกอบ CuCrO_2 ด้วยวิธีปฏิกิริยาของแข็ง จากสารตั้งต้น CuO และ Cr_2O_3 เฝ้านึกที่อุณหภูมิ 1050 °C เพื่อประดิษฐ์โมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก โดยวัดลักษณะเฉพาะการเป็นสารประกอบ CuCrO_2 ด้วยวิธี XRD และวัดสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกประกอบด้วยค่า ความนำไฟฟ้า ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค และค่าสภาพนำความร้อน โดยวัดตามอุณหภูมิตั้งแต่ 300 °C จนถึง 750 °C

จากผลการตรวจสอบด้วย XRD ยืนยันได้ว่า วิธีปฏิกิริยาของแข็งสามารถสังเคราะห์สารประกอบ CuCrO_2 ชนิด และมีสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริก ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคแสดงตัวนำชนิดบวก และมีค่าลดลงตามการเพิ่มของอุณหภูมิ (มีค่าตั้งแต่ 950 $\mu\text{V/K}$ ที่ อุณหภูมิ 300 °K จนถึง 620 $\mu\text{V/K}$ ที่ อุณหภูมิ 750 °K) ค่าสภาพการนำไฟฟ้า มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ มีค่าระหว่าง ตั้งแต่ 0.01 S/cm ที่ อุณหภูมิ 330 °K จนถึง 1 S/cm ที่ อุณหภูมิ 760 °K ค่าสภาพนำความร้อนมีค่าคงที่กับอุณหภูมิ มีค่าประมาณ 8.5 W/mK ถึง 5.5 W/mK ที่อุณหภูมิ 300 °K ถึง 600K และ ZT ของ CuCrO_2 มีค่ามากที่สุด คือ 0.0014 ที่อุณหภูมิ 550 °K

เมื่อนำมาประดิษฐ์เป็นโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกขนาด 9 ขา ที่มีการต่อวงจรแบบอนุกรมแบบวัสดุชนิดเดียว มาทำการวัดค่าการนำไฟฟ้า ได้ค่ากระแส 0.99 mA และค่าแรงดันไฟฟ้า 4.7 μV ที่ผลต่างอุณหภูมิ 35 °C จะเห็นได้ว่า ค่า กระแส และค่า แรงดันไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของค่าผลต่างอุณหภูมิ ค่ายังมีค่าน้อยมากคืออยู่ในระดับ ไมโครโวลต์ และ มิลลิแอมป์

5.2 ข้อเสนอแนะ

สารประกอบ CuCrO_2 ที่สังเคราะห์แสดงความเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก ที่มีค่า ZT ต่ำกว่า 0.1 จึงทำให้ค่าการผันความร้อนเป็นไฟฟ้าได้ค่าน้อยมาก ดังนั้นจึงควรปรับวัสดุดังกล่าวให้มีค่า ZT ให้สูงขึ้นอีก ซึ่งจะส่งผลให้ค่าการผันพลังงานได้ค่าสูงขึ้นอีก

เอกสารอ้างอิง

- [1] A. F. Ioffe, Infosearch limited, London, 1957; D.M. Rowe (ed), CRC Handbook of Thermoelectrics, CRC, Boca Raton, 1995.
- [2] D.M. Rowe (ed), “CRC Handbook of Thermoelectrics”, CRC, Boca Raton, 1995.
- [3] G. S. Nolas, J. Sharp and H. J. Goldsmind, “Thermoelectric basic principles and new materials developments”, Germany, Springer, 2011.
- [4] เจริญ รัตนพันธ์, วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, “Thermoelectric properties at high temperature of CuFeO_2 Delafossite compound doped with Pt, Al, Sn and Pb”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2554.
- [5] T. Kajitani, T. Nozaki and K. Hayashi, Advances in Science and Technology, 74(2010) 66–71.
- [6] M. A. Marquardt, N.A. Ashmore, D.P. Cann, Thin Solid Films 496 (2006) 146–156.
- [7] M. Beekman, J. Salvador, X. Shi, G.S. Nolas, J. Yang, J. Alloy Compd. 489 (2010) 336–338.
- [8] V. Eyert, R. Frésard, A. Maignan, Phys. Rev. B 78 (2008) 052402.
- [9] K. Hayashi, T. Nozaki, T. Kajitani, Jpn. J. Appl. Phys. 46 (2007) 5226–5229.
- [10] D. W. Bruce, D. O. Hare and R. I. walon, “Functional oxides”, John wiley and Sond Ltd, Publication 2010, United Kingdom.
- [11] K. Hayashi, K. Sato, T. Nozaki, T. Kajitani, J.J. Appl. Phys. 47 2008, 59-63.
- [12] S. Kim, J. Lee, J. Kim, Y. Heo, Current Applied Physics (2012), doi:10.1016/j.cap.2012.05.010.
- [13] Shu Zhou, XiaodongFang, ZanhongDeng, DaLi, WeiweiDong, RuhuaTao , GangMeng, TaoWang, XuebinZhu, Journal of Crystal Growth 310 (2008) 5375–5379.
- [14] R. D. SHANNOX, D. B. ROGERS, C. T. PREWITT, *Inorganic Chemistry*, Vol. 10, No. 4, 1971 713
- [15] Michael Snure and Ashutosh Tiwari, Applied Physics Letters 91, (2007) 092123 .
- [16] T. Nemoto, T. Iida, J. Sato, T. Skamoto, N. Hirayama, T. Nakajima, Y. Takanashi, J. Elec. Mat. 42, 2013.

ภาคผนวก ก

บทความเผยแพร่ระดับนานาชาติ

1) **C. Ruttanapun**, A. Charoenphakdee, M. Nisoa, P. Muthitamongkol, C. Thanachayanont, and S Maensiri, “**Effect of Strong Correlation of Mg^{2+} -doped into Cr^{3+} Sites of CuCrO_2 on Thermoelectric Properties**”, *Integrated Ferroelectrics*, 165: , 2015, Accepted. **(IF:0.371)**

4) Poster ที่จัดแสดงในงานนิทรรศการวิทยาศาสตร์

Effect of Strong Correlation of Mg^{2+} -doped into Cr^{3+} Sites of CuCrO_2 on Thermoelectric Properties

CHESTA RUTTANAPUN,^{1,*} ANEK CHAROENPHAKDEE,²
 MUDTORLEP NISOA,³ PENNAPA MUTHITAMONGKOL,⁴
 CHANCHANA THANACHAYANONT,⁴
 AND SANTI MAENSIR⁵

¹Department of Physics, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of
 Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

²Thermoelectrics and Nano Technology Research Center, Faculty of Science and
 Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Asian
 Highway, Huntra Phranakhon Si Ayutthaya 13000, Thailand

³Plasma Technology for Agricultural Applications Research Laboratory, School
 of Science, Walailak University Thaiburi, Thasala District Nakhonsithamarat
 80161, Thailand

⁴National Metal and Materials Technology Center, Pathumthani 12120, Thailand

⁵School of Physics, Institute of Science, Suranaree University, Nakhon
 Ratchasima 30000, Thailand

This study aims to investigate the strong correlation effect of spin and charge carriers for the Mg^{2+} -substituted into Cr^{3+} sites of CuCrO_2 delafossite on thermoelectric properties. The $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ sample was synthesized by a solid state reaction. The starting powder CuO , Cr_2O_3 and MgO were ball milled with poly vinyl alcohol solution for 24 h. The ball milled powder was pressed and sintered in air atmosphere at temperature 1050 C for 6 h. The crystal structure was characterized by XRD. TGA, XPS and the thermoelectric properties were measured at high temperature. The XRD displayed peaks of the pure phase CuCrO_2 structure as hexagonal delafossite-type structure space group: $R\bar{3}m$. The Seebeck coefficient of the samples displayed positive sign as p-type (hole) conductor. The XPS results displayed Mg^{2+} , Cu^{1+} , Cr^{3+} and Cr^{4+} ion states. The Mg^{2+} induced mixed-valance $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{4+}$ states resulting in enhanced Seebeck coefficient due to a strong correlation of the spin-entropy. The experimental results of Seebeck value were close to calculated results by the extended Heikes formula confirming of the strong correlation effect. In addition, the Mg-doped CuCrO_2 resulted in increased electrical conductivity and reduced thermal conductivity with increasing temperature. These indicate that the Mg^{2+} -substituted for Cr^{3+} of CuCrO_2 delafossite enhance the thermoelectric properties.

Keywords Thermoelectric properties; CuCrO_2 ; mixed-valence $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{4+}$ state; Mg^{2+} -substituted

Received December 22, 2014; in final form May 22, 2015.

*Corresponding author. E-mail: krchesta@kmitl.ac.th; chesta.ruttanapun@gmail.com;

Color versions of one or more of the figures in the article can be found online at
www.tandfonline.com/gingf.

1. Introduction

The thermoelectric materials performance [1-4] is dependent on a dimensionless Figure of Merit, $ZT = \sigma S^2 T / \kappa$, where S is the Seebeck coefficient, σ is the electrical conductivity and κ is the thermal conductivity, and T is the absolute temperature respectively. The large ZT occurs in materials containing two large values of σ and S , and a small value of κ . Koshibae et al. [5] have predicted upper limit of Seebeck coefficient for the Na_xCoO_2 compound, i.e. $150 \mu\text{V/K}$ at the high temperature by using the approach of electron strong correlation. The Na_xCoO_2 crystal structure is composed of the Na and the CoO_6 octahedral layer alternate stacking along the c-axis. The important role to control for enhancing of the Seebeck value of the Na_xCoO_2 is the mixed valence state of the $\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{4+}$ ion state in CoO_6 octahedral layer. In addition, CuCrO_2 delafossite crystal structure is similar to Na_xCoO_2 . The CuCrO_2 compound [6] is described by the Cu^+ layer and the CrO_6 octahedral layer. The Cr^+ ions are linearly bonded with 2 O^{2-} ions with a dumbbell-shape. The CrO_6 octahedra are formed by sharing of the $[\text{CrO}_2]^-$ edges. There are experimental reports that the Seebeck value of the CuCrO_2 compound can be increased by substitution of Mg^{2+} for Cr^{3+} site.

Our previous work [7] has described behavior of Seebeck value of CuFeO_2 delafossite by substitution of Sn^{2+} for the Fe^{3+} sites into the CuFeO_2 compound by using approaching of the electron strong correlation of the mixed valence state of the $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{4+}$ ions state in FeO_6 octahedral.

Therefore, this work is aimed to describe the enhancing of thermoelectric properties of the p-typed CuCrO_2 delafossite by Mg^{2+} substitution for the Cr^{3+} sites with approach of the strong correlation of electron of the mixed valence state in the compound. The $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ was prepared by the solid state relation. The XRD, TGA, the XPS, thermoelectric properties were characterized and discussed.

2. Experimental Details

Sample of $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ was prepared by a solid-state reaction method. Starting powders of CuO , Cr_2O_3 , and MgO were mixed and ground in an agate mortar. Then, a homogeneous powder was cold pressed into pellets having diameters of 12 mm and thicknesses of 2-3 mm. Next, the pellets were sintered in furnace at 1050°C under air atmosphere for 24 h, and were rapidly quenched to room temperature. The pure phase of the $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ samples was characterized by the XRD of PHILIPS model: X'Pert MPD using $\text{Cu K}\alpha$ radiation with $2\theta = 10^\circ$ to 80° with 0.02 steps. The oxygen content was analyzed by using TGA by the Perkin Elmer TGA7 under N_2 atmosphere. The XPS was performed on AXIS Untra DLD with $\text{Al K}\alpha$ (150 W) X-ray source with photon energy 1486.6 eV. The Seebeck coefficient was simultaneously measured on the sample bar using the ULVAC-RIKO ZEM-3 thermoelectric property measurement system under a low-pressure helium atmosphere. The thermal conductivity was measured by using the ULVAC SINKU RIKO TC-7000 laser-flash method on pellets of 12 mm diameter with thickness of 1.6 mm.

3. Results and Discussion

The XRD patterns of the $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ sample are shown in Fig. 1. The standard phase for the CuCrO_2 delafossite from the Inorganic PDF#00-039-0247 is added for the reference. The XRD peaks display all peaks corresponding to the referent peaks of the CuCrO_2 reference [8]. This confirmed that the prepared $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ formed a delafossite structure as an $R\bar{3}m$ space group.

