รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ต้นแบบแผ่นบำบัดร้อน – เย็น จากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

Prototype of thermo – cryotherapy pad from thermoelectric module

นางสาวอาภาภรณ์ สกุลการะเวก

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ต้นแบบแผ่นบำบัดร้อน – เย็น จากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

Prototype of thermo – cryotherapy pad from thermoelectric module

นางสาวอาภาภรณ์ สกุลการะเวก

หมู่.....
เลขทะเบียน 143537
วัน.เดือน.ปี 17 มิ.ย. 2559

b 12793462
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ..ต้นแบบแผ่นบำบัดร้อน – เย็น จากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล.....
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้.....
ประจำปีงบประมาณ.....2556.....,..... จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000.....บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย.....1..... ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2555 ....ถึง 30 กันยายน 2556.....
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด
นางสาวอาภาภรณ์ สกุลการะเวก คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์นำเทอร์โมอิเล็กทริกส์มาทดลองและออกแบบต้นแบบแผ่นบำบัดร้อน-เย็น ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดการใช้งาน ผู้วิจัยเลือกเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น เพื่อมาทดสอบความสามารถในการทำความเย็น พบว่าเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 2 ชั้น สามารถทำความเย็นได้ดีกว่าแบบ 1 ชั้น แต่เมื่อพิจารณาในด้านราคาพบว่าเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 1 ชั้น มีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์สำหรับการออกแบบแผ่นบำบัดมากกว่า ดังนั้นแผ่นบำบัดจึงประกอบด้วยเทอร์โมอเล็กทริกส์โมดูลแบบ 1 ชั้นต่ออนุกรมกัน 3 ตัว โดยมีระบบระบายความร้อนเป็นน้ำที่ไหลผ่านครีบอะลูมิเนียมบรรจุอยู่ในซิลิโคนแบบอ่อน ระบบทั้งหมดบรรจุอยู่ในผ้าคอตตอนที่สามารถถอดออกได้ ผลการทดสอบพบว่าเมื่อจ่ายไฟกระแสตรงขนาด 12 โวลต์ให้กับระบบ จะสามารถทำความร้อนสูงสุดได้ 47 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 6 องศาเซลเซียสโดยใช้เวลาประมาณ 4 นาทีจึงเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุล

คำสำคัญ : เทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูล, การทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์, แผ่นบำบัดร้อน-เย็น,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: **Prototype of thermo – cryotherapy pad from thermoelectric module**

Researcher: **Miss Aparporn Sakulkalavek**

Faculty: **Science** **Department:** **Physics**

ABSTRACT

In this study, we design a prototype hot/cold pad using thermoelectric (TE) modules for generate the different temperature. Our design hot/cold pad consists of a series of three TE modules and cooling system using water flow through aluminum fin in soft silicone. Overall system is inserted in cotton cloth that can be removed for washing. When we apply 12V dc to the prototype system, it can be heated to the maximum temperature at 47 °C and cool down to the minimum temperature at 6 °C within 4 minutes to steady state. The prototype can control and keep the temperature steadily during work. Two kinds of TE modules, 1 stack and 2 stacks were studied for cooling capability. It was found that the 2 stack TE modules can be better cooling capability than the 1 stack TE module. However, we chose the 1 stack TE module for our hot/cold pad design because it is cheaper than the 2 stack TE module.

Keywords : thermoelectric module, thermoelectric cooling, cryotherapy pad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณ นักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ ชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2556 ที่ช่วยเก็บข้อมูลและจัดเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

อาภาภรณ์ สกุลการะเวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 5

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริค (Thermoelectric Effect) 6

2.2 หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริค 8

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย 13

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย 13

3.2 วิธีการทดลอง 16

บทที่ 4 ผลการวิจัย 18

4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูล 18

4.1.1 สัมประสิทธิ์ซีเบค 18

4.1.2 ค่าความต้านทานภายในของเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูล 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ความสามารถในการทำความเย็น 21
4.3 การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นบำบัดร้อน – เย็น 25

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 27
เอกสารอ้างอิง 28
ประวัตินักวิจัย 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 ความสามารถในการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูล.....23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 1

2 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect) 6

3 ปรากฏการณ์เพลเทียร์ทางเทอร์โมไดนามิก 7

4 ภาพตัดขวางของเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูล 9

5 ไดอะแกรมการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริค (Refrigerator) 10

6 เทอร์โมอิเล็กทริค DT6-6L 82VDC 46W(C) 13

7 เทอร์โมอิเล็กทริค TEC2-71-31-04 14

8 แหล่งจ่ายกระแสไฟตรงรุ่น GWINSTEK GPS3303 และ MCP S303E 14

9 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ LUTRON TM - 9475D และ เทอร์โมคัปเปิ้ล TYPE-K 15

10 ทองแดงที่ทำหน้าที่เป็นฮีตท์ซิงค์ 15

11 แผ่นทองแดงที่ประกบติดเทอร์โมอิเล็กทริคชั้นบนสุด 15

12 มัลติมิเตอร์ FULKE รุ่น115 16

13 เทอร์โมอิเล็กทริค DT6-6L 82VDC 46W(C) 13

14 เทอร์โมอิเล็กทริค TEC2-71-31-04 14

15 ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิและความต่างศักย์ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์แบบ 1 ชั้น 18

16 ความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิและความต่างศักย์ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์แบบ 2 ชั้น 19

17 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Power) และ ความต้านทานภายนอก (R_{load}) ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์แบบ 1 ชั้น 20

18 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Power) และ ความต้านทานภายนอก ( ) ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์แบบ 2 ชั้น 20

19 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านเย็น ( ) และเวลาของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 1 ชั้น 21

20 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านเย็น( ) และเวลาของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 2 ชั้น 22

21 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายใน กับ อุณหภูมิ T(K) ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 1 ชั้น 23

22 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายใน r กับ อุณหภูมิ (K) ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 2 ชั้น 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

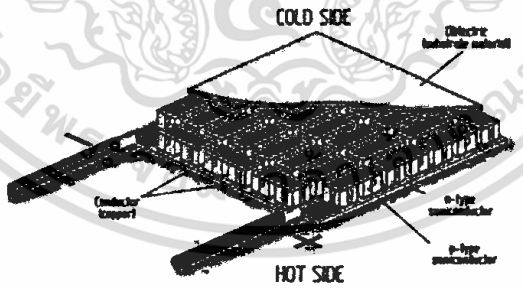
23 รูปแบบแผ่นบำบัดร้อน- เย็น 25
24 ผ้าคอตตอน 26
25 อุณหภูมิด้านร้อน-เย็นของแผ่นบำบัด 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) หรือ ภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Climate Change) เป็นปัญหาใหญ่ของโลกเราในปัจจุบัน สังเกตได้จากอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้นเรื่อยๆ สาเหตุหลักของการเกิดภาวะโลกร้อน คือ ปัญหาก๊าซเรือนกระจก(Greenhouse gases) ซึ่งมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อให้เกิดพลังงาน หลายประเทศในโลกกำลังเร่งหามาตรการควบคุม โดยมาตรการกีดกันทางการค้าก็เป็นมาตรการหนึ่งที่มีแนวโน้มจะนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอนาคต และถึงแม้ประเทศไทยจะยังไม่ได้ถูกบังคับใช้มาตรการดังกล่าวในปัจจุบัน แต่ก็ควรต้องดำเนินการพัฒนาและส่งเสริมพลังงานทดแทน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการลดก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งเป็นจุดเริ่มต้นให้ประเทศไทยเริ่มก้าวสู่เส้นทางของการเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ (Low carbon society) ดังนั้นหัวข้องานวิจัยที่เกี่ยวกับพลังงานสะอาดจึงเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หนึ่งในนั้นคืองานวิจัยด้านวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถผลิตไฟฟ้าจากความร้อน ในทางตรงข้ามยังเป็นวัสดุที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้กลายเป็นความต่างของอุณหภูมิ (temperature gradient)



รูปที่ 1 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล [1]

การประกอบวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้เรียกว่า "เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล (Thermoelectric module)" เริ่มจากการนำวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก ชนิดเอ็น (N type) และชนิดพี (P type) มาต่อกันเป็นคู่ๆ โดยวางสลับกัน และมีโลหะขนาดเล็กเชื่อมต่อทั้งคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าด้วยกัน ซึ่งแต่ละคู่ที่ต่อกันจะมีการเชื่อมต่อกันแบบอนุกรมทางไฟฟ้าตั้งแต่ตัวแรกถึงตัวสุดท้ายดังแสดงในรูปที่ 1 เมื่อนำมาต่อเข้ากับโหลด (Load) หากมีกระแสไฟฟ้าไหลก็จะครบวงจร ที่ด้านบนและด้านล่างถูกประกบด้วยแผ่นเซรามิค ปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้าที่โมดูลผลิตได้เนื่องจากความต่างของอุณหภูมิระหว่างแผ่นด้านบนและด้านล่างขึ้นอยู่กับจำนวนคู่ของ พี- เอ็น ในโมดูลนั้น เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 1 ตัว อาจประกอบไปด้วยจำนวนคู่ พี- เอ็น ตั้งแต่ 3 ถึง 127 คู่ และสามารถทำงานที่อุณหภูมิแตกต่างกันได้มากถึง 70 องศาเซลเซียส [2] นอกจากนั้นเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลยังสามารถนำมาติดตั้งซ้อนกันเป็นชั้นทรงปิรามิดเพื่อเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น การทำเช่นนี้สามารถทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันได้มากที่สุด 130 องศาเซลเซียส [3]

การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล แบ่งเป็น 2 โหมดคือ โหมดแรก เรียกว่า “โหมดผลิตไฟฟ้า (Generator mode)” โดยให้ความต่างของอุณหภูมิบนแผ่นเซรามิคด้านบนและล่างทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลเนื่องจากพาหะข้างมาก (majority carriers) ในสารกึ่งตัวนำเหล่านั้น โดยในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นจะมีพาหะข้างมากเป็นอิเล็กตรอน (Electron) หรือประจุลบ เมื่อมีความร้อนที่ผิวด้านบนมากกว่าด้านล่าง การไหลของความร้อนจะทำให้เกิดการไหลของพาหะข้างมาก อิเล็กตรอนจะไหลจากผิวด้านบนไปสู่ด้านล่าง ส่วนในสารกึ่งตัวนำชนิดพี มีพาหะข้างมากเป็นโฮล (Hole) หรือประจุบวก เมื่อมีความร้อนที่ผิวด้านบนมากกว่าด้านล่าง โฮลก็จะไหลจากผิวด้านบนไปด้านล่างเช่นเดียวกัน ดังนั้นทิศทางของกระแสไฟฟ้าในเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจึงไหลตามกันไปในทิศเดียวกัน ส่วนการทำงานอีกโหมดหนึ่งในทางกลับกัน เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจะทำให้เกิดความร้อนและความเย็นเกิดขึ้นที่ผิวด้านบนและด้านล่าง เรียกว่า “โหมดผลิตความเย็นด้วยไฟฟ้า (Refrigerator mode)” แสดงในรูปที่ 3 เมื่อมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากภายนอก เช่น แบตเตอรี่ จะทำให้เกิดความแตกต่างของความร้อนและความเย็นที่ผิวแต่ละด้าน เนื่องจากกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของพาหะข้างมากซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดการนำความร้อนจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง

ข้อดีของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล คือ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถทำงานได้โดยที่ไม่มีส่วนใดเคลื่อนไหว ทำให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ทำงานเงียบ ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องคำนึงถึงขนาด และน้ำหนักเป็นสำคัญ เช่น การใช้งานอุปกรณ์บนยานอวกาศ การใช้เทอร์โมอิเล็กทริกในการทำความเย็นไม่จำเป็นต้องใช้สารทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน จึงไม่ทำลายชั้นบรรยากาศและไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม จากความสามารถที่โดดเด่นของเทอร์โมอิเล็กทริกทำให้มันถูกนำไปใช้งานต่างๆ หลากหลายประเภท เช่น ทางการแพทย์ อากาศยาน อุตสาหกรรม โทรคมนาคม เป็นต้น เนื่องจากความหลากหลายของรูปแบบการใช้งานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล ทำให้สามารถจัดกลุ่มรูปแบบการใช้งานได้ 3 รูปแบบใหญ่ๆ คือ การทำความเย็น การผลิตกระแสไฟฟ้า และการใช้เป็นเซนเซอร์ตรวจจับ

ในงานวิจัยนี้ สนใจการประยุกต์ใช้งานเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลในรูปแบบของการทำความเย็น โดยนำคุณสมบัติดังกล่าว มาประดิษฐ์ต้นแบบของแผ่นบำบัดร้อน-เย็น ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีจุดประสงค์เพื่อช่วยลดอาการบาดเจ็บเบื้องต้น ลดอาการเมื่อยล้า และยังช่วยในการทำกายภาพบำบัด โดยอาศัยคุณสมบัติของความร้อน และ ความเย็น ดังนี้

คุณสมบัติของความร้อน

ความร้อนมีคุณสมบัติในการขยายหลอดเลือด ทำให้เลือดไปเลี้ยงเนื้อเยื่อบริเวณนั้นมากขึ้น ทำให้ความหนืดของเลือดลดลง ส่งผลให้ปริมาณเม็ดเลือดแดงที่จะนำเอาออกซิเจนมากขึ้น เม็ดเลือดขาว และสารที่ใช้ในการซ่อมแซมเนื้อเยื่อมาบริเวณที่เกิดการบาดเจ็บมากขึ้น การถ่ายเทของเสียของเนื้อเยื่อดีขึ้น โดยเฉพาะการบาดเจ็บที่เกิดจากการขาดเลือด เช่นการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อที่นานเกินไป กล้ามเนื้อที่ใช้งานนานจากการทำงานหน้าคอมพิวเตอร์ แผลที่มีพังผืดรั้งหลังจากเกิดการบาดเจ็บสักระยะหนึ่ง ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ความร้อนสามารถช่วยลดอาการบาดเจ็บ ลดการเกิดพังผืดจากการบาดเจ็บ คลายกล้ามเนื้อ และยังช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือดในบริเวณนั้นๆ ได้อย่างเฉพาะที่และตรงจุด

คุณสมบัติของความร้อน

ความเย็นมีคุณสมบัติในการทำให้หลอดเลือดหดตัว เพิ่มความหนืดของเลือด ส่งผลทำให้เลือดแข็งตัว ลดการเผาผลาญของเซลล์บริเวณที่มีการบาดเจ็บ เป็นการช่วยลดการใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อซึ่งเป็นการช่วยชะลอความต้องการออกซิเจนของเนื้อเยื่อบริเวณที่มีการฉีกขาดของหลอดเลือดทำให้ลดการบาดเจ็บ นอกจากนี้ความเย็นยังมีผลช่วยลดความรู้สึกเจ็บปวดที่เกิดจากการหลั่งสารที่ทำให้เกิดความเจ็บปวดของร่างกาย และช่วยลดการนำกระแสประสาทที่รับรู้ความรู้สึกเจ็บปวดซึ่งทำให้เกิดอาการชา ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ความเย็นนำไปใช้ในกรณีที่มีการอักเสบที่เกิดจากการบาดเจ็บโดยทันทีทันใด ซึ่ง บริเวณเหล่านี้จะมีการฉีกขาดของเส้นเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสำรวจเบื้องต้น พบว่า แผ่นบำบัดร้อน – เย็น ที่มีขายทั่วไปในท้องตลาด สามารถแบ่งออกอย่างกว้างๆ ได้ 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 แผ่นบำบัดร้อน – เย็น ที่ทำจากสารเคมี เจล หรือแร่ธาตุ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ได้ทั้งเป็นแผ่นบำบัดร้อน และแผ่นบำบัดเย็น โดยเมื่อต้องการใช้เป็นแผ่นบำบัดร้อนจะต้องใส่น้ำร้อนหรือนำไปใส่ในไมโครเวฟ เมื่อต้องการใช้เป็นแผ่นบำบัดเย็น ต้องนำไปแช่ตู้เย็น หรือแช่น้ำแข็ง ข้อเสียของแผ่นบำบัดร้อน – เย็น แบบนี้คือ ไม่สะดวกในการใช้งาน และอุณหภูมิไม่คงที่ตลอดช่วงเวลาการใช้งาน

แบบที่ 2 แผ่นบำบัดร้อน – เย็น ที่ควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟฟ้า ส่วนใหญ่จะใช้เป็นแผ่นบำบัดร้อนได้เพียงอย่างเดียว

จากคุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล และข้อดีของการบำบัดร้อน –เย็น จึงมีแนวคิดที่จะประดิษฐ์แผ่นบำบัดร้อน – เย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล ซึ่งมีข้อได้เปรียบที่เหนือกว่าแผ่นบำบัดร้อน-เย็น ที่มีขายตามท้องตลาด คือ

1. ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้ทั้งความร้อนและความเย็นเพียงแค่พลิกด้าน โดยไม่จำเป็นต้องนำไปต้มหรือนำไปแช่ตู้เย็น
2. ให้อุณหภูมิที่คงที่ตลอดการใช้งาน
3. สามารถปรับอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นได้หลายระดับ โดยการปรับเปลี่ยนกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ดับโมดูล
4. พกพาสะดวก สามารถนำไปใช้ได้ทุกที่ แม้แต่บริเวณที่ไม่มีไฟฟ้า เช่น ในการเดินป่า หรือชนบทที่ไม่มีไฟฟ้า
5. อายุการใช้งานนาน สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
6. การออกแบบเน้นให้มีความยืดหยุ่น สามารถปรับให้เข้ากับตำแหน่งของร่างกายที่ต้องการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อประดิษฐ์แผ่นบำบัดร้อน – เย็น จากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ประดิษฐ์แผ่นบำบัดร้อน – เย็น จากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลขนาด 5 cm × 10 cm โดยใช้แหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่และมีช่วงอุณหภูมิใช้งานอยู่ระหว่าง 10 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ต้นแบบแผ่นบำบัดร้อน – เย็น จากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล และสามารถนำไปพัฒนาในเชิงพาณิชย์

