

โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงานด้วยปรากฏการณ์การไทรโบอิเล็กทริก

SHOE-MOUNTED STRUCTURE ENERGY HARVESTER
USING TRIBOELECTRIC EFFECT



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2563

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

SHOE-MOUNTED STRUCTURE ENERGY HARVESTER
USING TRIBOELECTRIC EFFECT



THIS THESIS SUBMITTED IN PARCIAL FULLFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงานด้วยปรากฏการณ์ไตรโบอิเล็กทริก
SHOE-MOUNTED STRUCTURE ENERGY HARVESTER USING TRIBOELECTRIC
EFFECT

ผู้จัดทำ นายธนพล ทายสงฆ์ประไพโร 60010393
นายพิทักษ์ตระกูล แก้วชัย 60010715
นายอรรณวัฒน์ อธิธิสัน 60011165



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. ดอน อิศรากร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงานด้วยปรากฏการณ์ไทรโบอิเล็กทริก

โดย

นายธนพล	ทนายสงฆ์ประไพพร	60010393
นายพิทักษ์ตระกูล	แก้วชัย	60010715
นายอรรณวัฒน์	อิทธิสัน	60011165

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ดอน อิศรากร

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงานและหลักการของไทรโบอิเล็กทริก เพื่อนำไปพัฒนาโครงสร้างพื้นรองเท้าที่สามารถเก็บเกี่ยวพลังงาน รวมถึงกระบวนการในการจัดการพลังงาน แล้วนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ในโปรเจกต์อื่น ๆ ในอนาคต การดำเนินงานประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนการออกแบบโครงสร้างพื้นรองเท้า เพื่อให้ได้โครงสร้างที่มีปัจจัยต่าง ๆ ตามความต้องการที่จะนำไปใช้ในพื้นรองเท้าบริเวณส้นเท้า โดยโครงสร้างมีขนาด $40 \times 90 \times 15$ มิลลิเมตร มีระยะระหว่างวัสดุไทรโบอิเล็กทริก 5 มิลลิเมตร และขนาดของวัสดุไทรโบอิเล็กทริกมีขนาด 40×40 มิลลิเมตร และส่วนการทดสอบประสิทธิภาพโดยการทดลองโครงสร้างกับวัสดุไทรโบอิเล็กทริก กำหนดไทรโบอิเล็กทริกชนิดอลูมินัมมีความหนาคนที่เท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร และความหนาของวัสดุไทรโบอิเล็กทริกชนิดเทพลอนมีความหนาต่างกัน 3 ขนาด ได้แก่ 0.01 มิลลิเมตร 0.2 มิลลิเมตร และ 0.4 มิลลิเมตร เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด ผลการทดลองพบว่า โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงานที่ใช้วัสดุไทรโบอิเล็กทริกอลูมินัมและเทพลอนความหนา 0.2 มิลลิเมตร เป็นโครงสร้างที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งให้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 229.06 V, กระแสไฟฟ้าเท่ากับ $2.86 \mu\text{A}$ และที่ค่าความต้านทาน $80 \text{ M}\Omega$ ทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 0.655 mW

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อใช้ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานทั้งสองภาคเรียน ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ดอน อิศรากร อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ที่ให้ความกรุณาเป็นอย่างสูงในการยอมรับและเชื่อมั่นในศักยภาพให้คณะผู้จัดทำดำเนินงานในหัวข้อที่มีความท้าทายและน่าสนใจ ทั้งท่านยังคอยให้ความรู้ คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการดำเนินงานและขั้นตอนวิธีในการวิจัย จนทำให้ปริญญาโทฉบับนี้สามารถดำเนินงานให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ได้อย่างลุล่วงสมบูรณ์

นอกจากนี้หากไม่ได้รับความช่วยเหลือคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการนำไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม จากรุ่นพี่ภายในห้องปฏิบัติการวิจัยระบบจักรกลไฟฟ้าหลายระดับ (Multi-Scale Electromechanical Systems Laboratory) คงจะเป็นการยากในการดำเนินงานให้ลุล่วง คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งอย่างยิ่ง ที่ท่านสละเวลาอันมีค่าจากภาระหน้าที่ของตนเองเพื่อมาช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้ ทั้งยังคอยเกื้อหนุนด้านอุปกรณ์ที่จำเป็นต่าง ๆ และช่วยเหลือตรวจสอบความเรียบร้อยของปริญญาโทฉบับนี้

สุดท้ายขอขอบคุณทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำปริญญาโทฉบับนี้ ได้แก่ เพื่อน ๆ รวมถึงขอบพระคุณท่านบุพการีที่คอยเป็นกำลังใจให้เสมอเมื่อพบเจอกับอุปสรรค ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งในการทำให้คณะผู้จัดทำสามารถก้าวผ่านอุปสรรคต่าง ๆ มาได้ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นสถานที่คอยประสิทธิ์ประสาทความรู้แขนงต่าง ๆ ให้คณะผู้จัดทำสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการทำปริญญาโทฉบับนี้ให้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