Strong Correlation of Mg^{2+} -doped into Cr^{3+} Sites

3

Q1

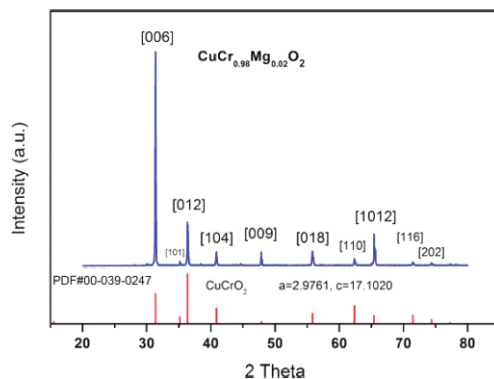


Figure 1. XRD patterns for the $CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O_2$ sample, with data from the PDF file (00-039-0247) for $CuCrO_2$ delafossite inserted.

82 Figure 2 shows thermogravimetric analysis (TGA) weight loss of the $CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O_2$
 83 sample. The weight loss of TGA line was determined from finding of the content of excess
 84 oxygen insertion at central of Cu triangles layers of $CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O_2$ structure. The results
 85 show that the total weight loss of $CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O_2$ is 0.5% as assuming chemical formula
 86 $CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O_{2+\delta}$ ($\delta = 0.5$). In the report [9], the total weight loss for $CuCrO_2$ is close
 87 to zero% resulting from ionic radii of Cr^{3+} (0.615 Å) which is relating to the area of Cu^{1+}
 88 triangular as smaller the critical ionic radii (0.665 Å) for oxygen insertion. The 0.5% weight
 89 loss of $CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O_2$ is affected from the large Mg (ionic radii 0.72 Å) substitution for
 90 Cr (ionic radii 0.615 Å) sites contributing to large than the critical ionic radii for oxygen
 91 insertion.

92 The XPS spectra of Cu, Cr, and Mg for $CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O_2$ are shown in Fig. 3. The
 93 binding energy of XPS spectra were used to determine the oxidation number of

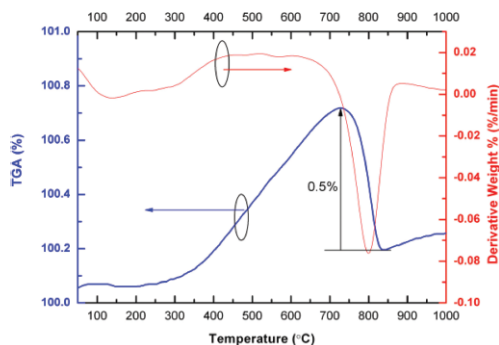


Figure 2. The TGA and DTA curve of the $CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O_2$ sample.

4

C. Ruttanapun et al.

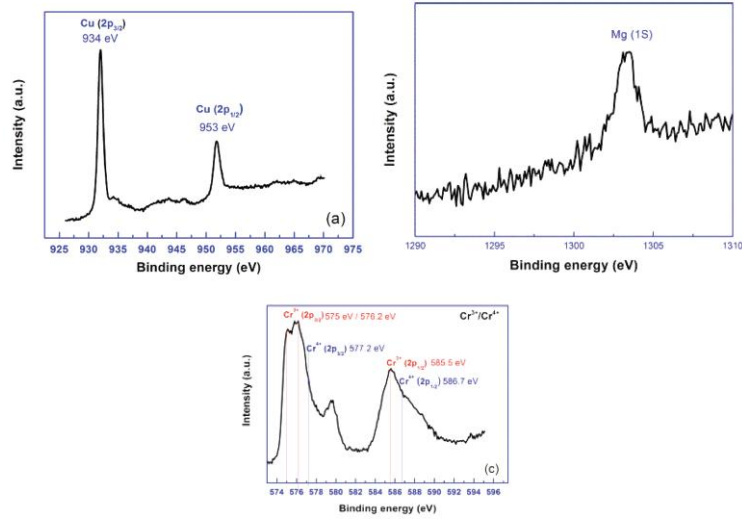


Figure 3. XPS spectrum for (a) Cu(2p_{3/2}), Cu(2p_{1/2}), (b) Mg(1s) and (c) Cr³⁺(2p), Cr⁴⁺(2p) in the CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O₂ sample.

94 components of the sample. In Fig. 3(a), the binding energy for Cu(2p_{3/2}) and Cu(2p_{1/2})
 95 were centered at 934 eV, and 953 eV, respectively, confirming the existence of Cu⁺ state
 96 in CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O₂. In Fig. 3(b), the Mg(1s) was assigned at 1303 eV as the posi-
 97 tion of Mg²⁺ ions state. In Fig. 3(c), the Cr³⁺(2p_{1/2}), and Cr³⁺(2p_{3/2}) states were cen-
 98 tered at 586.9 eV, 5, and 575.9 eV (and 576.9)[10], respectively and the Cr⁴⁺(2p_{1/2}) and
 99 Cr⁴⁺(2p_{3/2}) states were centered at ~577.2 eV and ~585.5 eV[10], respectively. This indi-
 100 cated that a mixture of states for the Cr³⁺ and Cr⁴⁺ ions occurred in the CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O₂
 101 sample.

102 From the XPS results, the nature of *p*-type CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O₂ was effected by
 103 the Mg²⁺ substitution for the Cr³⁺ site as relating to the chemical formula [11] of
 104 Cu[Cr³⁺]_{1-2x}[Cr⁴⁺]_x[Mg²⁺]_xO₂. This indicated that the mixing of the valence state be-
 105 tween the Cr³⁺ and Cr⁴⁺ ions existed in the octahedral block layers. The results showed
 106 that the Mg²⁺-doped CuCrO₂ possessed electron strong correlation from orbital and spin
 107 degeneracy of the Cr³⁺ and Cr⁴⁺ ions.

108 The Seebeck coefficient(*S*) of the CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O₂ sample as a function of the tem-
 109 perature in the range of 300 to 573 K is shown in Fig. 4. The *S* value of the CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O₂
 110 sample was in the range of 255 to 315 μV/K with temperature from 300K to 800 K. The
 111 results showed the Seebeck coefficients as a positive sign indicating *p*-type conductivity
 112 [12]. The *S* of the CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O₂ sample was lower than that of CuCrO₂ reference.
 113 In addition, the *S* of CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O₂ sample was slightly increased as the temperature
 114 increased implying the semiconductor behavior. The reducing of *S* was influenced from
 115 the increasing of the hole carriers due to the Mg²⁺ substituted for Cr³⁺ site, and rising with
 116 temperature increasing.

Strong Correlation of Mg^{2+} -doped into Cr^{3+} Sites

5

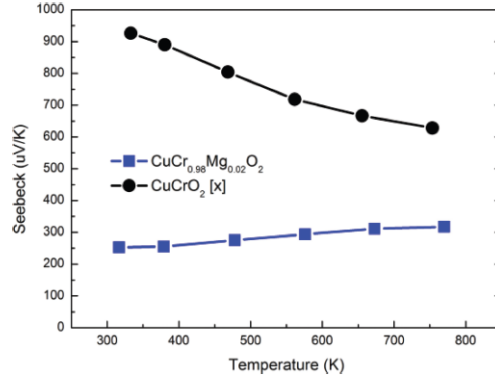


Figure 4. The Seebeck coefficient as a function of temperature of the $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ sample.

To describe the Seebeck behavior, the S can be described by the Hekes formula as:
 $S = -\frac{k_B}{e} \frac{\partial \ln g}{\partial N}$ [5], where k_B is the Boltzmann's constant, e is the electronic charge, g is the degeneracy of the system, and N is the number of particles. For the case of g for the strong correlation of orbital and spin degeneracy of carrier, the S is satisfied the extended Heikes formula following as: $S = -\frac{k_B}{e} \ln\left(\frac{g^{3+}}{g^{4+}} \frac{x}{1-x}\right)$ [5], where g^{3+} and g^{4+} are the spin and orbital degeneracy for Cr^{3+} and Cr^{4+} state, respectively, and x is the ratio of the number of carriers to available sites.

For the $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ compound, the transition octahedral oxide of CrO_6 layer of the compound existed the degeneracy of electronic state due to the mixed state of $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{4+}$ which affected splitting state into two the t_{2g} and e_g by the crystal field effecting in the 3d energy state. The g^{3+} and g^{4+} values were calculated by production of $(2S+1)(2L+1)$, where S is total spin and L is total orbital for the Cr^{3+} ($3d^3$) and Cr^{4+} ($3d^2$) state. Totally, the S can be written [13] as: $S = -\frac{k_B}{e} \ln\left(\frac{(2S+1)(2L+1)^{3+}}{(2S+1)(2L+1)^{4+}} \left(\frac{x}{1-x}\right)\right)$. The value of $(2S+1)$ is 1, and 3 for the Cr^{3+} ($3d^3$) and Cr^{4+} ($3d^2$) state, respectively, $(2L+1)$ is 4, and 3 for the Cr^{3+} ($3d^3$) and Cr^{4+} ($3d^2$) state, respectively. The g^{3+} is obtained 9 and g^{4+} is obtained 4. The x value is approximated at 0.02. Finally, the results of S were obtained $268 \mu\text{V/K}$, respectively. The results relate with the experimental result at temperature 760 K. The results imply that the extended Heikes formula can predict the S value at high temperature.

Figure 5 displays the temperature dependence of the electrical conductivity (σ) of the $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ sample and the CuCrO_2 reference. The values were measured in the temperature ranging from 300 to 760 K. The σ was ranging from 4 to 11 S/cm. The value of $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ was above that of the CuCrO_2 reference due to the carrier supporting from the substitution of Mg corresponding to the δ value of TGA weight loss.

Figure 6 shows the temperature dependence of the thermal conductivity (κ). The results show that the κ of $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ sample was lower than that of the CuCrO_2 based. The value of κ for the $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ was range of 1.2 W/mK to 2 W/mK with temperature of 300 K to 960 K. The κ values were lower approximately 3 to 4 times from the value of CuCrO_2 based. This effect was contributed by the Mg^{2+} substitution for Fe^{3+} sites as

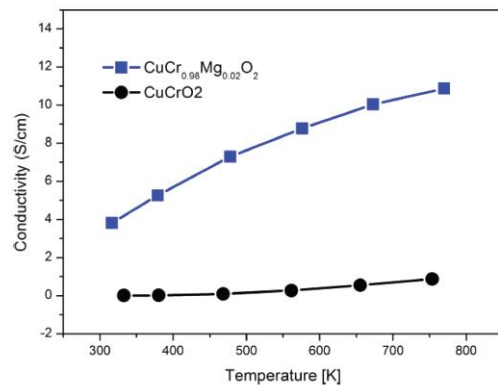


Figure 5. The temperature dependence of electrical conductivity of the CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O₂ sample with CuCrO₂ based.

145 a center of the CrO₆ octahedral layer. The large atomic weight of Mg is a major effect to
 146 reduce thermal conductivity.

147 Figure 7 displays the temperature dependence of the ZT of the CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O₂
 148 sample. The ZT was calculated from the relation of $ZT = S^2 \sigma T / \kappa$, where T is the absolute
 149 temperature. The results were in a range of 0.003 to 0.035 with the temperature ranging
 150 from 300 to 780 K. The results were increased with increasing temperature. The maximum
 151 ZT value in this experiment was 0.035 at a temperature of 780 K.

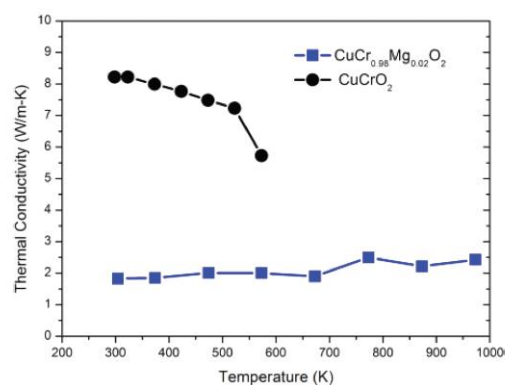


Figure 6. The temperature dependence of thermal conductivity of the CuCr_{0.98}Mg_{0.02}O₂ sample with CuCrO₂ based.