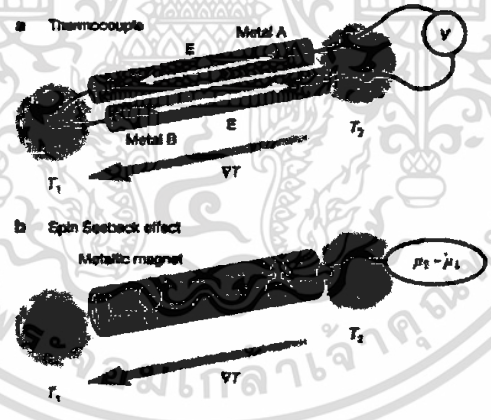
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริค (Thermoelectric Effect)

เป็นปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือในทางตรงกันข้าม พลังงานไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน โดยปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริคสามารถอธิบายได้ตามหลักการทำงานโดย 2 ปรากฏการณ์สำคัญ คือ ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect) และปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect)

ในปี ค.ศ. 1821 นักวิทยาศาสตร์ชาว เยอรมัน โทมัส ซีเบค (Thomas Seebeck) ได้ค้นพบว่า เมื่อปลายทั้งสองที่เชื่อมต่อกันของขดลวดโลหะ ซึ่งทำมาจากโลหะ 2 ชนิดที่ต่างกัน ถูกรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 4 จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Open Circuit Electromotive Force, E) ขึ้นในวงจร หรือเรียกว่า ซีเบคโวลท์เทจ (Seebeck Voltage) และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเรียกว่า ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)



รูปที่ 2 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)

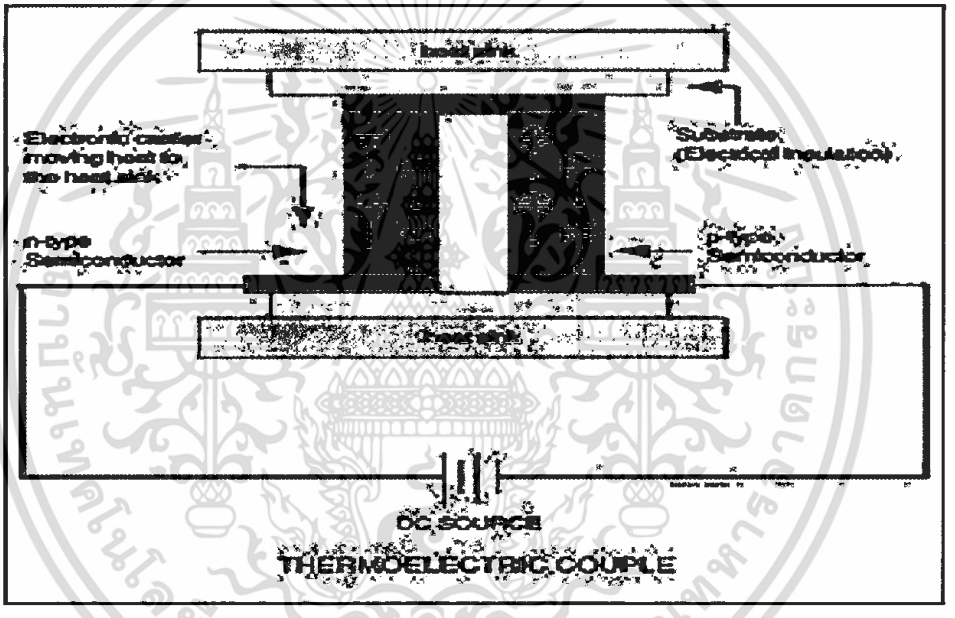
โดยค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ ΔT ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการความสัมพันธ์ดังสมการที่ (1)

$$E = \alpha \cdot \Delta T \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck Coefficient) มีหน่วยเป็น โวลท์/เคลวิน (V/K) ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck Coefficient) บอกถึงความต่างศักย์ที่โลหะเหนี่ยวนำเมื่อเกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ปลายทั้งสองของขดลวดต่างชนิดกันในวงจรแบบเปิด ณ อุณหภูมิที่กำหนด เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคมีค่าสูงขึ้นค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ต่อมาในปี ค.ศ. 1834 Jean Charles Athanase Peltier พบว่า เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกันกับที่ซีเบคสร้างขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3 จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ปลายขั้วทั้งสอง โดยที่ปลายข้างหนึ่งจะร้อนและปลายอีกข้างหนึ่งจะเย็น และได้เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect)



รูปที่ 3 ปรากฏการณ์เพลเทียร์ทางเทอร์โมไดนามิก

โดยค่าการทำความเย็นที่ปลายขั้วด้านเย็น (Q_C) จะแปรผันโดยตรงกับกระแสไฟฟ้า (I) ที่จ่ายเข้าในวงจรดังสมการที่ (2)

$$Q_C = \pi \cdot I \qquad (2)$$

โดยที่ π คือ ค่าสัมประสิทธิ์เพลเทียร์ (Peltier Coefficient) มีหน่วย วัตต์/แอมแปร์ (W/A) หรือ วัตต์ /โวลท์ (W/V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี ค.ศ. 1854 William Thomson หรือต่อมารู้จักกันในนาม Lord Kelvin เขาได้ศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคและสัมประสิทธิ์เพลเทียร์ โดยพบว่า สัมประสิทธิ์เพลเทียร์ คือ ผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบค และอุณหภูมิสัมบูรณ์ที่ปลายขั้วของขดลวดโลหะ (T) ดังสมการที่ (3)

$$\pi = \alpha \cdot T \tag{3}$$

และอธิบายสมการอัตราการดูดและคายพลังงานความร้อนได้ได้ดังนี้

อัตราการดูดพลังงานความร้อน

$$Q_C = \alpha T_C I - K(T_H - T_C) - 0.5I^2 r \tag{4}$$

อัตราการคายพลังงานความร้อน

$$Q_H = \alpha T_H I - K(T_H - T_C) + 0.5I^2 r \tag{5}$$

$\alpha T_x I$ คือ ปรากฏการณ์เพลเทียร์, $K(T_H - T_C)$ คือ การถ่ายเทความร้อนที่เกิดภายในของเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูล, $0.5I^2 r$ คือ ความร้อนที่เกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับตัวเทอร์โมอิเล็ก ทริคโมดูล

ประสิทธิภาพในการทำความเย็น

$$COP = \frac{Q_C}{P_{in}} \text{ และ } COP_{\max} = \frac{T_C}{T_H - T_C} \tag{6}$$

กระแสไฟฟ้าสูงสุดในการดึงความร้อน

$$I_{\max} = 0.5\frac{T}{r} \tag{7}$$

สมการการต่อเทอร์โมอิเล็กทริค 2 ชั้น

$$Q_{C2} = \alpha_2 T_{C2} I_2 - K_2(T_{H2} - T_{C2}) - 0.5{I_2}^2 r_2 \tag{8}$$

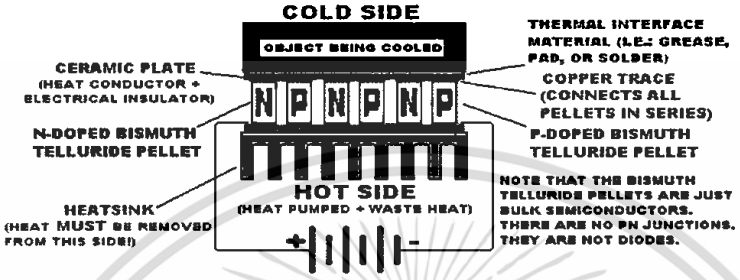
$$Q_{H1} = \alpha_1 T_{H1} I_1 - K_1(T_{H1} - T_{C1}) + 0.5{I_1}^2 r_1 \tag{9}$$

2.2 หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริค

เทอร์โมอิเล็กทริคโมดูลเป็นอุปกรณ์ในสภาวะของแข็ง (Solid-State) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูลทำงานโดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ และสามารถเรียกได้อีกอย่างว่า เพลเทียร์โมดูล (Peltier Module) เทอร์โมอิเล็กทริคโมดูลที่ขายตามท้องตลาดจะถูกสร้างขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำ Bismuth Telluride แบบพี-เอ็น (P-N Type) จำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

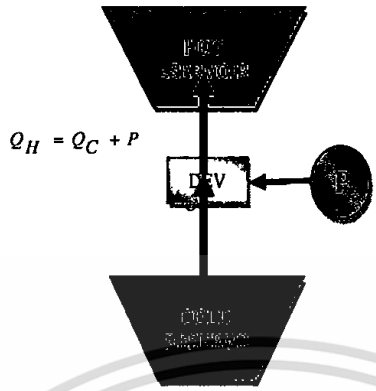
มากที่เรียงต่อกันทางไฟฟ้าแบบอนุกรม และทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิแบบขนาน ระหว่างแผ่นเซรามิกทั้งสอง ซึ่งแผ่นเซรามิกทั้งสองนี้ไม่เพียงแต่ทำหน้าเป็นตัวยึดของชิ้นส่วนสารกึ่งตัวนำเท่านั้น ามร้อนหรือฮีตซิงค์ (Heat Sink) กด้วย รูปที่ 4 แสดงภาพตัดขวา



