

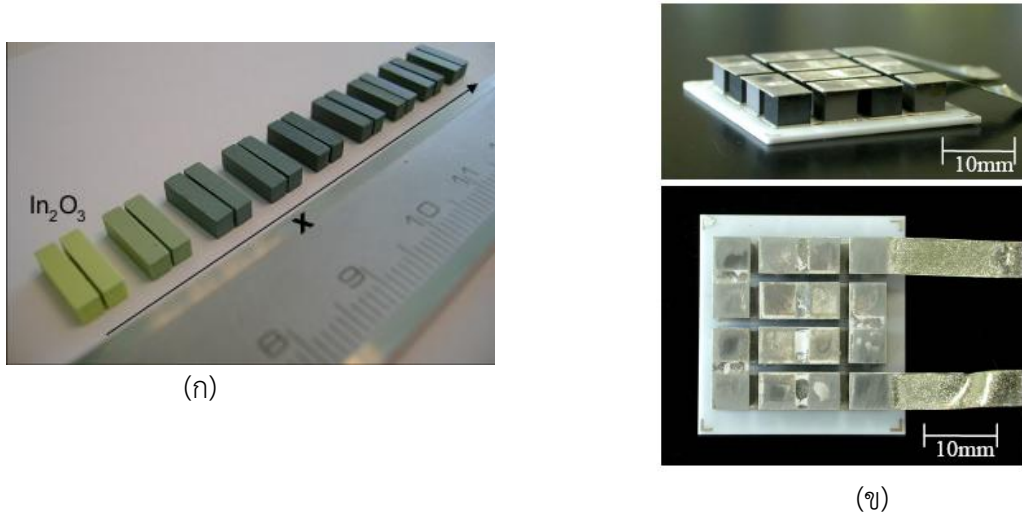
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเพื่อพัฒนาสมบัติของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก เครื่องมือวัดและทดสอบมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อนำไปสู่การบ่งชี้ว่าวัสดุนั้นสามารถเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกได้ดีหรือไม่ ซึ่งนิยามด้วยค่า Dimensionless figure of merit (ZT) ซึ่ง $ZT = \frac{S^2 \sigma T}{\kappa}$ เมื่อ S คือสัมประสิทธิ์ซีเบก σ คือสภาพนำไฟฟ้า κ คือสภาพนำความร้อน และ T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์จะเห็นได้ว่าการหาค่า ZT ต้องใช้เครื่องมือในการวัดสมบัติพื้นฐานสามชนิดคือ เครื่องวัดสภาพนำไฟฟ้า เครื่องวัดสัมประสิทธิ์ซีเบก และเครื่องวัดสภาพนำความร้อน อีกทั้งในการพัฒนาสมบัติวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก มักจะเกี่ยวข้องกับขบวนการสังเคราะห์เช่น การทดลองเพื่อหาอัตราส่วนของสารเจือปนที่เหมาะสม หรือการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิเผื่อนิกที่เหมาะสม หรือการทดลองเพื่อหาแรงอัดขึ้นรูปที่เหมาะสม วิธีการเหล่านี้จำเป็นต้องทำการเตรียมสารตัวอย่างเพื่อทำการวัดเป็นจำนวนมาก หน่วยงานวิจัยที่ไม่มีเครื่องมือวัดดังกล่าวจะต้องส่งไปยังหน่วยงานอื่น ซึ่งจะเกิดความล่าช้าและไม่เกิดแรงกระตุ้นให้กับผู้ทำวิจัย ในปัจจุบันเครื่องมือวัดที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์ต้องซื้อจากต่างประเทศ หน่วยงานวิจัยในประเทศไทยที่มีเครื่องมือวัดทั้งสามชนิดมีอยู่น้อยมาก เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่มีราคาแพง โครงการวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์วัดซึ่งสามารถทำการวัดสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก ได้แก่ สัมประสิทธิ์ซีเบกและสภาพนำไฟฟ้าได้ในเครื่องเดียวกัน และมีความแม่นยำเพียงพอที่จะคัดกรองและเปรียบเทียบกับเครื่องมือที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์และวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน[1]