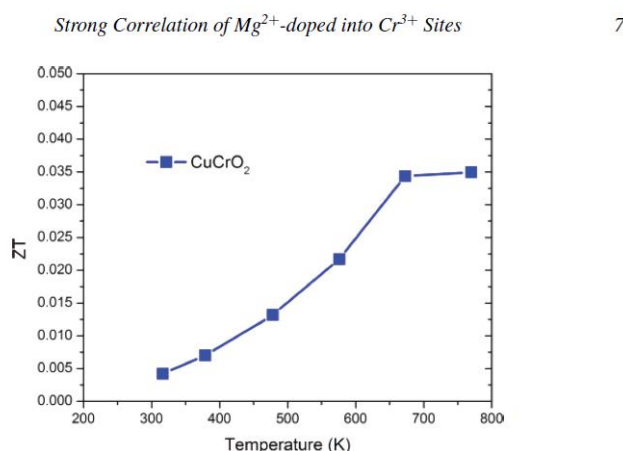


Figure 7. The temperature dependence of ZT of the $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ sample.

152 4. Conclusion

153 The $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ specimen was prepared by the solid state reaction method. The
 154 X-ray peaks corresponded with the CuCrO_2 delafossite structure. The XPS spectra showed
 155 that the Mg-substituted CuCrO_2 excited the Mg^{2+} state and the mixed $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{4+}$ states.
 156 The Seebeck coefficient result by Extended Heikes formula was close to the experimental
 157 results at high temperature. The reducing of the Seebeck value of the $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$
 158 was due to the increasing of charge by Mg^{2+} -doped. The increasing of Seebeck value
 159 with increasing temperature was due to the strong correlation of charge carrier between
 160 the Cr^{3+} and Cr^{4+} ions in the octahedral CrO_6 layer. The enhanced electrical conductivity
 161 of $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ is due to the increasing of charge carrier by Mg^{2+} -doped. The low
 162 thermal conductivity of the $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ was an effect from the large atomic weight
 163 of Mg-doped. As a result, the rising of ZT of $\text{CuCr}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$ from the CuCrO_2 - based
 164 was due to the Mg^{2+} -substitution into Cr^{3+} at center of octahedral of CrO_6 layer.

165 Funding

166 Financial support was provided by a grant from the KMITL Research Fund of King
 167 Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ministry of Education, Thailand. Addi-
 168 tional financial support was given via a research grant MT-B-57-MET-07-262I from the
 169 National Metal and Materials Technology Center, Thailand.

170 References

- 171 1. G. S. Nolas, J. Sharp and H. J. Goldsmind, *Thermoelectric basic principles and new materials*
 172 *developments*, Germany, Springer, (2011).
- 173 2. G. J. Snyder, Small thermoelectric generator, *The Electrochemical Society interface*, (2008).
- 174 3. C. Ruttanapun, *Journal of Solid State Chemistry*, **215** 43–49 (2014).
- 175 4. J. R. Sootsman, D. Y. Chung, and M. G. Kanatzidis, New and old concepts in thermoelectric
 176 materials, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **48** 8616–8639 (2009).

- 177 5. W. Koshibae, K. Tsutsui, and S. Maekawa, *J. Phys. Rev. B*, **62** 6869–6872 (2000).
- 178 6. C. Ruttanapun, A. Wichainchai, W. Prachamon, A. Yangthaisong, A. Charoenphakdee, and T.
- 179 Seetawan, *J. Alloys Compd.*, **509** 4588–4594 (2011).
- 180 7. C. Ruttanapun, B. Boonchom, M. Thongkam, S. Kongtaweelert, C. Thanachayanont and A.
- 181 Wichainchai, *J. Appl. Phys.*, **113** 023103 (2013).
- 182 8. T. Okuda, N. Jufuku, S. Hidaka, and N. Terada, *Phys. Rev. B*, **72** 144403-1–144403-5 (2005).
- 183 9. C. Ruttanapun, *Journal of Science Ladkrabang*, **23** 112–119 (2014).
- 184 10. S. Zhou, X. Fang, Z. Deng, Da. Li, W. Dong, R. Tao, G. Meng, T. Wang, X. Zhu, *Journal of*
- 185 *Crystal Growth*, **310** 5375–5379 (2008).
- 186 11. C. Ruttanapun, B. Boonchom, N. Vittayakorn, A. Harnwungmoung and A. Charoenphakdee,
- 187 *Ferroelectrics*, **453** 75–83 (2013).
- 188 12. C. Ruttanapun, P. Jindajitawat, P. Buranasiri, D. Naenkieng, N. Boonyopakorn, A. Harnwung-
- 189 gmoung, W. Thowladda, W. Neeyakorn, C. Thanachayanont, and A. Charoenphakdee, *Integrated*
- 190 *Ferroelectrics*, **156** 102–114, (2014).
- 191 13. C. Ruttanapun, *J. Solid State Chem.*, **215** 43–49 (2014).

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.เชษฐา รัตนพันธ์

Assits.Prof.Dr.Chesta Ruttanapun

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

มือถือ 0815104965

E-mail: krchesta@kmitl.ac.th, chesta.ruttanapun@gmail.com

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2541
วท.ม.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2546
ปร.ด.	ฟิสิกส์ประยุกต์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง	2554

1. ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ/หรือที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพ ในการทำวิจัย
ว่าเป็นผู้อำนวยความสะดวกงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

รางวัลที่ได้รับ

ได้รับรางวัลเป็นประกาศนียบัตรและเข็มเกียรติยศเพื่อแสดงว่าเป็นผู้สอบได้คะแนนยอดเยี่ยม อันดับ 3 ใน
ปี 2555 (26 สิงหาคม 2555) ในหลักสูตรวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต จาก มุลนิธิ ศ.ดร.แถบ นีละนิธิ โดยเป็นรางวัล
การศึกษายอดเยี่ยมชั้นวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต พิจารณาจากผลงานได้รับการตีพิมพ์แล้วในวารสารที่มี Impact factor
รวมกันแล้วได้สูงสุด 3 อันดับแรก ของประเทศ (สาขาฟิสิกส์) จากผู้จบการศึกษา ปี 2554

ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พ.ศ. 2542 – 2546

เป็นผู้ช่วยวิจัย: โครงการคอมพิวเตอร์จำลองแบบเซลล์แสงแดดกลับแซนด์วิชใน 2 มิติ ทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (สกว.) หนึ่งในชุดโครงการพัฒนาเซลล์แสงแดดไทยสู่ความเป็นเลิศ โดย ผศ. บำรุง สมสวัสดิ์ เป็นหัวหน้าโครงการ ปฏิบัติงาน ณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2546 – 2555

ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยนักวิจัย

งาน: ห้องปฏิบัติการวิจัยการจำลองขนาดใหญ่ Large Scale Simulation Lab (LSR)

ฝ่าย: หน่วยวิจัยสารสนเทศ การสื่อสารและการคำนวณ

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

มีงานวิจัยดังนี้

1) โครงการพัฒนาโปรแกรมและจำลองแบบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์(2546-2552)

- 1.1) โครงการ 3-D Finite Element Solar Cell simulation
- 1.2) โครงการพัฒนาโค้ดคำนวณแบบขนาน Parallel FEM Toolkit

2)โครงการการพัฒนาเทคโนโลยีการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟต้นแบบในระดับอุตสาหกรรม(ทุน สวทช.) ดำเนินการวิจัยร่วมระหว่าง ห้องปฏิบัติการ LSR(NECTEC) กับ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีพลาสมาเพื่อการประยุกต์ทางกลกรรม ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ สำนักวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ โดยมี ผ.ศ. ดร. หมุดตอเล็บ หนิสอ เป็นหัวหน้าโครงการ(พ.ศ.2553-ปัจจุบัน)

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่(ระดับชาติและนานาชาติ)

วารสารนานาชาติ

1. C. Ruttanapun, "Effects of Pd substitution on the thermoelectric and electronic properties of delafossite $\text{Cu}_{1-x}\text{Pd}_x\text{FeO}_2$ ($x = 0.01, 0.03$ and 0.05)", Journal of Solid State Chemistry, volume [215](#), 2014, Pages 43–49. ISI Impact factor 2.0.
2. C. Ruttanapun, "Optical and electronic properties of delafossite CuBO_2 p-type transparent conducting oxide", Journal of Applied Physics 114, pp. 113108 (2013). ISI Impact Factor: 2.13
3. C. Ruttanapun, B. Boonchom, M. Thongkam, S. Kongtaweelert, C. Thanachayanont, A. Wichainchai, "Electrical and optical properties of p-type $\text{CuFe}_{1-x}\text{Sn}_x\text{O}_2$ ($x = 0.03, 0.05$) delafossite-oxide", journal of Applied Physics, 113 (2013), pp. 023103. **ISI Impact Factor: 2.13**
4. C. Ruttanapun, B. Boonchom, N. Vittayakorn, A. Harnwungmoung, A. Charoenphakdee, "Synthesis and Thermoelectric Properties of $\text{Cu}_{0.95}\text{Pt}_{0.05}\text{Fe}_{0.97}\text{Sn}_{0.03}\text{O}_2$ Delafossite-Oxide", Ferroelectrics, 453:1, 75-83, 2013. ISI Impact factor: 0.391.

5. [Wicharn, S., Buranasiri, P., Ruttanapun, C., Jindajitawat, P.](#), "Optical parametric amplification in one-dimensional photonic bandgap structures", [Applied Optics](#), Volume 52, Issue 25, 1 September 2013, Pages 6090-6099.
6. [Ruttanapun C., Jindajitawat P., Thowladda W., Neeyakorn W., Thanachayanont, C., Charoenphakdee A.](#), "Thermoelectric properties of Sn^{2+} -substituted CuFeO_2 delafossite-oxide", [Advanced Materials Research](#), Volume 802, 2013, Pages 17-21.
7. [Kahatta S., Chaiyo N., Ruttanapun C., Techitdheera W., Pecharapa W., Vittayakorn, N.](#), "Microwave-assisted solution combustion synthesis and characterization of thermoelectric $\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$ powders", [Advanced Materials Research](#), Volume 802, 2013, Pages 84-88.
8. [Charoenphakdee, A., Harnwungmoung, A., Seetawan, T., Rattanapun, C., Amornkitbamrung, V., Kurosaki, K., Yamanaka, S.](#), "Reinvestigation the thermal and electrical transport properties of Tl_7Sb_2 ", [Advanced Materials Research](#), Volume 802, 2013, Pages 284-288.
9. C. Ruttanapun, S. Kahatta, B. Boonchom, N. Vittayakorn, M. Thongkam, S. Kongteweelert, S. Woramongkonchai, and P. Chaiyasith, "Optical Properties of $\text{Cu}_{0.95}\text{Pt}_{0.05}\text{Fe}_{0.97}\text{Sn}_{0.03}\text{O}_2$ for p-type Transparent Conducting Oxide Materials", [Advanced Materials Research](#) 717 (2013) pp. 15-10.
10. B. Boonchom, C. Ruttanapun, M. Thongkam, P. Chaiyasith, S. Woramongkonchai, S. Kongteweelert and N. Vittayakorn, "A new synthesis of BaHPO_4 precipitated by $\text{BaCO}_3\text{-H}_3\text{PO}_4\text{-NaOH}$ system at room temperature", [Advanced Materials Research](#) 717 (2013) pp 37-43.
11. P. Chaiyasith, [C. Ruttanapun](#), M. Thongkam, S. Kongteweelert, S. Woramongkonchai and B. Boonchom, "A Simple Route to Synthesize Ferromagnetic Binary Calcium Iron Pyrophosphate CaFeP_2O_7 Using Aqueous-Acetone Media", [Advanced Materials Research](#) 717 (2013) pp 44-48.
12. S. Kongteweelert, [C. Ruttanapun](#), M. Thongkam, P. Chaiyasith, and S. Woramongkonchai, "Facile, alternative synthesis of spherical-like $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ nanoparticle by aqueous-methanol media", [Advanced Materials Research](#) 717 (2013) pp 49-53.
13. S. Wicharn; P. Buranasiri; C. Ruttanapun and P. Jindajitawat, "Efficient third-harmonic generation in one-dimensional photonic crystals, "Proc. SPIE 8883, ICPS 2013: International Conference on Photonics Solutions, 88830A (June 7, 2013); doi:10.1117/12.2022094.