รูปที่ 4 ภาพตัดขวางของเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูล

เทอร์โมอิเล็กทริคโมดูลตัวหนึ่งอาจประกอบไปด้วยเทอร์โมคัปเปิลจำนวนมากที่ถูกจัดวางเป็นแบบเมตริกซ์ซึ่งโดยทั่วไปเป็นไปเป็นสารกึ่งตัวนำแบบพี - เอ็น (P-N Type) ตั้งแต่ 3 ถึง 127 คู่ลักษณะของเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูลเป็นดังแสดงในรูปที่ 1 เทอร์โมอิเล็กทริค 1 โมดูล สามารถทำงานที่อุณหภูมิแตกต่างกันได้มากถึง 70องศาเซลเซียส และสามารถถ่ายเทความร้อนได้อัตรามากถึง 125วัตต์ นอกจากนั้นเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูลยังสามารถนำมาติดตั้งซ้อนกันเป็นชั้นทรงปิรามิดเพื่อเพิ่มความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อนและเย็นการทำเช่นนี้จะสามารถให้เกิดอุณหภูมิแตกต่างระหว่างกันได้สูงถึง 130 องศาเซลเซียสโดยสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นมากกว่า 70 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 ไดอะแกรมการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริค (Refrigerator)

รูปที่ 5 แสดงการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูลในโหมดการผลิตความเย็นด้วยกระแสไฟฟ้า โดยเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูลจะดูดพลังงานความร้อน Q_C ที่อุณหภูมิด้านเย็น T_C แล้วผ่านเข้าไปในเทอร์โมอิเล็กทริคและจะคายพลังงานความร้อน Q_H ออกไปทางอุณหภูมิด้านร้อน T_H แต่การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริคได้จะต้องถ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าไปด้วยและจากกฎอนุรักษ์พลังงานจะได้ $Q_H = Q_C + P$ อัตราคายพลังงาน ความร้อนจะเท่ากับอัตราการดูดพลังงานความร้อนรวมกับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไป

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้เทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อทำความเย็นหรือเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ (Thermoelectric cooler) นั้น จะถูกนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก น้ำหนักเบา มีความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เช่น การทำความเย็นให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ทางการสื่อสาร อุปกรณ์ในห้องทดลอง [4-9] โดยเทอร์โมอิเล็กทริกถูกนำไปใช้ทำความเย็นตั้งแต่ระดับมิลลิวัตต์ไปจนถึงกิโลวัตต์ เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์มีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการทำความเย็นให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยจะใช้เพื่อทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีอุณหภูมิคงที่หรือใช้ลดอุณหภูมิของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถทำงานได้อย่างปกติ โดยใช้หลักการดึงความร้อนออกจากอุปกรณ์ เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลยังถูกใช้อย่างกว้างขวางในการทำเครื่องเย็นเชิงพาณิชย์ โดยในปัจจุบันเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลเป็นอุปกรณ์เพียงอย่างเดียวที่นำมาประดิษฐ์ตู้เย็นขนาดเล็กเพื่อพกพาและมีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบระบบเพื่อให้เทอร์โมอิเล็กทริกสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยถ่ายเทความร้อนหรือฮีตซิงค์ (Heat sink) เข้ากับทั้งฝั่งร้อนและเย็น

การประยุกต์ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อการทำความเย็นเริ่มต้นในช่วงคริสต์ศักราช 1950 [10-11] จากนั้นได้มีนักวิจัยจำนวนมากศึกษาเกี่ยวกับการทำความเย็นอย่างต่อเนื่อง [12-14] Dai และคณะ [15] ได้ทำการศึกษาและทดลองเครื่องทำความเย็น (ตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริก) โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าสามารถรักษาอุณหภูมิของช่องแช่เย็นไว้ได้ที่อุณหภูมิ 5 – 10 องสาเซลเซียส โดยมีสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) เท่ากับ 0.3 Min และ Row [16] เสนอเครื่องทำความเย็นเพื่อการใช้งานภายในอาคารที่อยู่อาศัยโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก โดยมีสัมประสิทธิ์สมรรถนะระหว่าง 0.3-0.5 ที่อุณหภูมิสภาวะทำงานเท่ากับ 5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายนอกอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส Hara และคณะ [17] ได้ศึกษาการใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อทำความเย็นภายในหมวก พบว่าสามารถทำความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิของศีรษะได้ วิชาญ ศรีสุวรรณ และ เจริญพร เลิศสถิตธนกร [18] ได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการทำความเย็นแบบฝ้าเพดานโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 36 โมดูล ห้องที่ทดสอบมีขนาด 4.5 ลูกบาศก์เมตร โดยที่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกจะใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อน ในขณะที่ด้านเย็นจะติดตั้งไว้บนแผ่นฝ้าเพดานอะลูมิเนียมเพื่อทำความเย็นให้กับฝ้าเพดาน ผลการทดลองพบว่า สภาวะการทำงานที่เหมาะสมอยู่ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก อัตราการไหลของน้ำ 1.5 ลิตรต่อนาที อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น 25 องศาเซลเซียส สามารถทำความเย็นได้ในอัตรา 291.06 วัตต์ อุณหภูมิเฉลี่ยของห้อง 28.0 องศาเซลเซียส

ในงานที่ต้องการให้ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างปลายทั้งสองด้านมีค่ามาก จะนำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลมาต่อเป็นชั้นในรูปทรงปิระมิด ดังรูป เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจะดูดซับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมทางด้านเย็นซึ่งอยู่ชั้นบนสุด แล้วถ่ายเทความร้อนออกทางด้านร้อนซึ่งอยู่ชั้นล่างสุด ซึ่งการทำเช่นนี้จะส่งผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านเย็นและด้านร้อนมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่าไม่ควรต่อกันเกิน 6 ชั้น เพราะจะทำให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะลดลง N. Putra และคณะ [19] ศึกษาการนำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลมาประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์สำหรับการผ่าตัดด้วยความเย็น (cryosurgery) ซึ่งสามารถนำไปใช้สำหรับการทำลายเซลล์มะเร็งในระยะเริ่มต้น ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเอาเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลมาต่อเป็นชั้นทรงปิรามิดจำนวน 5 และ 6 ชั้น เพื่อต้องการให้ผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อนและเย็นมีค่ามากที่สุด และต้องการให้อุณหภูมิด้านเย็นมีค่าต่ำที่สุด โดยมีน้ำเป็นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบายความร้อน ผลการศึกษาพบว่า เมื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบ 28.8 วัตต์ ทำให้อุณหภูมิด้านเย็นต่ำสุดถึง 186.84 เคลวิน และ 177.09 เคลวิน สำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 5 และ 6 ชั้น ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้น จึงมีความน่าสนใจและมีความเป็นไปได้ ที่จะศึกษาและประดิษฐ์ต้นแบบแผ่นบำบัดร้อน – เย็น จากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล เพราะถึงแม้ว่าประสิทธิภาพเชิงสมรรถนะของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลที่มีขายตามท้องตลาดจะมีค่าต่ำ อยู่ในช่วงของ 0.3 – 0.6 แต่แผ่นบำบัดร้อน – เย็น มีอุณหภูมิใช้งานที่ไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป ซึ่งอยู่ในระดับที่เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลสามารถทำได้ ปัญหาเพียงอย่างเดียวของการออกแบบระบบคือ ต้องรักษาผลต่างของอุณหภูมิของปลายทั้ง 2 ด้านให้คงที่ตลอดระยะเวลาใช้งาน ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ การออกแบบระบบระบายความร้อนให้มีประสิทธิภาพ และ การต่อเทอร์โมอิเล็กโมดูลเป็นชั้นให้มากกว่า 1 ชั้น ซึ่งต้องใช้วิธีการแก้ปัญหาทั้ง 2 แนวทางร่วมกัน เพื่อหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ และสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

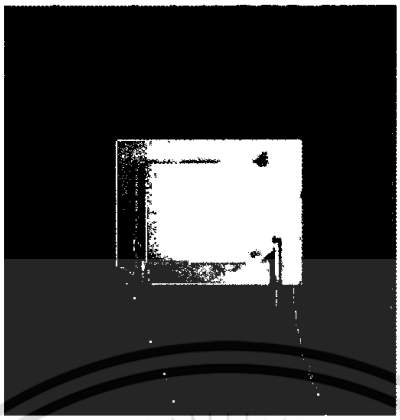
ในงานวิจัยนี้นำเทอร์โมอิเล็กทริคและอุปกรณ์อื่นๆ มาใช้ในการทดลองมีดังนี้

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

รูปที่ 6 เทอร์โมอิเล็กทริค DT6-6L 82VDC 46W(C)