2.1 เทอร์โมอิเล็กทริก

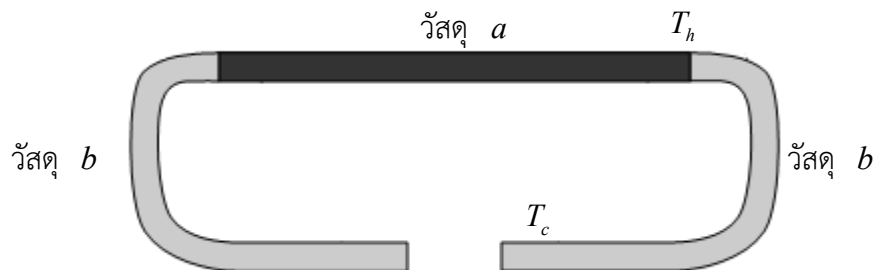
เทอร์โมอิเล็กทริกมีสองหลักการ คือ หลักการผันความร้อนให้เป็นกระแสไฟฟ้า และการผันกระแสไฟฟ้าให้เป็นความเย็นของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกชนิดเอ็น(n-type) และชนิดพี(p-type) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 (ก)ซึ่งทั้งสองหลักการนี้สามารถนำไปประยุกต์สร้างสิ่งประดิษฐ์เทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric device)ดังแสดงในภาพที่ 2.1 (ข)



ภาพที่ 2.1(ก) วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก In_2O_3 (ข) สิ่งประดิษฐ์เทอร์โมอิเล็กทริก

2.2 การวัดสัมประสิทธิ์ซีเบก

โทมัสโจแฮนน์ซีเบกได้นำตัวนำสองชนิดที่ต่างกันชนิด a และชนิด b มาต่อเข้าด้วยกัน เมื่อมีความต่างของอุณหภูมิระหว่างสองจุดเท่ากับ $\Delta T = T_h - T_c$ จะส่งผลให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุด ΔV ดังแสดงในภาพที่ 2.2

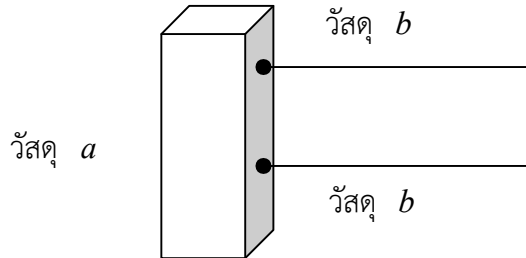


ภาพที่ 2.2แบบจำลองการเกิดปรากฏการณ์ซีเบก

$$S_{ab} = -\frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (2.1)$$

$$S_{ab} = S_a - S_b \quad (2.2)$$

วงจรสมมูลของภาพที่ 2.2 เขียนได้อีกรูปแบบหนึ่งดังภาพที่ 2.3



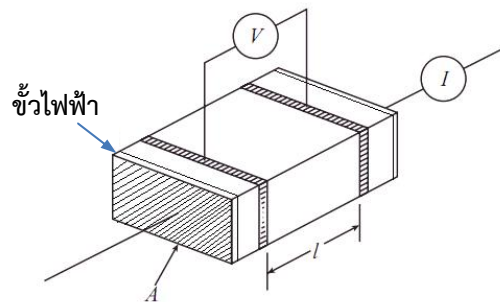
ภาพที่ 2.3 วงจรสมมูลของภาพที่ 2.2

จากสมการ(2.2) หลักการวัดสัมผัสประสิทธิผลคือเมื่อต้องการหาสัมผัสประสิทธิผลของวัสดุ a ต้องทราบค่าประสิทธิผลของวัสดุ b ในทางปฏิบัติจะแทนวัสดุ b ด้วยเทอร์มอคัปเปิลชนิด K ที่มีข้อมูลค่าสัมผัสประสิทธิผล