14. C. Ruttanapun; Y. Hongaromkid; W. Thowladda and A. Wichainchai, "Alcohol sensing of p-type CuFeO₂ delafossite oxide ", Proc. SPIE 8883, ICPS 2013: International Conference on Photonics Solutions, 88831L (June 7, 2013); doi:10.1117/12.2021102.
15. C. Ruttanapun; M. Sa-nguan-cheep; S. Kahatta; P. Buranasiri and P. Jindajitawat, "Optical and electronic transport properties of p-type CuCoO₂ transparent conductive oxide ", Proc. SPIE 8883, ICPS 2013: International Conference on Photonics Solutions, 88831O (June 7, 2013); doi:10.1117/12.2021992.
16. S. Plaipichit; P. Atta; P. Buranasiri; C. Ruttanapun and P. Jindajitawat, "Fingerprint verification by using low coherence digital holography ", Proc. SPIE8883, ICPS 2013: International Conference on Photonics Solutions, 888315 (June 7, 2013); doi:10.1117/12.2021987.
17. K. Sidakum; P. Buranasiri; S. Plaipichit; C. Ruttanapun and P. Jindajitawat, "The generation of optical phase conjugation from cerium doped barium titanate at wavelength of 632.8 nm ", Proc. SPIE 8883, ICPS 2013: International Conference on Photonics Solutions, 88831P (June 7, 2013); doi:10.1117/12.2022123.
18. C. Ruttanapun, B. Boonchom, M. Thongkam, S. Kongtaweelert, A. Wichainchaia, C. Thanachayanont, A. Charoenphakdee," THERMOELECTRIC PROPERTIES OF n-TYPE CuFe_{0.95}Pb_{0.05}O₂ DELAFOSSITE TYPE-OXIDE", Journal of Material Science and Applied Energy 2(2) (2013) 1-5
19. **C.Ruttanapun***, W. Prachamon, A. Wichainchai, **"Optoelectronic properties of Cu_{1-x}Pt_xFeO₂ (0 ≤ x ≤ 0.05) delafossite for p-type transparent conducting oxide"** Current Applied Physics, Vol 12, No1, (2012), pp.166-170. **Impact Factor: 1.74, (Corresponding author: C. Ruttanapun).**
20. **C.Ruttanapun***, A. Wichainchai, W. Prachamon, A. Yangthaisong, A. Charoenphakdee and T. Seetawan, **"Thermoelectric properties of Cu_{1-x}Pt_xFeO₂ (0.0 ≤ x ≤ 0.05) delafossite-type transition oxide"**, Journal of Alloys and Compounds 509 (2011), pp. 4588-4594. **Impact factor: 2.134, (Corresponding author:C. Ruttanapun).**
21. P. Poopanya, A. Yangthaisong, **C. Ruttanapun**, and A. Wichainchai **"Theoretical Study of Electronic Structure and Thermoelectric Properties of Doped CuAlO₂"**, Journal of ELECTRONIC MATERIALS, 40, (2011), pp. 987-991. **Impact factor: 1.428.(Corresponding author:A. Yangthaisong).**

ดร.เอนก เจริญศักดิ์

Dr.Anek Charoenphakdee

คณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

7/1 ถ.นนทบุรี1 ต.สวนใหญ่ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000

7.ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านสองชั้น (ปัจจุบัน โรงเรียนเบญจคามวิทยา) ต. หินกอง

อ. สวรรณภูมิ จ. ร้อยเอ็ด

ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนจันทบุรุษเกษมอนุสรณ์ อ. เกษตรวิสัย จ. ร้อยเอ็ด

ระดับปริญญาตรี (วทบ.) ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น

ระดับปริญญาโท (วทม.) ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น

ระดับปริญญาเอก (D. Phil.) in Engineering (Sustainable Energy and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University, Japan)

ลงพิมพ์บทความในวารสารระดับนานาชาติ

2007

1. Tosawat Seetawan, Thaweeat Khuangthip, Vittaya Amornkitbamrung, Ken Kurosaki, Jun Adachi, Masahito Katayama, **Anek Charoenphakdee**, Shinsuke Yamanaka, Thermophysical Properties of PuO_2 and AmO_2 Solid Solutions Simulated by Molecular Dynamics, in Materials Innovations for Next-Generation Nuclear Energy. *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, 1043E (2007) 1043-T09-09 มี **impact factor**-

2008

2. **Anek Charoenphakdee**, Ken Kurosaki, Hiroaki Muta, Masayoshi Uno, and Shinsuke Yamanaka, Reinvestigation of the thermoelectric properties of Ag_8GeTe_6 , *physica status solidi (RRL) - Rapid Research Letters*, 2 (2008) 65-67 มี **impact factor** –

3. Joseph P. Heremans, Vladimir Jovovic, Eric S. Toberer, Ali Saramat, Ken Kurosaki, **Anek Charoenphakdee**, Shinsuke Yamanaka, and G. Jeffrey Snyder, Enhancement of Thermoelectric Efficiency in PbTe by Distortion of the Electronic Density of States. *Science*, 25 (2008) 554-557 มี **impact factor 31.052**

4. Ken Kurosaki, Hideaki Matsumoto, **Anek Charoenphakdee**, Shinsuke Yamanaka, Manabu Ishimaru, and Yoshihiko Hirotsu, Unexpectedly Low Thermal Conductivity in Natural Nanostructured Bulk Ga_2Te_3 , *Applied Physics Letters*, 93 (2008) 012101-1 – 012101-3 มี **impact factor 3.554**

5. Ken Kurosaki, Atsuko Kosuga, **Anek Charoenphakdee**, Hideaki Matsumoto, Hiroaki Muta, and Shinsuke Yamanaka, Thermoelectric properties of Ti_8GeTe_3 with low thermal conductivity. *Materials Transactions*, 49 (2008) 1728-1730 $\frac{1}{11}$ **impact factor 0.795**
6. Shinsuke Yamanaka, Ken Kurosaki, **Anek Charoenphakdee**, Hideaki Mastumoto, Hiroaki Muta, Thallium-Free Thermoelectric Materials with Extremely Low Thermal Conductivity. *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, 1044 (2008) 1044-U08-02 $\frac{1}{11}$ **impact factor –**
7. Weerasak Somkhunhot, Thanusit Burinprakhon, Nuwat Pimpabute, Tosawat Seetawan, **Anek Charoenphakdee**, Vittaya Amornkitbamrung, Characterization and Thermoelectric Properties of $\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ by the Polymerized Complex Method Physical Chemistry. *An Indian Journal*, 3 (2008) 2-3 $\frac{1}{11}$ **impact factor-**

2009

8. **Anek Charoenphakdee**, Ken Kurosaki, Hiroaki Muta, Masayoshi Uno, and Shinsuke Yamanaka, Ag_8SiTe_6 : A new thermoelectric material with low thermal conductivity. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 48 (2009) 011603-1 - 011603-3 $\frac{1}{11}$ **impact factor 1.138**
9. **Anek Charoenphakdee**, Ken Kurosaki, Hiroaki Muta, Masayoshi Uno, and Shinsuke Yamanaka, Thermal conductivity of the Ternary Compounds: AgMTe_2 and AgM_3Te_8 (M = Ga or In). *Materials Transactions*, 51 (2009) 1603-1606 $\frac{1}{11}$ **impact factor 0.795**
10. Atsuko Kosuga, Ken Kurosaki, Kunio Yubuta, **Anek Charoenphakdee**, Shinsuke Yamanaka, and Ryoji Funahashi, Thermal Conductivity Characterization in Bulk $\text{Zn}(\text{Mn,Ga})\text{O}_4$ with Self Assembled Nanocheckerboard Structures. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 48 (2009) 010201-1 – 010201-3 $\frac{1}{11}$ **impact factor 1.138**
11. Atsuko Kosuga, Ken Kurosaki, Kunio Yubuta, **Anek Charoenphakdee**, Shinsuke Yamanaka and Ryoji Funahashi, Solid-State Self-Assembly of Nanostructured Oxide as a Candidate High-Performance Thermoelectric Material. *J. Electron. Mater.*, 38 (2009) 1303-1308 $\frac{1}{11}$ **impact factor 1.428**
12. Shinsuke Yamanaka, Manabu Ishimaru, **Anek Charoenphakdee**, Hideaki Matsumoto, and Ken Kurosaki, Thermoelectric Characterization of $(\text{Ga,In})_2\text{Te}_3$ with Self-Assembled Two-Dimensional Vacancy Planes. *J. Electron. Mater.*, 38 (2009) 1392-1396 $\frac{1}{11}$ **impact factor 1.428**
13. The Student Experiment Program Group 9, Ken Kurosaki, Hiroaki Muta, Yu Endo, **Anek Charoenphakdee**, Masayoshi Uno, Shinsuke Yamanaka, Effect of Nb substitution for V on the thermoelectric properties of Fe_2VAl . *Journal of Alloys and Compounds*, 486 (2009) 507-510 $\frac{1}{11}$ **impact factor 2.135**

2010

14. **Anek Charoenphakdee**, Ken Kurosaki, Adul Harnwungmoung, Hiroaki Muta, Shinsuke Yamanaka, Thermoelectric properties of gold telluride AuTe_2 . *Journal of Alloys and Compounds*, 496 (2010) 53-55 $\frac{1}{11}$ **impact factor 2.135**
15. Adul Harnwungmoung, Ken Kurosaki, **Anek Charoenphakdee**, Aikebaier Yusufu, Hiroaki Muta and Shinsuke Yamanaka, Effect of Rh Substitution for Co on the Thermoelectric Properties of CoSb . *J. Electron. Mater.*, Vol.51, No.5 (2010) pp.882 – 886 $\frac{1}{11}$ **impact factor 1.428**

2011

16. Chesta Ruttanapun, Aree Wichainchai, Wutthisak Prachamon, Anucha Yangthaisong, **Anek Charoenphakdee**, Tosawat Seetawan, Thermoelectric Properties of $\text{Cu}_{1-x}\text{Pt}_x\text{FeO}_2$ ($0.0 < x < 0.05$) Delafossite-type Transition Oxide, *Journal of Alloys and Compounds*, 509 (2011) 4588-4594 มี **impact factor 2.135**
17. Heng Wang, **Anek Charoenphakdee**, Ken Kurosaki, Shinsuke Yamanaka, and G. Jeffrey Snyder, Reduction of thermal conductivity in PbTe: Tl by alloying with TlSbTe_2 , *Physical Review B* 83, 024303 (2011) มี **impact factor**

การนำเสนองานวิจัยระดับนานาชาติ

1. Thermal and electrical transport properties of Tl_7Sb_2 , The 26th International Conference on Thermoelectrics, Jeju Island, South Korea, June 3-7, (2007), **Anek Charoenphakdee**, Ken Kurosaki, Tosawat Seetawan, Thaweewat Khuangthip, Hiroaki Muta, Masayoshi Uno, and Shinsuke Yamanaka
2. Thermoelectric Properties of Ag_8GeTe_6 and Ag_8SiTe_6 with Low Thermal Conductivity
The 27th International Conference on Thermoelectrics, Corvallis, Oregon, USA, August 3-7, (2008), **Anek Charoenphakdee**, Ken Kurosaki, Hiroaki Muta, and Shinsuke Yamanaka
3. Thermal conductivity analysis of the Ag-Ga-Te and Ag-In-Te ternary compounds 2008 Materials Research Society Fall Meeting, Boston, MA, USA, December 1-5, (2008), **Anek Charoenphakdee**, Ken Kurosaki, Hiroaki Muta, Masayoshi Uno, and Shinsuke Yamanaka
4. Thermoelectric Properties of $\text{Ag}_8\text{GeTe}_{6+\delta}$ with Extremely Low Thermal Conductivity TSJ 2007, Osaka University, Osaka, Japan, August 29-30, (2007), **Anek Charoenphakdee**, Ken Kurosaki, Hiroaki Muta, and Shinsuke Yamanaka
5. Thermal conductivity analysis of the Ag-(Ga,In)-Te ternary compounds TSJ 2008, Waseda University, Tokyo, Japan, August 21-22, (2008), **Anek Charoenphakdee**, Ken Kurosaki, Hiroaki Muta, and Shinsuke Yamanaka