DT6-6L Size : 4 x 4 x 0.4		
Hot Side Temperature (°C)	27	74
TMax (C-dry N2)	66	73
Qmax (watts)	30	33
Imax (amps)	5.6	5.6
Vmax (vdc)	8.2	9.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

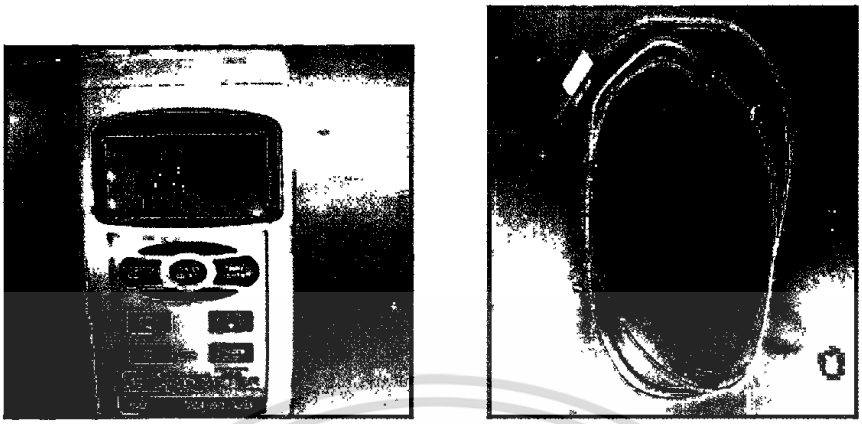


รูปที่ 7 เทอร์โมอิเล็กทริค TEC2-71-31-04

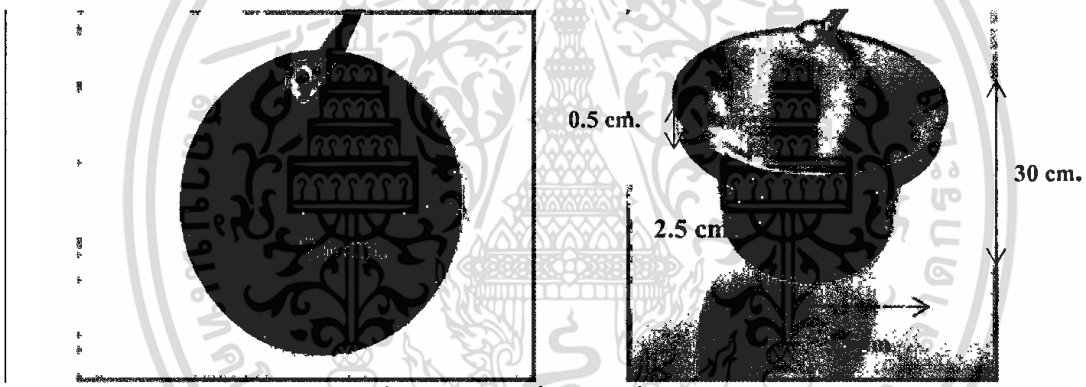
TEC2-71-31-04 20mm×20mm (top)/30mm×30mm (bottom)		
Hot Side Temperature (°C)	**27**	**50**
TMax (C-dry N2)	92	**103**
Qmax (watts)	**13.6**	**14.9**
Imax (amps)	**4.6**	**4.6**
Vmax (vdc)	**8.2**	**9.2**

รูปที่ 8 แหล่งจ่ายกระแสไฟตรงรุ่น GWINSTEK GPS3303 และ MCP S303E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ LUTRON TM - 9475D และ เทอร์โมคัปเปิ้ล TYPE-K



รูปที่ 10 ทองแดงที่ทำหน้าที่เป็นฮีตท์ซิงค์

รูปที่ 11 แผ่นทองแดงที่ประกบติดเทอร์โมอิเล็กทริคชั้นบนสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 12 มัลติมิเตอร์ FULKE รุ่น115

รูปที่ 13 ตัวต้านทานปรับค่าได้และชุดวัดคุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูล

3.2 วิธีการทดลอง

1. หาสมบัติทางเทอร์โมอิลี็กทริคของโมดูลแต่ละตัว

- ให้ความร้อนกับเทอร์โมอิเล็กทริคโดยกำหนดอุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เป็น 30, 31, 32,..., 40 °C วัดอุณหภูมิด้านเย็น (T_C) และความต่างศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{oc})
- เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (V_{oc}) และ ΔT โดยที่ความชันของกราฟจะแสดงค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค
- กำหนดอุณหภูมิทางด้านร้อน (T_H) = 30, 35, 40 °C แล้วนำ TE ต่อกับความต้านทานภายนอก (Rload) ตั้งแต่ 1-10 Ω วัดกระแสและความต่างศักย์ตกคร่อม Rload
- เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power และ Rload วิเคราะห์กราฟเพื่อหาความต้านทานภายในโมดูล

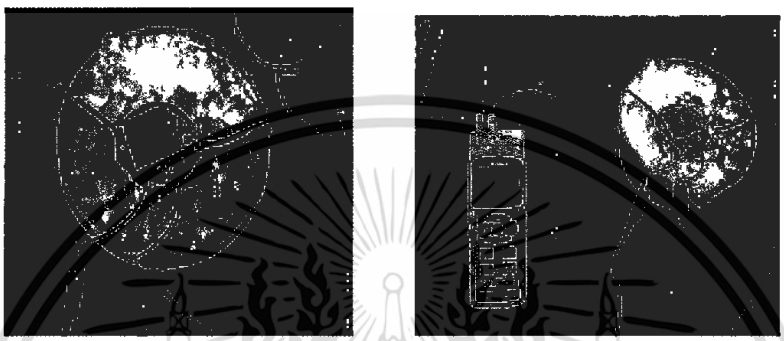
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. หาอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ, อุณหภูมิด้านเย็นและอุณหภูมิด้านร้อนเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล

โดยจ่ายแรงดันและกระแสไฟฟ้าค่าต่างๆ ให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลแบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น ตามลำดับ

- จัดอุปกรณ์ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 การทดสอบความสามารถในการพาความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริคแต่ละตัว

-จ่ายแรงดันและกระแสไฟฟ้าให้กับโมดูล บันทึกค่า T_C และ T_H โดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิ เป็นเวลา 15 นาที

-นำเทอร์โมอิเล็กทริคมาต่อเป็นชั้นดังรูปที่ 13 จ่ายแรงดันและกระแสไฟฟ้า บันทึกค่า T_C และ T_H

-ประเมินความสามารถในการทำความเย็น

3. ศึกษาสมบัติของวัสดุต่างๆ ที่จะนำมาเป็นตัวระบายความร้อน โดยต้องเป็นวัสดุที่สามารถโค้งงอได้ ไม่แตกหักง่าย

น้ำหนักเบา

4. นำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลแบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น ติดลงบนวัสดุระบายความร้อน

5. จ่ายแรงดันและกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลที่ติดบนวัสดุระบายความร้อน จากนั้นหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ อุณหภูมิด้านเย็นและอุณหภูมิด้านร้อนเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล

6. ออกแบบต้นแบบแผ่นบำบัดร้อน-เย็น จากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลโดยใช้จำนวนชั้นและวัสดุระบายความร้อนที่เหมาะสม

7. สร้างต้นแบบแผ่นบำบัดร้อน-เย็น โดยนำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลหลายๆ ตัว มาประกอบเป็นแผง และติดเข้ากับวัสดุระบายความร้อน นำไปใส่ในถุงผ้าที่ทำจากวัสดุธรรมชาติเพื่อสามารถระบายความร้อนได้ดี

8. ทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นบำบัดร้อน-เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

143537

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลโดยเนื้อหาจะแบ่งออกเป็นสามส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลของการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูล ชนิด 1 ชั้นและ 2 ชั้น ได้แก่ สัมประสิทธิ์ซีเบคและค่าความต้านทานภายในของเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูล และความสามารถในการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็คทริคโมดูลแต่ละตัว

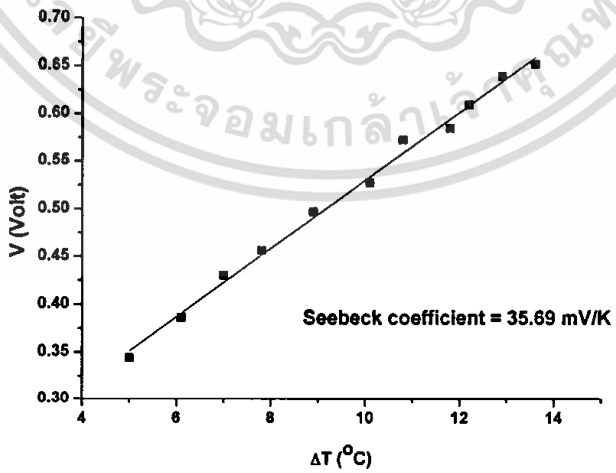
ส่วนที่ 2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการทำความเย็นเพื่อให้ได้อุณหภูมิต่ำที่สุด