2.3 การวัดสภาพนำไฟฟ้า

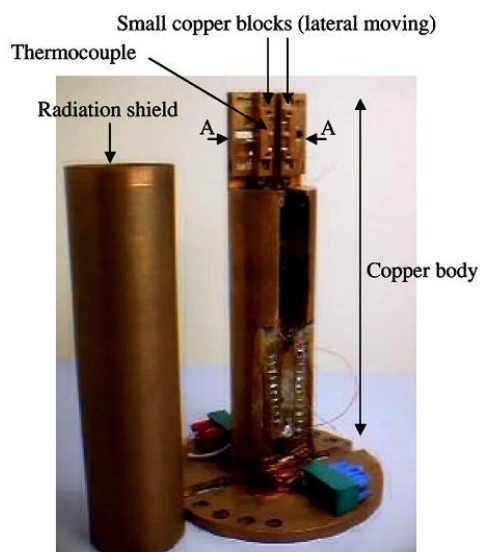
กลไกการวัดสภาพนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำนั้นต่างจากสารโลหะเนื่องจากมีโครงสร้างทางจุลภาคที่ต่างกันซึ่งไม่สามารถนำเครื่องมือวัดความต้านทานทั่ว ๆ ไป วัดค่าออกมาได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นวิธีที่ง่ายที่สุดสำหรับวัดสภาพนำไฟฟ้าคือ วิธีขั้วไฟฟ้า 4 จุด(four-points probe method) ดังแสดงในภาพที่ 2.4 จากภาพเมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้า I ไหลผ่านตัวอย่างที่มีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ A ความยาว L วัดความต่างศักย์ V ที่เกิดขึ้นภายในเนื้อสารที่ระยะห่าง I แล้วคำนวณหาความต้านทาน R ของสารที่ต้องการวัดจากกฎของโอห์ม คือ $R = \frac{V}{I}$ แล้วสามารถหาความสัมพันธ์ของสภาพนำไฟฟ้าได้จากสมการ $\sigma = \frac{L}{AR}$ โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 100 mA เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

เมื่อพิจารณาภาพที่ 2.3 และภาพที่ 2.4 จะพบว่า การวัดสัมผัสประสิทธิผลและการวัดสภาพนำไฟฟ้ามีการติดตั้งโครงสร้างวัสดุที่ทดสอบคล้ายคลึงกัน ดังนั้นโดยปรกติจึงทำการวัดค่าสัมผัสประสิทธิผลและวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าในคราวเดียวกัน



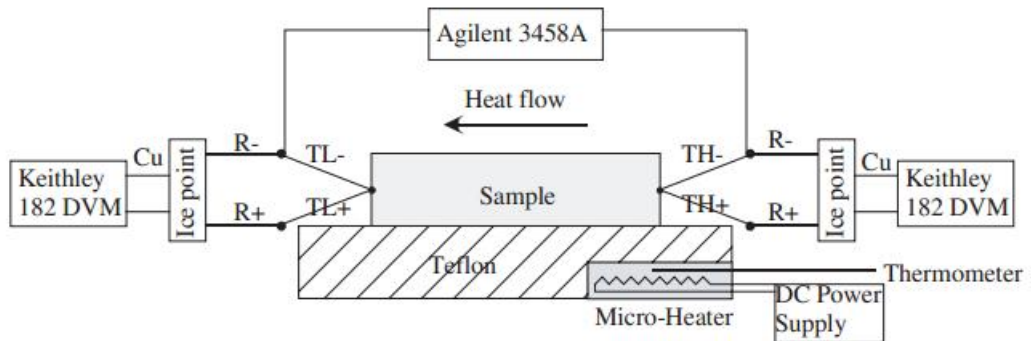
ภาพที่ 2.4 การวัดสภาพนำไฟฟ้าแบบสี่ขั้ว

Boffoué et al. 2005 ได้ทำการสร้างชุดอุปกรณ์สำหรับวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าและค่าสัมประสิทธิ์ซีเบกของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกทั้งชนิดฟิล์มและชนิดก้อน โดยใช้เทอร์มอคัปเปิลชนิด T ซึ่งทำจากวัสดุทองแดงกับวัสดุ Constantan ดังภาพที่ 2.5