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หมดต่อเลียบ หนิสอ

หัวหน้าห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีพลาสมาเพื่อประยุกต์ทางกลศาสตร์ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ สกอ

คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

222 ต.ไทยบุรี อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80160

โทรศัพท์ 084-137-3988 โทรสาร (075)- 672-004

สถานที่อยู่

207/89 หมู่ 3 ต.ท่าศาลา อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80160

1.3 หน้าที่ปัจจุบัน

- หัวหน้าห้องปฏิบัติการพลาสมาประยุกต์เพื่อการกลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
- คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์

1.4 ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2529	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมหาวิชราวุธ จ.สงขลา
ปีการศึกษา 2533	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์) (เกียรตินิยมอันดับสอง) จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ปีการศึกษา 2537	ปริญญาโท พลาสมาฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยนาโงยา ประเทศญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2544	ปริญญาเอก พลาสมาฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยนาโงยา

2. ประวัติการทำงาน

2.1 งานสอน

2.1.1 ปริญญาตรี

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| - หลักฟิสิกส์ 1 | - หลักฟิสิกส์ 2 |
| - ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 | - ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 |
| - ฟิสิกส์เชิงสถิติ | - พลาสมาฟิสิกส์เชิงคำนวณ |
| - คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ | - กลศาสตร์ยุคเก่า |

2.1.2 ปริญญาโท

- การกำเนิดพลาสมาและการประยุกต์ - กลศาสตร์ 1
- กลศาสตร์ 2
- หัวข้อพิเศษทางฟิสิกส์ประยุกต์ (การให้ความร้อนด้วยคลื่นวิทยุ)
- กระบวนการวิจัย
- ปฏิบัติการฟิสิกส์ขั้นสูง
- หลักพลาสมาฟิสิกส์
- ฟิสิกส์ของพลังงาน
- ฟิสิกส์และเทคโนโลยีของคลื่นไมโครเวฟ

2.2.2 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

- เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลักของนักศึกษาปริญญาโท 5 คน จบการศึกษาแล้ว 4 คน

- เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลักของนักศึกษาปริญญาเอก 3 คน จบการศึกษาแล้ว 1 คน

2.2 งานวิจัย

โครงการวิจัย 10 ปีย้อนหลัง

ชื่อโครงการ	แหล่งทุน	งบประมาณ (บาท)	สถานภาพ	ระยะเวลา
1. การพัฒนาไอออนบีมสำหรับการเพาะ ร่องในโซลาร์เซลล์แบบคลัสเตอร์	สกว.	2,631,200	หัวหน้า โครงการ	พย.45- พย.47
2. การพัฒนาระบบเครื่องกำเนิดไอโซน โดยใช้เทคนิค Barrier discharge สำหรับ การจัดเก็บเงาะ ทุเรียนและพีชผัก	สกอ.	876,700	ผู้ร่วมวิจัย	มีย. 47- มีย.48
3. การพัฒนาเตาอบปลาแห้งไมโครเวฟ ประสิทธิภาพสูง	สกอ.	420,200	หัวหน้า โครงการ	เมย.48- เมย.49
4. การพัฒนาไอออนบีมสำหรับการเพาะ ร่องในโซลาร์เซลล์แบบคลัสเตอร์	สกว.	2,109,323	หัวหน้า โครงการ	กย.48-กย.49
5. การพัฒนาระบบการผลิตน้ำไอโซน อัตโนมัติเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งอย่างยั่งยืน	มูลนิธิโทเรฯ	190,000	หัวหน้า โครงการ	กพ. 49 – กพ.50
6. การพัฒนาไอออนบีมความหนาแน่น และความคมสูงของอะตอมธาตุชนิดต่าง ๆ	พพ. ร่วมกับ สกว.	1,438,657	หัวหน้า โครงการ	กย. 2549 – กย. 2550
7. การพัฒนาระบบอบปลาแห้ง กึ่งอัตโนมัติด้วยคลื่นไมโครเวฟ	สกอ.	84,000	หัวหน้า โครงการ	มีย.50- มีย.51
8. การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายการดูดกลืนคลื่นวิทยุของตัว อ่อนแมลงในผลเงาะ	สวทช.	150,000	ผู้ร่วม โครงการ	ตค.50 – ตค.51
9. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอาหาร สัตว์อัดเม็ดด้วยคลื่นไมโครเวฟ	บริษัท ไทรอัมพ์ เอ็นจิเนียริงจำกัด	330,000	หัวหน้า โครงการ	ตค. 50- มีย.51
10. การพัฒนาชุดขยายคลื่นวิทยุโซลิดส เตทแบบมอดูลาร์ความถี่ 118 เมกะเฮิร์ต ขนาด 2.5 กิโลวัตต์	สถาบันวิจัยแสง ซินโครตรอน	2,120,800	ผู้ร่วม โครงการ	พย.50- พย.52
11. เทคโนโลยีพลาสมาเพื่อการทำ ปราศจากเชื้อสำหรับเครื่องมือ ทางการแพทย์ในประเทศไทยปีที่	วช.	3,00,000	ผู้ร่วมวิจัย	ต.ค. 51 – ต.ค. 52
12. การพัฒนาเทคโนโลยีคลื่นวิทยุและ	ศูนย์ความเป็นเลิศ	608,000	หัวหน้า	ก.พ. 52 – ม.ค. 53

คลื่นไมโครเวฟเพื่อการประยุกต์ทางกลีกร รมปีที่ 1	ด้านฟิสิกส์(สกอ.)		โครงการ	
13. การพัฒนาแหล่งกำเนิดไอออนบีม ความหนาแน่นสูงเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ พืช และการปรับปรุงเมมเบรนปีที่1	ศูนย์ความเป็นเลิศ ด้านฟิสิกส์(สกอ.)	525,000	หัวหน้า โครงการ	ก.พ. 52 – ม.ค. 53
14. เครื่องแยกสเปกตรัมของการควบคุม ศัตรูพืชจากเมล็ดข้าว ด้วยเทคโนโลยี ไซโคลนและพลังงานไมโครเวฟปีที่ 1	วช.	100,000	หัวหน้า โครงการ	มิ.ย.52 – ก.พ. 53
15. การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องกำเนิด คลื่นวิทยุกำลังสูงสำหรับอุตสาหกรรม	อุทยาน วิทยาศาสตร์ ภาคใต้(สวทช.)	199000	หัวหน้า โครงการ	ส.ค.52 – ส.ค.53
16. การพัฒนาเทคโนโลยีคลื่นวิทยุและ คลื่นไมโครเวฟเพื่อการประยุกต์ทางกลีกร รมปีที่ 2	ศูนย์ความเป็นเลิศ ด้านฟิสิกส์(สกอ.)	400,000	หัวหน้า โครงการ	ก.พ. 53 – ม.ค. 54
17. การพัฒนาแหล่งกำเนิดไอออนบีม ความหนาแน่นสูงเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ พืช และการปรับปรุงเมมเบรนปีที่2	ศูนย์ความเป็นเลิศ ด้านฟิสิกส์(สกอ.)	500,000	หัวหน้า โครงการ	ก.พ. 53 – ม.ค. 54
19. เครื่องแยกสเปกตรัมของการควบคุม ศัตรูพืชจากเมล็ดข้าว ด้วยเทคโนโลยี ไซโคลนและพลังงานไมโครเวฟปีที่ 2	วช.	166,000	หัวหน้า โครงการ	พ.ย.53 – เม.ย. 54
20. เทคโนโลยีพลาสมาเพื่อการทำให้ ปราศจากเชื้อสำหรับเครื่องมือ ทางการแพทย์ในประเทศไทยปีที่ 2	วช.	500,000	ผู้ร่วมวิจัย	พ.ย. 53 – ต.ค. 54
21. การพัฒนาเครื่องอบแห้งรังนกแอ่นด้วย คลื่นไมโครเวฟที่ความดันต่ำ	สกอ.	463,900	หัวหน้า โครงการ	ก.ย. 52 – มิ.ย. 54
22. การพัฒนาเทคโนโลยีพลาสมาสเปกโตร ริงเพื่อเคลือบถ่านกัมมันต์ด้วยพลาตินัมใน ระดับนาโนสำหรับชีวคาโอด ประสิทธิภาพสูงของเซลล์เชื้อเพลิงจุลชีพ	วช.	313,258	หัวหน้า โครงการ	พ.ย.52 – พ.ค. 54
การพัฒนาเทคโนโลยีการให้ความร้อนด้วย ไมโครเวฟต้นแบบในระดับอุตสาหกรรม	สวทช.	1,400,000	หัวหน้า โครงการ	1 ม.ค.54 – 31 เม.ย. 55
การพัฒนาเทคโนโลยีพลาสมาเย็นที่ความ ดันบรรยากาศเพื่อการทำมาสะอาดผล	ศูนย์ความเป็นเลิศ ด้านฟิสิกส์	1,145,000	หัวหน้า โครงการ	1 พ.ค.54 – 30 ส.ค. 56

มังกุด				
การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ด้านเชื้อราจากวัสดุเซลลูโลสโดยใช้พลาสติกชีวภาพที่ความดันบรรยากาศร่วมกับน้ำมันหอมระเหย	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์	1,675,000	ผู้ร่วมวิจัย	1 พ.ค.54 – 30 ส.ค. 56
การถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมการอบแห้งประสิทธิภาพสูงเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตการเกษตร	วช.	377,000	หัวหน้าโครงการ	18 มิ.ย.56 -18 ธ.ค.56

โครงการวิจัยที่กำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน

ชื่อโครงการ	แหล่งทุน	งบประมาณ (บาท)	สถานภาพ	ระยะเวลา
การพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนเพื่อเป็นต้นแบบในการผลิตยางแท่ง STR20 ระดับอุตสาหกรรม	สกว.	400,000	หัวหน้าโครงการ	1 ก.ย.56 – 31 ส.ค. 57
ชุดโครงการ “การวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีพลาสติกชีวภาพและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อพัฒนานวัตกรรมทางการเกษตร”	สกว. ABC	990000	หัวหน้าโครงการ	25 ก.ย.56 – 24 มี.ค. 58

2.3 งานบริการวิชาการ

- โครงการโอลิมปิกวิชาการ
- นักวิทยาศาสตร์พี่เลี้ยงนักเรียน โครงการ JSTP
- ถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ
- วิทยากรการพัฒนางานวิจัยสำหรับอุตสาหกรรมของสภาอุตสาหกรรมสุราษฎร์ฯและนครฯ
- การอบรมครูมัธยม
- การจัดแสดงเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในอุทยานวิทยาศาสตร์
- การงานวันวิทยาศาสตร์ และวันเด็ก
- การพิจารณาโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีของเครือข่ายภาคใต้ตอนบนของ สกอ.
- การจัดประชุมประจำปีฟิสิกส์ SPC

2.4 งานอื่นๆ

2.4.1 หัวหน้าห้องปฏิบัติการ หน่วยวิจัยฟิสิกส์ทดลอง ตั้งแต่ปี 2546 ถึง ปัจจุบัน

2.4.2 ผู้คุมทีมฟิสิกส์โอลิมปิก ในการแข่งขันระดับประเทศ ปี 2545 และ 2546

2.4.3 กรรมการบัณฑิตศึกษา

2.4.4 กรรมการสภาวิชาการ

2.4.5 ผู้ประสานงานสาขาฟิสิกส์ สำนักวิทยาศาสตร์

3. ผลงานวิชาการ

3.1 ประเภทวิจัย

3.1.1 บทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

3.1.1.1 งานวิจัยที่เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อรับปริญญา

1. M. Nisoa, Y. Sakawa and T. Shoji, *Compact high-density plasma source produced by using standing helicon waves*: Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 38 (1999) L777-L779

2. M. Nisoa, Y. Sakawa and T. Shoji, *Plasma production by $m = 0$ standing helicon waves*: Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 39 (2000) L429-L432

3. M. Nisoa, Y. Sakawa and T. Shoji, *Characterization of plasma production by $m = 0$ standing helicon waves*: Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 40 (2001) 3396-3404