ส่วนที่ 3 การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นบำบัด

4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูล

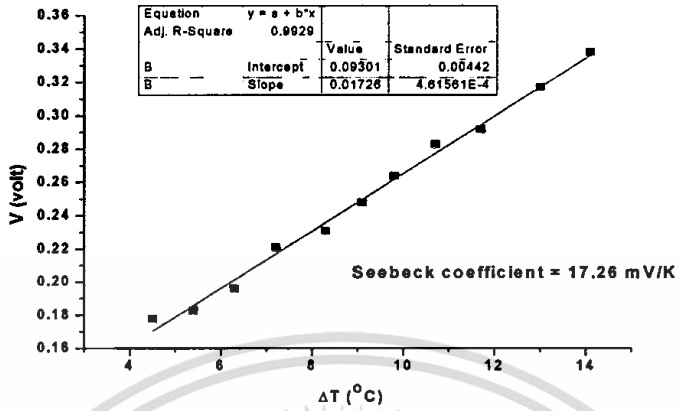
4.1.1 สัมประสิทธิ์ซีเบค

ในการทดลองนี้ให้อุณหภูมิด้านร้อนสูง 35 °C และอุณหภูมิด้านเย็น 25 °C เมื่อเกิดผลต่างระหว่างอุณหภูมิจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นโดยแรงเคลื่อนไฟฟ้าดังกล่าวนี้ เรียกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าวงจรเปิด เมื่อวัดค่าของผลต่างระหว่างอุณหภูมิและค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าวงจรเปิดที่เกิดขึ้นและนำมาเขียนกราฟจะสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคได้จากความชันของกราฟดังรูปที่ 15 และ 16



รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิและความต่างศักย์ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์แบบ 1 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



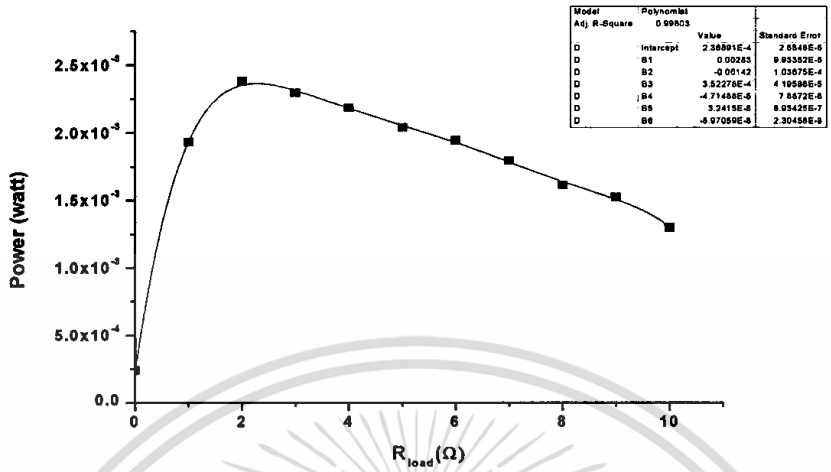
รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิและความต่างศักย์ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์แบบ 2 ชั้น

จากกราฟที่ 14 และ 15 พบว่า เทอร์โมอิเล็กทริกส์แบบ 1 ชั้นและ 2 ชั้น จะมีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคที่อุณหภูมิเท่ากับ 35.69 และ 17.26 mV/K ตามลำดับ

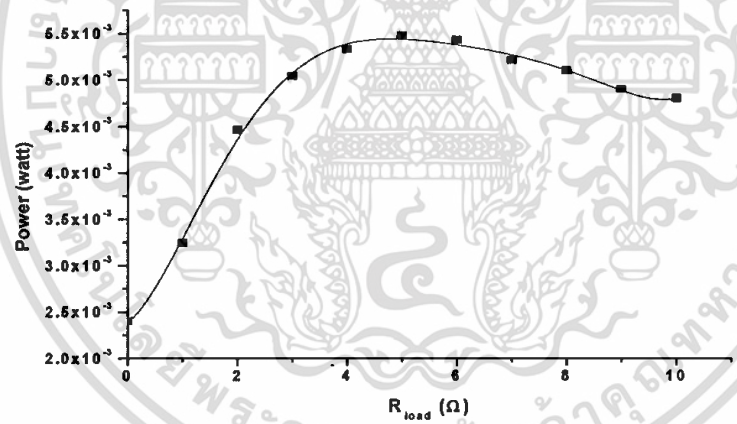
4.1.2 ค่าความต้านทานภายในของเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูล

การทดลองนี้กำหนดให้อุณหภูมิทางฝั่งด้านร้อนของ เทอร์โมอิเล็กทริกส์แบบ 1 ชั้นและ 2 ชั้น เท่ากับ 45 °C ทำการต่อแอมมิเตอร์แบบอนุกรมเข้ากับเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูลเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเคลื่อนผ่านตัวต้านทานภายนอกปรับค่าได้ขนาด 0 - 10Ω วัดค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานและกระแส จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า และนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (P) กับค่าความต้านทานภายนอก (R_{load}) ได้ผลแสดงดังรูปที่ 17 และ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Power) และ ความต้านทานภายนอก (R_{load}) ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์แบบ 1 ชั้น



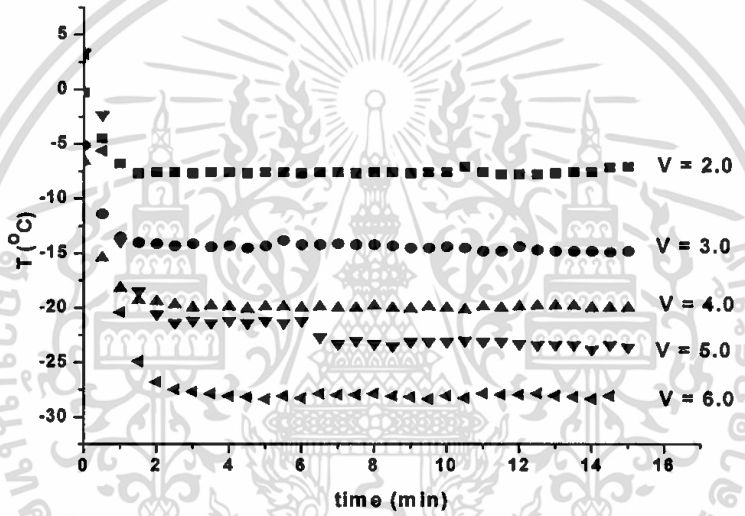
รูปที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Power) และ ความต้านทานภายนอก (R_{load}) ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์แบบ 2 ชั้น

จากกราฟที่ 17 และ 18 แสดงให้เห็นว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ เทอร์โมอิเล็กทริกส์แบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น แต่ละตัวสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานภายนอกที่นำมาต่อโดยที่ค่านั้นมีขนาดใกล้เคียงกับค่าความต้านทานภายในของเทอร์โมอิเล็กทริคโมดูลแต่ละตัวซึ่งมีค่า 2 และ 5 Ω ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

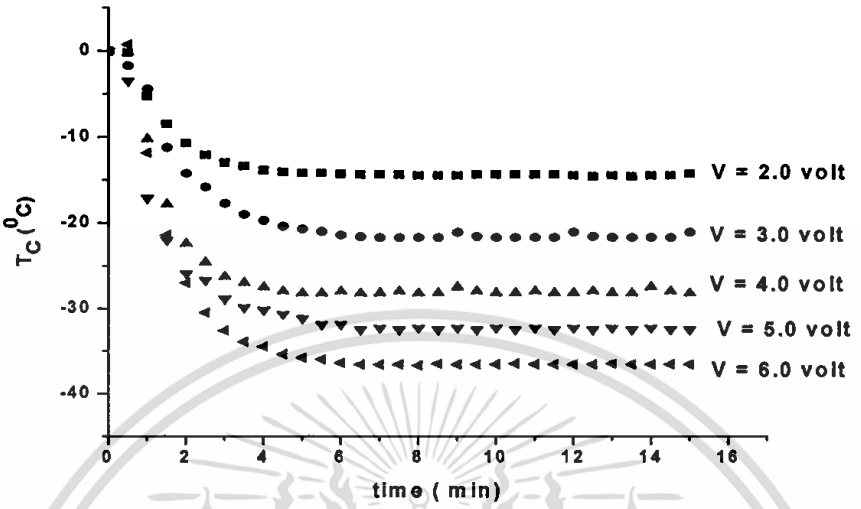
4.2 ความสามารถในการทำความเย็น

การทดสอบนี้จะนำเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลชนิด 1 ชั้น และ 2 ชั้น มาต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโดยกำหนดให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าตั้งแต่ 2, 3, 4, 5 และ 6 V ซึ่งในการทดลองนี้มีระบบระบายความร้อนที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการทำความเย็นของ TE แต่ละตัวถูกออกแบบโดยให้ด้านร้อนของ TE วางอยู่บนก้อนทองแดงที่ถูกแช่อยู่ในน้ำแข็ง แล้วทำการวัดค่าอุณหภูมิที่ด้านเย็นเทียบกับเวลา โดยที่ทางด้านร้อนซึ่งติดอยู่กับแผ่นทองแดงกำหนดให้อุณหภูมิมีค่าประมาณ 0 - 2.5 °C มีผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านเย็น (T_C) และเวลาของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 1 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านเย็น(T_C) และเวลาของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 2 ชั้น