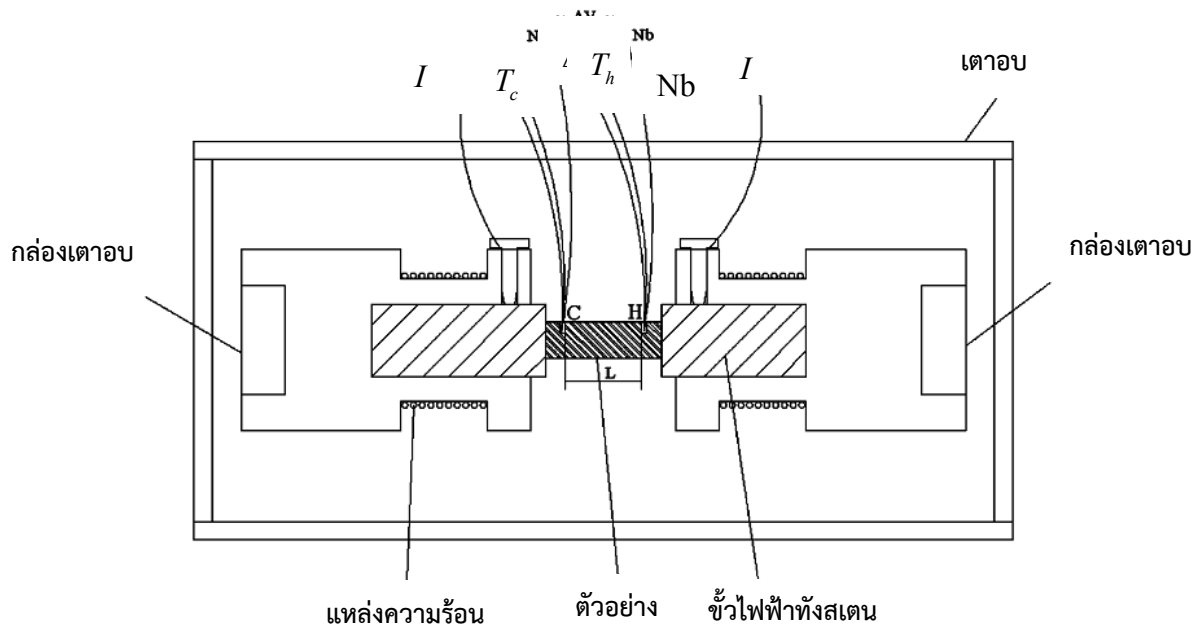
ภาพที่ 2.5 เครื่องวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าและค่าสัมประสิทธิ์ซีเบกของ Boffoué et al. 2005

Kim et al. 2004 สร้างเครื่องวัดสัมประสิทธิ์ซีเบกและสภาพนำไฟฟ้าของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก โดยจัดอุปกรณ์ดังภาพที่ 2.6 ประกอบด้วยเทอร์มอคัปเปิลชนิด R และมัลติมิเตอร์ รุ่น Keithley 128 DVM จำนวน 2 ชุดและมัลติมิเตอร์ รุ่น Agilent หนึ่งชุด



ภาพที่ 2.6 แผนภาพเครื่องมือวัดสัมประสิทธิ์ซีเบกและสภาพนำไฟฟ้าของ Kimet al.2004

Zhou et al.2005 สร้างเครื่องมือวัดสัมประสิทธิ์ซีเบกและสภาพนำไฟฟ้าของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่สามารถวัดได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 1300K การติดตั้งสารตัวอย่างในเตาอุณหภูมิสูงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 แผนภาพของเครื่องวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าและค่าสัมประสิทธิ์ซีเบกของ Zhou et al.2005

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องคณะผู้วิจัยจึงต้องการออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์ซีเบกและสภาพนำไฟฟ้าของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกในเครื่องเดียวกันให้มีความแม่นยำ

พอที่จะคัดกรองและเปรียบเทียบกับเครื่องมือที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ที่สำคัญเป็นการพัฒนา
งานวิจัยด้านเทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกของประเทศไทยให้เจริญก้าวหน้าทัดเทียมกับต่างประเทศ