3.1.1.2 งานวิจัยที่ไม่เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อรับปริญญา

1. M. Nisoa, D. Srinoum and P. Kerdthongmee, *Development of high voltage high frequency resonant inverter power supply for surface glow barrier discharges*: Solid State Phenomena, 107(2005), 81 – 86

2. Y. Pianroj, P. Kerdthongmee and M. Nisoa, *Development of heating system by using microwave field*, การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1 (2005)

3. P. Kerdthongmee, M. Nisoa and et.al., *Development of compact cylindrical microwave plasma source for ion beam production*, *J. Fiz. Mat.* 27, 39(2006)

4. Y. Pianroj, P. Kerdthongmee, Pr. Kerdthongmee, J. Galakarn and M. Nisoa, *Development of microwave system for high-efficient drying technology for fishes*: Walailak J. Sci. Tech. 3(2), 237 – 250 (2006)

5. P. Kerdthongmee, D. Srinoum, Ch. Tehsanu and M. Nisoa, *Development of compact high voltage switching power supply for CW mode microwave generator*, Thai journal of physics series 2(2007)

6. Y. Pianroj, P. Kerdthongmee and M. Nisoa, *Automatic microwave fishes Drying system using feedback control of surface temperature with infrared sensor*, Thai journal of physics series 2, 119 – 122(2007)

7. P. Wanichapichart, R. Sungkum, W. Taweepreda, and M. Nisoa, *Characteristics of chitosan*

membranes modified by argon plasmas, Surface & Coatings Technology 203, 2531–2535(2009) (ISI: Impact factor 1.941)

8. M. Nisoa and T. Srinoum, *Characteristics of ozone production by using atmospheric surface glow barrier discharge*, Walailak J. Sci. Tech. 6(2), 283 – 292 (2009)(TCI)

9. P. Kerdthongmee, M. Nisoa, D. Srinoum, Pr. Kerdthongmee and J. Galakarn, ***Development of a Microwave Heating System using Slotted Waveguide Antenna***, Thai journal of physics series 4, 113 – 115(2009)
10. Pansak Kerdthongmee, Mudtorlep Nisoa and Dhammanoon Srinoum, ***Design of permanent-magnet compact helicon plasma source for ion beam breeding***, Advances in applied plasma science, vol.7,215-218(2009)
11. Mudtorlep Nisoa and Pikul Wanichapichart, ***Surface hydrophobic modification of cellulose membrane by plasma-assisted deposition of hydrocarbon films***, Songklanakarin J. Sci. Technol, 32(1), 97 -101 (2010)(SCOPUS)
12. P. Kerdthongmee ,I D. Srinoum and M. Nisoa, ***Development of compact high voltage switched mode power supply for microwave plasma sources supply for low pressure plasma***, JINST, 6, 2011(ISI: Impact factor 1.656)
13. P. Kerdthongmee, D. Srinoum and M. Nisoa, ***Development of a compact permanent magnet helicon plasma source for ion beam bioengineering***, Rev. Sci. Instrum. 82, 103503 (2011) (ISI: Impact factor 1.729)
14. Chontisa Sukkasem, Sunee Laehlah, Adilan Hniman, Sompong O'thong, Piyaat Boonsawang, Athirat Rarnngarong, Mudtorlep Nisoa and Pansak Kirdthongmee, ***Upflow Bio-Filter Circuit (UBFC): Biocatalyst Microbial Fuel Cell (MFC) Configuration and Application for Biodiesel Wastewater Treatment***, Bioresource Technology 102 (2011) 10363–10370(ISI: Impact factor 5.172)
15. Narumol Matan, Nirundorn Matan and Mudtorlep Nisoa, ***Enhancement of antifungal activity of clove oil against Aspergillus niger on the surface of rubberwood (Hevea brasiliensis) using low pressure RF plasma***, Journal of Essential Oil Research 17, 2011(abstract) (ISI:Impact factor: 0.643)
16. Kitiya Suhem, Wassana Nilrath, Narumol Matan and Mudtorlep Nisoa, ***Effect of microwave and sun drying on the quality of red chili***, International Journal of Food Science Technology and Nutrition 5(2): 29-40, 2011
17. Narumol Matan, Nirundorn Matan, Mudtorlep Nisoa, Saifon Phothisuwan, ***Effect of low pressure RF plasma containing clove oil against the growth formation by Aspergillus niger in culture media***, Acta Horticulturae, 2011(SCOPUS)
18. Praphatsorn Jaroenkit, Narumol Matan and Mudtorlep nisoa, ***In vitro and in vivo of citronella oil for the control of spoilage bacteria of semi dried round scad (Decapterus maruadsi)***, International Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 1(3), 234-239, 2011
19. อภินันท์ ปลอดแก้ว และหมุดตอเล็บ หนิสอ, ***การจำลองคลื่นไมโครเวฟแบบ 3 มิติในห้องคลื่นมัลติโหมดด้วย Meep***, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 17 (2555) 2 : 95-105(TCI)
20. ธรรมบุญ ศรีน่วม พันธุ์ศักดิ์ เกิดทองมี สัมภาส นิดเกตุ และหมุดตอเล็บ หนิสอ, ***การพัฒนาโมเดลขยายคลื่นวิทยุแบบพหุ-พหุ ความถี่ 118 เมกะเฮิรตซ์กำลัง 300 วัตต์ ประสิทธิภาพสูง***, วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ปีที่ 35 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2555(TCI)

21. Chantana Suwanchote, Jariya Weerakul, Chitnarong Sirisathitkul, and Mudtorlep Nisoa, ***Color and Hardness of Durian Chips Irradiated by Controlled Low Power Microwave***, Food Sci. Biotechnol. 21(6): 1767-1770 (2012) (ISI: Impact factor 0.695)
22. Kitiya Suhem, Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa, Nirundorn Matan. 2013 ***In vitro and in vivo antifungal activities of various gas species under plasma jet treatment against brown rice cereal spoilage molds***, International Food Research Journal, Volumn 20(2), p.947-951(SCOPUS)
23. Kitiya Suhem, Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa, Nirundorn Matan, ***Inhibition of Aspergillus flavus on agar media and brown rice cereal bars using cold atmospheric plasma treatment***, International Journal of Food Microbiology, Volume 161, Feb. 2013 (ISI: Impact factor 3.847)
24. Kitiya Suhem, Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa and Nirundorn Matan, ***Low pressure RF plasma effects on the mould control, physical quality, nutritional value, mineral content and trace element content of a brown rice snack bar***, Journal of Food and Nutrition Research, Vol. 52, 2013, No. 2, pp. 87–94 (ISI: Impact factor 0.679)
25. Jaroenkit, P., Matan, N. and Nisoa, M., ***Microwave drying of cooked brown rice and the effect on the nutrient composition and trace elements***, International Food Research Journal 20(1): 351-355 (2013) (SCOPUS)
26. Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa and Nirundorn Matan, ***Antibacterial activity of essential oils and their main components enhanced by atmospheric RF plasma***, Food Control, 39 (2014) 97-99 (ISI: Impact factor 2.738)
27. Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa, Nirundorn Matan and Tanong Aewsiri, ***Effect of cold atmospheric plasma on antifungal activities of clove oil and eugenol against molds on areca palm (Areca catechu) leaf sheath***, International Biodeterioration & Biodegradation 86 (2014) 196-201 (ISI: Impact factor 2.059)

3.1.2 บทความวิจัยเสนอในการประชุมวิชาการและมีการพิมพ์รวมเล่ม

1. M. Nisoa and et.al., ***Microwave heating of materials***: Proceeding of the 29th congress on science and technology of Thailand, Thailand, 24 – 26 October 2003
2. P. Kirdtongmee, M. Nisoa and et.al., ***Atmospheric microwave glow plasma for ozonization***: Proceeding of the 29th congress on science and technology of Thailand, Thailand, 24 – 26 October 2003
3. M. Nisoa, D. Srinoum and P. Kerdthongmee, ***Development of High-Voltage High-Frequency Resonant Inverter Power Supply for Atmospheric Surface Glow Barrier Discharges***, 2nd International Workshop on Particle Beams & Plasma Interaction on Materials and 2nd Asia Symposium on Ion & Plasma Surface Finishing, Chiang Mai, Thailand, November 2004
4. M. Nisoa and et.al., ***Atmospheric glow barrier discharge for high-efficiency ozone production***, International meeting on frontier physics 2005, Kuala-lumpur, Malaysia, 25-29 July 2005
5. P. Kerdthongmee and M. Nisoa, ***Development of compact cylindrical microwave plasma source for ion beam production***, International meeting on frontier of physics 2005, Kuala-lumpur, Malaysia, July 2005

6. Y. Pianroj, P. Keardthongmee and M. Nisoa, ***Automatic Microwave Fishes Drying System using Feedback Control of Surface Temperature from Infrared Sensor***, Siam Physics Congress 2006, March 2006, Chonburi, Thailand
7. P. Keardthongmee, D. Srinuam, Ch. Tehsanu and M. Nisoa, ***Development of compact high voltage swithching power supply for CW mode microwave generator***, Siam Physics Congress 2006, Chonburi, 23 – 25 March 2006
8. M. Nisoa, Y. Pianroj, P. Keardthongmee, Pr. Keardthongmee and J. Galakarn, ***Development of microwave system for high-efficient drying technology for fishes***, Siam Physics Congress 2006, March 2006, Chonburi, Thailand
9. Pr. Keardthongmee, D. Srinuam and M. Nisoa, ***Production of ozone by using atmospheric surface glow barrier discharge for post-harvest technology of fruits and vegetables***, Siam Physics Congress 2006, March 2006, Chonburi, Thailand
10. M. Nisoa, Pa. Kerdthongmee, Pr. Kerdthongmee, D. Srinoum, C. Tehsanu and J. Galakarn, ***Development of a RF and DC Magnetron Sputtering Plasma for Material Processing***, Siam Physics Congress 2007, March 2007, Nakorn Pathom, Thailand
11. M. Nisoa, Y. Pianroj, Pa. Kerdthongmee, Pr. Kerdthongmee, N. Kuaklung and J. Galakarn, ***Development of a Microwave System for Highly-Efficient Drying of Fish***, Siam Physics Congress 2007, March 2007, Nakorn Pathom, Thailand
12. M. Nisoa, C. Tehsanu, Pa. Kerdthongmee, Pr. Kerdthongmee, D. Srinoum, N. Kuaklung and J. Galakarn, ***Development of Constant Current Source for Experimental Physics***, Siam Physics Congress 2007, March 2007, Nakorn Pathom, Thailand
13. Pa. Kerdthongmee, M. Nisoa, D. Srinoum, Pr. Kerdthongmee and J. Galakarn, ***Development of a Compact Microwave Plasma Source for Material Processing***, Siam Physics Congress 2007, March 2007, Nakorn Pathom, Thailand
14. R. Sangkam, P. Wanichapichart, W. Taweepreeda, M. Nisoa and P. Kerdthongmee, ***Physical Properties of Chitosan Membranes Modified by Argon Plasmas***, Siam Physics Congress 2007, March 2007, Nakorn Pathom, Thailand
15. M. Nisoa, Pa. Kerdthongmee, D. Srinoum, Pr. Kerdthongmee and J. Galakarn, ***Production of Ozone by Using Atmospheric Surface Glow Barrier Discharges for Post-harvest Technology of Fruit and Vegetables***, 3rd International Conference on the Frontiers of Plasma Physics and Technology, March 2007, Bangkok, Thailand
16. Pa. Kerdthongmee, D. Srinoum, Pr. Kerdthongmee, K. Kuaklung, J. Galakarn, and M. Nisoa, ***Development of Compact Microwave Plasma Source for Material Processing***, 3rd International Conference on the Frontiers of Plasma Physics and Technology, March 2007, Bangkok, Thailand
17. M. Nisoa and et.al., ***Physics and Technology of Microwave: High-efficient use of energy for Thai industries***, Proceeding of the 33th congress on science and technology of Thailand, Thailand, October 2007
18. P. Kirdthongmee, M. Nisoa and et.al., ***Development of a microwave heating system for dried-process study***, Proceeding of the 33th congress on science and technology of Thailand, Thailand, October 2007