จากกราฟที่ 19 และ 20 พบว่า เมื่อจ่ายความต่างศักย์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิทางด้านเย็นมีค่าลดต่ำลง ในการทดลองนี้เมื่อจ่ายความต่างศักย์ 6 V ให้กับ TE แต่ละตัวจะได้อุณหภูมิด้านเย็นที่ต่ำที่สุดสำหรับ TE A, TE B, และ TE C คือ -28.4 และ -36.6 °C ตามลำดับ และจากกราฟ พบว่าอุณหภูมิจะลดลงเมื่อมีการจ่ายความต่างศักย์ให้ TE A, TE B, TE C ทำให้อุณหภูมิลดลงและจะเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไปที่ 2 , 4 นาที ตามลำดับ

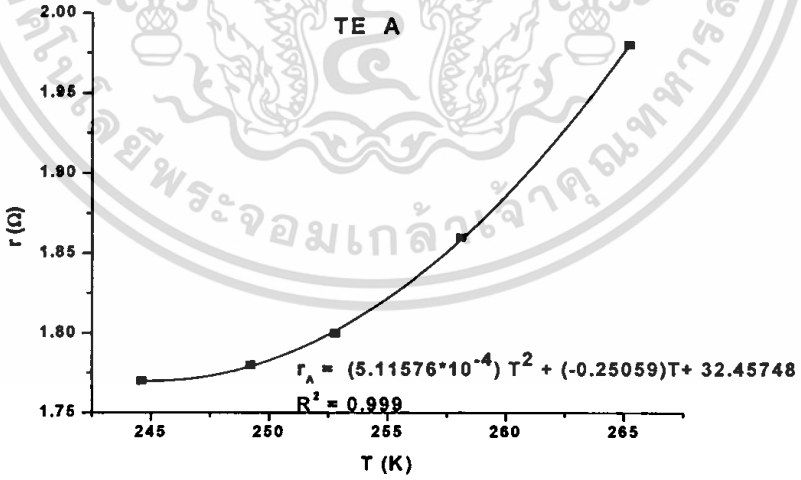
ข้อมูลของความสามารถในการทำความเย็นเมื่อมีการจ่ายความต่างศักย์และกระแสของ TE แต่ละตัวสามารถสรุปได้ดังตาราง 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ความสามารถในการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูล

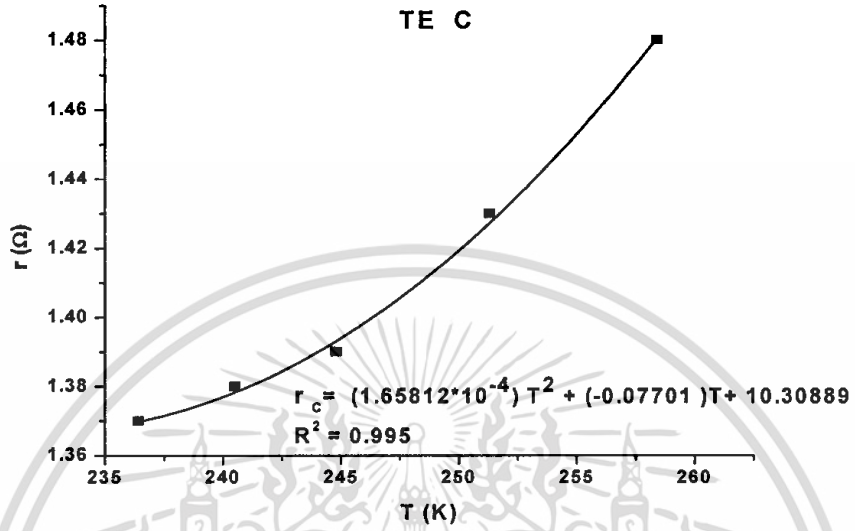
V (Volt)	TE 1 ชั้น		TE 2 ชั้น	
	I(A)	T_{Cmin} (°C)	I(A)	T_{Cmin} (°C)
2.0	1.01	-7.8	1.35	-14.6
3.0	1.61	-14.9	2.09	-21.7
4.0	2.22	-20.2	2.87	-28.2
5.0	2.80	-23.8	3.62	-32.5
6.0	3.34	-28.4	4.36	-36.6

ตารางที่ 1 สรุปความสามารถในการทำความเย็นของ TE แต่ละตัวเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 2, 3,...,6 โวลต์ จากตารางพบว่าเทอร์โมอิเกทริกส์โมดูลแบบ 2 ชั้น มีความสามารถในการทำความเย็น นอกจากนี้ขณะทำการทดลอง ผู้ทดลองสังเกตพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าเมื่อจ่ายแรงดันค่าต่างๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความต้านทานภายในของ TE มีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ แสดงได้ดังรูปที่ 21 และ 22



รูปที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายใน $r(\Omega)$ กับ อุณหภูมิ T(K) ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 1 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายใน r (Ω) กับ อุณหภูมิ T (K) ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 2 ชั้น

จากกราฟที่ 21 และ 22 แสดงค่าความต้านทานภายในที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริกส์แบบ 1 และ 2 ชั้นตามลำดับจากการสืบค้นงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องพบว่า ค่าความต้านทานภายในของ TE ที่อุณหภูมิต่ำจะแปรผันอยู่กับอุณหภูมิกำลังสอง $r \alpha T^2$ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้โปแกรม Origin 8 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง r และ T ของ TE แต่ละตัวได้ผลดังนี้

$$r_a = (5.11576 \times 10^{-4})\, T^2 + (-0.25059)\, T + 32.45748$$

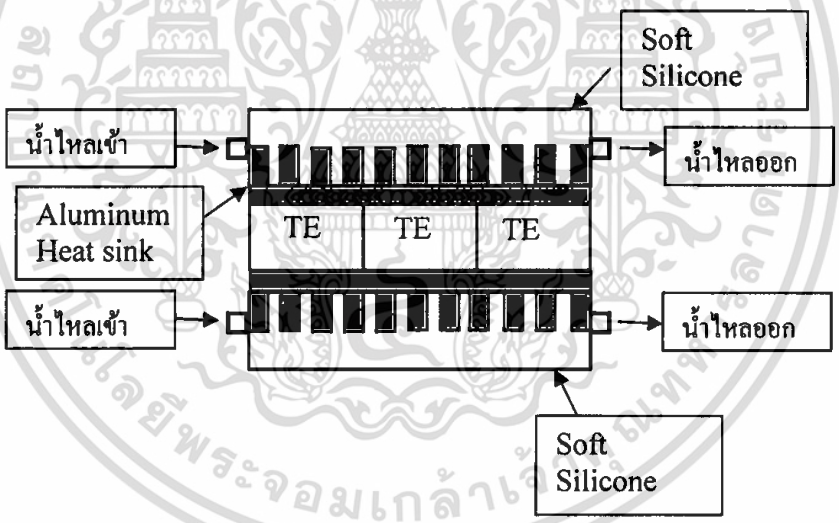
$$r_c = (1.65812 \times 10^{-4})\, T^2 + (-0.07701)\, T + 10.30889$$

จากกราฟ r กับ T พบว่าเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงค่าความต้านทานภายในจะลดลงซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวมีลักษณะคล้ายพฤติกรรมของโลหะ แม้ว่าวัสดุที่นำมาประยุกต์ใช้เป็น TE จะเป็นสารกึ่งตัวนำ แต่เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีความเข้มข้นของพาหะอยู่ในช่วงของ 10^{19} ตัว/ลบ.ซม. จึงทำให้ TE มีสมบัติใกล้เคียงกับโลหะมากกว่าสารกึ่งตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

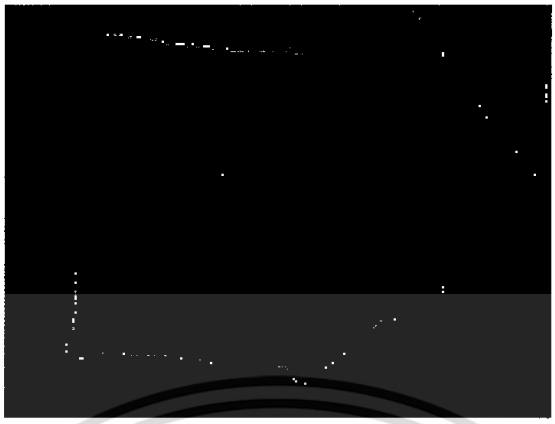
4.3 การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นบำบัดร้อน – เย็น

จากหัวข้อที่ผ่านมาพบว่าเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 2 ชั้นจะมีความสามารถในการทำความเย็นได้มากกว่าแบบ 1 ชั้น แต่เมื่อพิจารณาถึงราคาและพื้นที่ผิว ผู้วิจัยจึงเลือกเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 1 ชั้น จำนวน 3 ตัวมาต่ออนุกรมกัน เพื่อใช้ในการออกแบบแผ่นบำบัด โดยใช้ระบบระบายความร้อนเป็นครีบอะลูมิเนียมและมีน้ำอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสไหลผ่านตลอดเวลา อลูมิเนียมและน้ำจะถูกบรรจุอยู่ในซิลิโคนชนิดอ่อน ซึ่งมีความยืดหยุ่นสูง และอุปกรณ์ตามรูปที่ 22 ทั้งหมดจะใส่ไว้ในผ้าคอตตอนสีขาว ขนาด 5×10 เซนติเมตร ดังรูปที่ 23 จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่อจ่ายไฟขนาด 4 โวลต์ 2.2 แอมแปร์ ให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 1 ชั้น จะทำให้เกิดผลต่างอุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้นถ้าระบบระบายความร้อนซึ่งเป็นน้ำมีอุณหภูมิประมาณ 27 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้อุณหภูมิด้านร้อนสูงสุดประมาณ 57 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิด้านเย็นต่ำสุดประมาณ 7 องศเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงการใช้งานที่ต้องการ



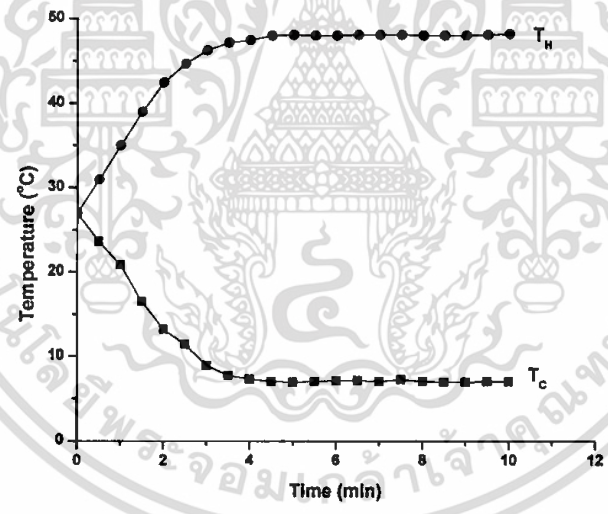
รูปที่ 23 รูปแบบแผ่นบำบัดร้อน- เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 24 ผ้าคอตตอน

จ่ายไฟฟ้าขนาด 12 V ให้กับระบบ วัดอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นได้ผลแสดงดังรูปที่ 24



รูปที่ 25 อุณหภูมิด้านร้อน-เย็นของแผ่นบำบัด

จากรูปที่ 25 พบว่าแผ่นบำบัดที่ออกแบบสามารถทำอุณหภูมิได้สูงสุด 47 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 6 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาประมาณ4นาทีจึงเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุล ระบบระบายความร้อนที่ใช้สามารถควบคุมอุณหภูมิของระบบให้คงที่ได้ แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีปั๊มน้ำเพื่อให้น้ำไหลเวียนในระบบตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์นำเทอร์โมอิเล็กทริกส์มาทดลองและออกแบบต้นแบบแผ่นบำบัดร้อน-เย็น ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดการใช้งาน ผู้วิจัยเลือกเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น เพื่อมาทดสอบความสามารถในการทำความเย็น พบว่าเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 2 ชั้น สามารถทำความเย็นได้ดีกว่าแบบ 1 ชั้น แต่เมื่อพิจารณาในด้านราคาพบว่าเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลแบบ 1 ชั้น มีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์สำหรับการออกแบบแผ่นบำบัดมากกว่า ดังนั้นแผ่นบำบัดจึงประกอบด้วยเทอร์โมอเล็กทริกส์โมดูลแบบ 1 ชั้นต่ออนุกรมกัน 3 ตัว โดยมีระบบระบายความร้อนเป็นน้ำที่ไหลผ่านครีบอะลูมิเนียมบรรจุอยู่ในซิลิโคนแบบอ่อน ระบบทั้งหมดบรรจุอยู่ในผ้าคอตตอนที่สามารถถอดออกได้ ผลการทดสอบพบว่าเมื่อจ่ายไฟกระแสตรงขนาด 12 โวลต์ให้กับระบบจะสามารถทำความร้อนสูงสุดได้ 47 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 6 องศาเซลเซียสโดยใช้เวลาประมาณ 4 นาทีจึงเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Figure obtained from product of thermoelectric modules Online]. 2011. Available : http://www.kryotherm.ru

[2] Melcor Company. Thema TEC Series Specifications. [online]. Available :http:// www. melcor. com/ thermtec .html. 2007.

[3] Lindler. K.W., Use of multi-stage cascades to improve performance of thermoelectric heat pumps,

Energy conversion and Management, 39 (10) (1998), 1009 – 1014.

[4] Chien R. and Huang G. Thermoelectric cooler application in electronic cooling, *Applied Thermal Engineering*, 24 (2004), 2207-2217.

[5] Chen, J., Zhou, Y., Wang, H. and Wang, J. T. Comparison of the optimal performance of single- and two-stage thermoelectric refrigerator systems, *Applied Energy*, 73 (3-4) (2002), 285-298.

[6] Khattab, N.M. and El Shenawy, E. T. Optimal operation of thermoelectric cooler driven solar thermoelectric generator, *Energy conversion and Management*, 47 (4) (2006), 407 – 426.

[7] Pan, Y., Lin, B., and Chen,J. Performance analysis and parametric optimal design of an irreversible multi- couple thermoelectric refrigerator under various operating conditions. *Applied Energy*, 84 (9) (2007), 882- 892.

[8] Li, T., Tang, G., Gong, G., Zhang, G., Li, N., and Zhang, L., Investigation of prototype thermoelectric domestic- ventilator, *Applied Thermal Engineering*, 29 (10) (2009), 2016-2021.

[9] Vian, J.G. and Astrain, D. Development of a thermoelectric refrigerator with two-phase thermosyphons and capillary lift, *Applied Thermal Engineering*, 29 (10) (2009), 1935-1940.

[10] Lindenblad, N.E. Thermoelectric refrigerator, US Patent No. 2,837,899.

[11]Lindenblad, N.E. Thermoelectric cooling apparatus, US Patent No. 2,872,788.

[12]Reed Kingstone, L.H. and Hatcher, I. Compact thermoelectric refrigerator, US Patent No. 4,326,383.

[13]Watanabe, H.and Kiya, F. Thermoelectric refrigerator, US Patent No. 5,927,078.

[14]Gilley, M.D. and Webb, R.L. thermoelectric refrigerator with evaporating / condensing heat exchanger, US Patent No.6,003,319.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[15]Dai, Y.J, Wang, R.Z., and Ni, L. Experimental investigation and analysis on a thermoelectric refrigeration driven by solar cells, *Solar Energy Material& Solar Cells*, 77 (2003), 377-391.

[16]Min, G. and Rowe, D.M. Experimental evaluation of prototype thermoelectric domestic refrigerators, *Applied Energy*, 83 (2006), 133-152.

[17]Hara, T., Azuma, H., Shimizu, H., Obora, H., and Sato, S. Colling performance of solar cell driven, thermoelectric cooling prototype headgear, *Applied Thermal Energineering*, 18 (1998), 1159-1169.

[18]วิชาญ ศรีสุวรรณ และ เจริญพร เลิศสถิตธนกร, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2, 27 – 29 กรกฎาคม 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

[19] Putra, N., Ardiyansyah, Sukyono, W., Johansea, D., and Ferdiansyah, N.I. The Characterization of a cascade thermoelectric cooler in a cryosurgery device, *Cryogenics*, 50 (2010), 759-764.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัตินักวิจัย

1 ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ดร. อาภาภรณ์ สกุลการะเวก

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr. Aparporn Sakulkalavek

2. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หมายเลขโทรศัพท์ 02-3298400 ต่อ 635 E-mail ksaparpo@kmitl.ac.th

3. ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วทบ	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยศิลปากร	2544
วทม	ฟิสิกส์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2548
วทด	ฟิสิกส์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2553

4. ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับนานาชาติ)

1. S. Kiatgamolchai and A. Sakulkalavek, " Distribution of Elements in Cu- added FeSi2 Alloy under Peritectoid and Eutectoid Reaction" Journal of Electronic Materials (2011).

2. A. Sakulkalavek and S. Kiatgamolchai, "The effect of Si content on the physical and thermoelectric properties of FeSix compound" Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON2012), Chiang Mai, Thailand, 11-13 January 2012.

การเสนอผลงานวิชาการ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. A. Sakulkalavek and S. Kiatgamolchai, "The Effect of Annealing Time on Seebeck Coefficient of Iron-Silicon compound" 7th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium, Chiang Mai, Thailand, 17-20 November 2009.

2. A. Sakulkalavek and S. Kiatgamolchai, "Structural investigation and Thermoelectric Power of FeSi2 and FeSi2.3" Siam Physics Congress 2010 (SPC 2010), Kanchanaburi, Thailand, 25-27 March 2010 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. A. Sakulkalavek and S. Kiatgamolchai, "Structural investigation and thermoelectric power of Fe-Si compound" International Congress on Ceramics, Osaka International Convension Center, Japan, 14-18 November 2010.

4. A. Sakulkalavek and S. Kiatgamolchai, "The effect of Si content on the reaction of FeSix compound" Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON2012), Chiang Mai, Thailand, 11-13 January 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้