19. Pa. Kerdthongmee, D. Srinoum, Pr. Kerdthongmee, J. Galakarn, and M. Nisoa, ***Development of a Microwave Heating System using Slotted Waveguide Antenna***, Siam Physics Congress 2008, March 2008, Nakorn Ratchasima, Thailand
20. D. Srinoum, Pr. Kerdthongmee, J. Galakarn, Pa. Kerdthongmee, and M. Nisoa, ***Development of high-power solid state RF amplifier for SIAM synchrotron light source***, Siam Physics Congress 2008, March 2008, Nakorn Ratchasima, Thailand
21. Pr. Kerdthongmee, D. Srinoum, J. Galakarn, Pa. Kerdthongmee, and M. Nisoa, ***Development of Microwave system for undergraduate laboratory in physics and engineering***, Siam Physics Congress 2008, March 2008, Nakorn Ratchasima, Thailand
22. M. Nisoa and Pr. Kerdthongmee, ***Physics of Microwave for Undergraduate Laboratory***, Siam Physics Congress 2009, March 2009, Cha-am, Phetchburi, Thailand
23. A. Plodkeaw and M. Nisoa, ***Physics and Mathematical Modeling of RF Energy Absorption by Larvae in Rambutan Fruit***, Siam Physics Congress 2009, March 2009, Cha-am, Phetchburi, Thailand
24. D. Srinoum, M. Nisoa, P. Kerdthongmee and S. Cheedket, ***Development of 118 MHz High Power Solid State RF Amplifier For Siam Photon Source***, Siam Physics Congress 2009, March 2009, Cha-am, Phetchburi, Thailand
25. K. Meebunmak, P. Kerdthongmee and M. Nisoa, ***Microwave Vacuum Drying System for Swiftlet's Nest***, Siam Physics Congress 2009, March 2009, Cha-am, Phetchburi, Thailand
26. P. Kerdthongmee, D. Srinoum and M. Nisoa, ***Characteristics of Permanent-Magnet Compact Helicon Plasma Source***, Siam Physics Congress 2009, March 2009, Cha-am, Phetchburi, Thailand
27. Pr. Kerdthongmee and M. Nisoa, ***Development of Microwave Drying System for Rubber Wood***, Siam Physics Congress 2009, March 2009, Cha-am, Phetchburi, Thailand
28. A. Plodkeaw and M. Nisoa, ***Physics and mathematical modeling of rf energy absorption by dielectric materials***, International Workshop on Plasma Diagnostics and Applications, July 2009, National Institute of Education NTU, Singapore
29. D. Srinoum, M. Nisoa, ***Development of 13.56 MHz High Power Solid State RF Amplifier for plasma production***, International Workshop on Plasma Diagnostics and Applications, July 2009, National Institute of Education NTU, Singapore
30. M. Nisoa, D. Srinoum and Pr. Kerdthongmee, ***Characteristics of atmospheric plasma jet produced by resonant inverter power supply***, International Workshop on Plasma Diagnostics and Applications, July 2009, National Institute of Education NTU, Singapore
31. Pr. Kerdthongmee and M. Nisoa, ***Compact microwave plasma source for material processing***, International Workshop on Plasma Diagnostics and Applications, July 2009, National Institute of Education NTU, Singapore

32. P. Kerdthongmee, and M. Nisoa, ***Microwave power system for plasma production***, International Workshop on Plasma Diagnostics and Applications, July 2009, National Institute of Education NTU, Singapore
33. หมุดตอสีบ หนิสอ, ***การพัฒนาเทคโนโลยีไมโครเวฟเพื่อการอบแห้งประสิทธิภาพสูง***, การประชุมวิชาการของเครือข่ายการวิจัยสถาบันอุดมศึกษา ปี 2552
34. P. Kerdthongmee, and M. Nisoa, ***Development of permanent-magnet compact helicon plasma source for ion beam breeding***, 10th International workshop on plasma-based ion implantation and deposition, National Institute for Space Research, Brazil, September 2009
35. P. Kerdthongmee, and M. Nisoa, ***Development of permanent-magnet compact helicon plasma source for ion beam breeding***, 10th International workshop on plasma-based ion implantation and deposition, National Institute for Space Research, Brazil, September 2009
36. P. Kerdthongmee, D. Srinoum and M. Nisoa, ***Design of Compact Permanent-Magnet Helicon Plasma Source for Ion Beam Breeding***, The 17th Annual Meeting of IAPS International Workshop 2010, Heaundae Centum Hotel, Busan
37. D. Srinoum, M. Nisoa and S. Chedket, ***Development of 2 kW, 118 MHz RF Power Source by Power Combinations Technique Using in Synchrotron Light Radiation***, Siam Physics Congress 2010, March 2010, Kanchanaburi, Thailand
38. P. Kerdthongmee, D. Srinoum and M. Nisoa, ***Development of Compact Helicon Plasma Source Generating at Very High Radio Frequency***, Siam Physics Congress 2010, March 2010, Kanchanaburi, Thailand
49. Pr. Kerdthongmee, K. Meebunmaak and M. Nisoa, ***Development of Herb Microwave Drying System***, Siam Physics Congress 2010, March 2010, Kanchanaburi, Thailand
40. A. Plodkeaw and M. Nisoa, ***S-Parameter to Measure the Complex Permittivity of Dielectric Material Model***, Siam Physics Congress 2010, March 2010, Kanchanaburi, Thailand
41. M. Nisoa, P. Kerdthongmee and D. Srinoum, ***Plasma-enhanced magnetron-sputtered deposition of platinum on powdered activated carbon for microbial fuel cell electrodes***, The 17th Annual Meeting of IAPS International Workshop 2010, Heaundae Centum Hotel, Busan
42. P. Kerdthongmee, D. Srinoum and M. Nisoa, ***Development of Compact Permanent Magnet Helicon Plasma Source for Plant Breeding***, International Workshop on Plasma Science and Applications 25-26 Oct. 2010, Xiamen, Fujian Province, China
43. M. Nisoa, D. Srinoum, P. Kerdthongmee and C. Sukkasem, ***Plasma-enhanced magnetron sputtered deposition of Cobalt on natural fiber for microbial fuel cell electrodes***, International Workshop on Plasma Science and Applications 25-26 Oct. 2010, Xiamen, Fujian Province, China
44. M. Nisoa, P. Kerdthongmee, D. Srinoum, C. Umongno and D. Boonyawan, ***Development of Cold Atmospheric Plasmas jet for Sterilization of Fruits and Packaging***, The 4th International Workshop on Plasma Application & Hybrid Functionally Materials, March 11-13, 2011, Convention Centre of Victoria University, Melbourne, Australia

45. Mudtorlep Nisoa, Priwan Kerdthongmee and Kesinee Meebunmaak, ***Development of microwave technology for agricultural industry***, SIAM Physics Congress , 23 – 26 March 2011, Pattaya (Invited talk)
46. Mudtorlep Nisoa, Dhammanoon Srinoum, Pansak Kerdthongmee and Chontisa Sukkasem, ***Development of natural fiber electrodes for microbial fuel cell by magnetron plasma sputtering***, SIAM Physics Congress , 23 – 26 March 2011, Pattaya
47. Kesinee Meebunmaak, Priwan Kerdthongmee and Mudtorlep Nisoa, ***Development of low-pressure microwave heating system for drying of swiftlet's nest***, SIAM Physics Congress , 23 – 26 March 2011, Pattaya
48. Pansak Kerdthongmee, Dhammanoon Srinoum and Mudtorlep Nisoa, ***Characteristics of compact permanent magnet helicon plasma source generating at very high radio frequency***, SIAM Physics Congress , 23 – 26 March 2011, Pattaya
49. Dhammanoon Srinoum, Mudtorlep Nisoa and Pansak Kerdthongmee, ***Development of 500 W, VHF Frequency RF power source using for helicon plasma***, SIAM Physics Congress , 23 – 26 March 2011, Pattaya
50. Priwan Kerdthongmee, Kesinee Meebunmaak and Mudtorlep Nisoa, ***Large scale microwave heating system for drying of herbs***, SIAM Physics Congress , 23 – 26 March 2011, Pattaya
51. Apinan Plodkeaw and Mudtorlep Nisoa, ***Simulation of microwave propagation in multimode cavity mounted with antenna array***, SIAM Physics Congress , 23 – 26 March 2011, Pattaya
52. M. Nisoa, D. Srinoum and C. tesanu, ***Development of RF technology for plasma applications***, First Asian Workshop on Plasma Technology, 11 - 12 August 2011, Chiangmai, Thailand.
53. P. Kerdthongmee, D. Srinoum and M. Nisoa, ***Development of compact permanent magnet helicon plasma source for ion beam bioengineering***, First Asian Workshop on Plasma Technology, 11 - 12 August 2011, Chiangmai, Thailand.
54. Narumol Matan, Nirundorn Matan, Mudtorlep Nisoa, ***Antifungal activity of an areca palm (Areca Catechu) leaf sheath treated with low pressure RF plasma in volatile clove oil atmospheres***, European Symposium on Food Safety, Warsaw, Poland 21-23 May 2012
55. Kitiya Suhem, Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa, Nirundorn Matan, ***Control of Aspergillus flavus in brown rice cereal using air plasma jet treatment***, European Symposium on Food Safety, Warsaw, Poland 21-23 May 2012
56. Praphatsorn Jaroenkit, Narumol Matan, Mudtorlep nisoa, ***Control of food-borne pathogens in semi dried round scad fish (Decapterus maruadsi) using UV-C irradiation***, International Conference on Agriculture and Agro-Industry (food, health and trade), Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 19-20 November 2010, Thailand
57. Kitiya Suhem, Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa, Nirundorn Matan, ***Effect of low pressure RF plasma on mineral content and other quality parameters of rice snack bar***, International Food Conference 2011, Surabaya, Indonesia, 28-29 October 2011
58. Kitiya Suhem, Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa, Nirundorn Matan, ***The impact of a rice breakfast on the body mass index and grade point average of primary school children in Thailand. International***, Conference on Food Science and Nutrition Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia 1-4 April 2012

59. Apinun Plodkeaw and Mudtorlep Nisoa, ***3D simulations of microwave field in multimode cavity for industrial microwave by Meep***, Siam Physics Congress SPC2012, 9-12 May 2012, Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand
60. Arthit Panna, Apinun Plodkeaw and Mudtorlep Nisoa, ***Design of waveguide for high efficiency of microwave power transfer***, Siam Physics Congress SPC2012, 9-12 May 2012, Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand
61. Praiwan Kerdtongmee, and Mudtrolep Nisoa, ***Microwave heating systems for weevil control***, Siam Physics Congress SPC2012, 9-12 May 2012, Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand
62. M. Nisoa, D. Srinoum and C. tesanu, Na Matan and Ni Matan, ***Development of RF technology for cold atmospheric plasma jet productions***, Siam Physics Congress SPC2012, 9-12 May 2012, Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand
63. Mudtorlep Nisoa, Thammanoon Srinuam, Chalerm Tehsanu Narumol Matan, Nirundorn Matan, ***Development of cold atmospheric plasma jet for sterilization of foods***, Advanced Plasma Technology for Green Energy an Medical Applications (APT2012) จ. เชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 24 - 26 สิงหาคม 2555
64. Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa, Nirundorn Matan, ***Synergistic effect of atmospheric argon plasma treatment on antibacterial activity of volatile clove oil against Escherichia coli***, Advanced Plasma Technology for Green Energy an Medical Applications (APT2012) จ. เชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 24 - 26 สิงหาคม 2555
65. Kitiya Suhem, Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa, Nirundorn Matan, ***Modeling of atmospheric plasma effect on germination of Aspergillus flavus based on response surface methodology***, Advanced Plasma Technology for Green Energy an Medical Applications (APT2012) จ. เชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 24 - 26 สิงหาคม 2555
66. Narumol Matan, Saifon Phothisuwan, Mudtorlep Nisoa, Nirundorn Matan, ***Combined effects of using essential oils and argon plasma on the antifungal activities of an areca palm (Areca catechu) leaf sheath***, International conference on microbial taxonomy, basic and applied microbiology, 4-6 October 2012, Khon Kaen, Thailand
67. Kitiya Suhem, Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa, Nirundorn Matan, ***Effects of atmospheric argon plasma, infrared-radiation, and UV-C radiation on the germination of Aspergillus flavus***, International conference on microbial taxonomy, basic and applied microbiology, 4-6 October 2012, Khon Kaen, Thailand
68. Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa and Nirundorn Matan, ***Enhancement in antibacterial activity of essential oil using atmospheric pressure plasma***, International conference on antimicrobial research, 21-23 November 2012, Lisbon, Portugal
67. Narumol Matan, Mudtorlep Nisoa and Nirundorn Matan, ***Enhancement of antifungal activity by using essential oil and atmospheric RF plasma on the surface of cellulose based food packaging***, International symposium for plasma biosciences-2013, 27-29 June, Jeju, South Korea
68. M. Nisoa, C. tesanu, K. Suhem, Na Matan and Ni Matan, ***Characteristics of atmospheric plasma brush and its applications in biotechnology***, Siam Physics Congress SPC2013, 21-23 March 2013, Chiang Mai, Thailand

69. Praiwan Kerdthongmee, S. Sommano and Mudtorep Nisoa, **Development of microwave heating system for Jasmine essential oil extraction technology**, Siam Physics Congress SPC2013, 21-23 March 2013, Chiang Mai, Thailand
70. Arlee Tamman, Thawatchai Onjun and Mudtorep Nisoa, **Preliminary study of plasma focus for ^{18}F production**, Siam Physics Congress SPC2013, 21-23 March 2013, Chiang Mai, Thailand
71. D. Boonthum, A. Panna and M. Nisoa, **Measurement of high-power microwave in cavity by using loop antenna and water load**, Siam Physics Congress SPC2013, 21-23 March 2013, Chiang Mai, Thailand
72. M. Nisoa, C. tesanu, K. Suhem, Na Matan and Ni Matan, Atmospheric plasma brushes and their applications in food technology, International conference on plasma science and application 2013, 4-6 December 2013, Singapore (Invited talk)
73. Arlee Tamman, Mudtorep Nisoa and Thawatchai Onjun, Preliminary Studies of small Plasma Focus for ^{18}F Production, International conference on plasma science and application 2013, 4-6 December 2013, Singapore (Poster)
74. M. Nisoa, C. tesanu, K. Suhem, Na Matan and Ni Matan, **Current status of atmospheric cold plasma sources for agricultural application**, Siam Physics Congress SPC2014, 26-29 March 2014, Nakhon Ratchasima, Thailand (Oral)
75. M. Nisoa, Pr. Kerdthongmee, A. Panna, A. Plodkeaw and S. Cheedket, **Engineering physics research: a case study of high-efficient microwave heating technology for agricultural applications**, Siam Physics Congress SPC2014, 26-29 March 2014, Nakhon Ratchasima, Thailand (Poster)
76. Arlee Tamman, Thawatchai Onjun and Mudtorep Nisoa, **Plasma Focus Capability used as an ion source**, Siam Physics Congress SPC2014, 26-29 March 2014, Nakhon Ratchasima, Thailand (Poster)
77. D. Boonthum, A. Panna and M. Nisoa, **Measurement of high-power microwave in cavity by using monopole antenna**, Siam Physics Congress SPC2014, 26-29 March 2014, Nakhon Ratchasima, Thailand (Poster)

3.1.3 ผลงานวิชาการอื่นๆ

3.1.3.1 รายงานการวิจัย

1. หมุดตอเลียบ หนิสอ และคณะ, **การพัฒนาไอออนบีมสำหรับการเขาระงับในโซลาร์เซลล์แบบคลื่นแบนวิฟเฟสที่ 1**, 1 พฤศจิกายน 2545 ถึง 30 กรกฎาคม 2548, สกว., 145 หน้า
2. หมุดตอเลียบ หนิสอ และคณะ, **การพัฒนาระบบเครื่องกำเนิดไอโซนโดยใช้เทคนิค Barrier discharge สำหรับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเงาะ พุริยณ และพืช ผักของกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดนครศรีธรรมราชและสุราษฎร์ธานี**, 1 มิถุนายน 2547 ถึง 1 มิถุนายน 2548, สกอ., 176 หน้า
3. หมุดตอเลียบ หนิสอ และคณะ, **การพัฒนาไอออนบีมสำหรับการเขาระงับในโซลาร์เซลล์แบบคลื่นแบนวิฟเฟสที่ 2**, 15 กันยายน 2548 ถึง 15 กันยายน 2549, สกว., 172 หน้า

4. หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ, **การพัฒนาเครื่องอบแห้งโดยใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมทำปลาแห้งของเกษตรกรรายย่อยในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช**, 1 เมษายน 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549, สกอ., 63 หน้า
5. หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ, **การพัฒนาไอออนบีม ความหนาแน่น และความคมสูง ของอะตอมธาตุต่างๆ**, 15 กันยายน 2549 ถึง 15 กันยายน 2550, สกว., 180 หน้า
6. หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ, **การพัฒนาระบบทำปลาแห้งกึ่งอัตโนมัติด้วยคลื่นไมโครเวฟ**, 4 มิถุนายน 2550 ถึง 30 ตุลาคม 2551, สกอ., 75 หน้า
7. หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ, **การพัฒนาระบบอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟเพื่อใช้ในเครื่องทำอาหารสัตว์อัดเม็ด**, มิถุนายน 51 – สิงหาคม 52, บริษัทไทรอัมพ์เอ็นจิเนียริง, 43 หน้า
8. หมุดตอเล็บ หนิสอ และ คณะ, **การพัฒนาเครื่องกำเนิดคลื่นวิทยุเพื่อกำหนดผลสมาในการทำความสะอาดอุปกรณ์การแพทย์**, ต.ค. 51 – ต.ค. 52, วช., 41 หน้า
9. หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ, **การพัฒนาชุดขยายคลื่นวิทยุซิลิคอนแบบมอดูลาร์ความถี่ 118 เมกะเฮิร์ต ขนาด 2.5 กิโลวัตต์**, พ.ย. 50 – พ.ย. 52, สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน, 68 หน้า
10. หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ, **เครื่องแยกสเปกตรัมของรากาเม็กซ์ด้วยเทคโนโลยีไซโคลนและพลังงานไมโครเวฟ**, มิ.ย. 52 – ก.พ. 53, วช., 5 หน้า
11. หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ, **การพัฒนาเทคโนโลยีคลื่นวิทยุและคลื่นไมโครเวฟเพื่อการประยุกต์ทางกลกรรม**, ก.พ. 52 – ก.พ. 53, ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ สกอ., 50 หน้า
12. หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ, **การพัฒนาแหล่งกำเนิดไอออนบีมความหนาแน่นสูงเพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืชและการปรับปรุงเมมเบรน**, ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ สกอ., 24 หน้า

3.1.3.2 สิทธิบัตร

1. พันธุ์ศักดิ์ เกิดทองมี หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ, **เครื่องอบแห้งนกแอ่นด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ความดันต่ำ**, ยื่นคำขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญาเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2551 เลขที่คำขอ 0801003222

3.1.3.2 อนุสิทธิบัตรและสิทธิบัตร

1. ไพรวัดย์ เกิดทองมี หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ, **เครื่องให้ความร้อนเมลามีนด้วยคลื่นไมโครเวฟ**, อนุสิทธิบัตรเลขที่ 6562, 5 กันยายน 2554 - วันที่ 6 กันยายน 2559
2. ไพรวัดย์ เกิดทองมี หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ, **เครื่องอบแห้งลูกเคียวสำหรับแปรรูปด้วยคลื่นไมโครเวฟ**, อนุสิทธิบัตรเลขที่ 8004, 8 เมษายน 2556 - วันที่ 12 มีนาคม 2561
3. ไพรวัดย์ เกิดทองมี หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ, **เครื่องให้ความร้อนวัสดุผสมยางก่อนขึ้นรูปด้วยคลื่นไมโครเวฟ**, ยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตรการประดิษฐ์ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญาเมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2553 เลขที่คำขอ 1003001271

3.2 ประเภทหนังสือ ตำรา เอกสารคำสอน

1. หมุดตอเล็บ หนิสอ, **ฟิสิกส์ 1**, วิชา 1201-101 ฟิสิกส์ 1, 99 หน้า

2. หมุดตอเล็บ นิสอ, ฟิสิกส์ 2, วิชา 1201-103 ฟิสิกส์ 2

3.3 บทความวิชาการ -

3.4 บทความทั่วไป

1. วิทยาศาสตร์รอบตัว: น้ำตอนที่ 1, วารสาร science world, ปีที่1, ฉบับที่1, พฤษภาคม 2548, บริษัทบงกช พับลิชชิ่ง จำกัด-วิทยาศาสตร์รอบตัว: น้ำตอนที่ 1, วารสาร science world, ปีที่1, ฉบับที่1, พฤษภาคม 2548, บริษัทบงกช พับลิชชิ่ง จำกัด
2. วิทยาศาสตร์รอบตัว: น้ำตอนที่ 2, วารสาร science world, ปีที่1, ฉบับที่2, มิถุนายน 2548, บริษัทบงกช พับลิชชิ่ง จำกัด
3. วิทยาศาสตร์รอบตัว: น้ำตอนที่ 3, วารสาร science world, ปีที่1, ฉบับที่3, กรกฎาคม 2548, บริษัทบงกช พับลิชชิ่ง จำกัด
4. วิทยาศาสตร์รอบตัว: แสงตอนที่1 ธรรมชาติของแสง, วารสาร science world, ปีที่1, ฉบับที่4, สิงหาคม2548, บริษัทบงกช พับลิชชิ่ง จำกัด
5. วิทยาศาสตร์รอบตัว: แสงตอนที่2 เมื่อแสงเป็นคลื่น, วารสาร science world, ปีที่1, ฉบับที่5, กันยายน 2548, บริษัทบงกช พับลิชชิ่ง จำกัด
6. วิทยาศาสตร์รอบตัว: แสงตอนที่3 เมื่อแสงเป็นอนุภาค, วารสาร science world, ปีที่1, ฉบับที่6, ตุลาคม 2548, บริษัทบงกช พับลิชชิ่ง จำกัด
7. วิทยาศาสตร์รอบตัว: ฟิสิกส์ของการทำปลาแห่งด้วยคลื่นไมโครเวฟ, วารสาร science world, ปีที่ 2, ฉบับที่ 19, พฤศจิกายน 2549, บริษัทบงกชพับลิชชิ่ง จำกัด
8. วิทยาศาสตร์รอบตัว: ไอโซน, วารสาร science world, ปีที่ 2, ฉบับที่ 20, ธันวาคม 2549, บริษัทบงกชพับลิชชิ่ง จำกัด

3.5 งานวิชาการประเภทอื่นๆ (เช่นสิ่งประดิษฐ์ สิทธิบัตร ฯลฯ) -

- 3.5.1 ชุดทดลองเพื่อศึกษาฟิสิกส์และเทคโนโลยีไมโครเวฟ
- 3.5.2 ชุดทดลองเพื่อศึกษากฎของฟาราเดย์

4. งานวิชาการในปัจจุบัน

การกำเนิดพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ, การกำเนิดและควบคุมไอออนความหนาแน่นสูง, การวัดคุณสมบัติพลาสมา และ Plasma modeling, การพัฒนาเทคโนโลยีพลาสมาสำหรับสิ่งแวดล้อมและการเกษตร การศึกษาฟิสิกส์ของDust plasma การพัฒนาฟิสิกส์และเทคโนโลยีไมโครเวฟ การพัฒนาแบบจำลองของอันตรกิริยาระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัสดุ

5. รางวัลและทุนที่เคยได้รับ

- | | |
|-------------|--|
| 2529 - 2533 | ทุนโครงการ พสวท. |
| 2534 - 2535 | ทุน Monbusho ของรัฐบาลญี่ปุ่น |
| 2536 - 2537 | ทุน บริษัทกระจกอาซาฮี ของญี่ปุ่น |
| 2538 - 2542 | ทุนโครงการ พสวท. |
| 2549 | ทุนช่วยเหลือทางด้านวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มูลนิธิโทร เพื่อการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ ประเทศไทย |
| 2551 | รางวัลอาจารย์ดีเด่นด้านการวิจัยประจำปีการศึกษา 2550 ของมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 2555 | รางวัลขวัญใจมหาชน คน มวล. |