คณะผู้จัดทำ

นายธนพล	ทนายสงฆ์ไพโร
นายพิทักษ์ตระกูล	แก้วชัย
นายอรรถวัฒน์	อิทธิสัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	2
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 การเก็บเกี่ยวพลังงานและปรากฏการณ์ไทรโบอิเล็กทริก	4
2.1 กระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงาน	4
2.2 วัสดุไทรโบอิเล็กทริก	5
2.3 ปรากฏการณ์ไทรโบอิเล็กทริก	6
2.4 รูปแบบพื้นฐานของระบบไทรโบอิเล็กทริก	8
2.5 ข้อดี ข้อเสีย ของวัสดุไทรโบอิเล็กทริก	9
2.6 หลักการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum power transfer)	10
2.7 ตัวเก็บประจุ	11
2.8 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	13
บทที่ 3 การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน	15
3.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบโครงสร้างพื้นรองเท้า	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเนื้อหาเว็บไซต์หรือเอกสารฉบับนี้มีการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้ผู้ใดนำเนื้อหาหรือเอกสารฉบับนี้ไปเผยแพร่หรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การออกแบบโครงสร้างพื้นรองเท้า	16
3.2.1 โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 1	16
3.2.2 โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 2	18
3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน	20
บทที่ 4 การประเมินค่าคุณลักษณะเฉพาะของโครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน	21
4.1 การทดลองคุณลักษณะเฉพาะของโครงสร้างพื้นรองเท้า	21
4.1.1 เงื่อนไขและขั้นตอนการทดลอง	22
4.1.1.1 การทดลองอุณหภูมิและเทปลอนความหนา 0.01 มิลลิเมตร (แบบบาง)	23
4.1.1.2 การทดลองอุณหภูมิและเทปลอนความหนา 0.2 มิลลิเมตร (แบบกลาง)	24
4.1.1.3 การทดลองอุณหภูมิและเทปลอนความหนา 0.4 มิลลิเมตร (แบบหนา)	25
4.1.2 การเปรียบเทียบและสรุปผลคุณลักษณะเฉพาะของโครงสร้างพื้นรองเท้า	26
4.2 การทดลองประสิทธิภาพของประเภทตัวเก็บประจุ	26
4.2.1 เงื่อนไขและขั้นตอนการทดลอง	28
4.2.1.1 การทดลองการคายประจุของตัวเก็บประจุ	29
4.2.2 สรุปผลการทดลองการคายประจุของตัวเก็บประจุ	29
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	30
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	30
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	30
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อยอด	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	36
ภาคผนวก ก ตารางแสดงผลการทดลอง	37
ภาคผนวก ข เอกสารสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์	41
ภาคผนวก ค เอกสารข้อมูลอุปกรณ์ (Datasheet)	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารสิทธิ์ในทรัพย์สินทางปัญญาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงเอกสารนี้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1 องค์ประกอบที่สำคัญของกระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงาน	4
2.2 ตารางแสดงความเด่นประจุของวัสดุไทโรโบอิเล็คทริกแต่ละชนิด	6
2.3 ลักษณะสัญญาณที่เกิดจากปรากฏการณ์ไทโรโบอิเล็คทริก	6
2.4 ผลของปรากฏการณ์ไทโรโบอิเล็คทริกในแต่ละสภาวะ	7
2.5 รูปแบบพื้นฐานของระบบไทโรโบอิเล็คทริก	9
2.6 วงจรเพื่อทดสอบกำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบไทโรโบอิเล็คทริก	10
2.7 วงจรสมมูลของหลักการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด	10
2.8 โครงสร้างภายในตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทไลต์	12
2.9 โครงสร้างภายในตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก	12
2.10 โครงสร้างภายในตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์	13
2.11 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	13
2.12 สัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	14
3.1 วัสดุที่ใช้สำหรับโครงสร้างแบบ Vertical contact-separation mode	15
3.2 โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 1 (Isometric)	16
3.3 โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 1 ในมุมมองต่าง ๆ	17
3.4 โครงสร้างจริงของพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 1	17
3.5 โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 2 (Isometric)	18
3.6 โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 2 ในมุมมองต่าง ๆ	19
3.7 โครงสร้างจริงของพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 2	19
3.8 ตำแหน่งโครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงานภายในรองเท้า	20
4.1 ชุดทดสอบประกอบกับโครงสร้างพื้นรองเท้าที่เชื่อมต่อกับระบบลูกสูบ	22
4.2 ระบบแรงดันและปั๊มลม	22
4.3 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.01 มิลลิเมตร (แบบบาง)	23
4.4 กำลังไฟฟ้าของอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.01 มิลลิเมตร (แบบบาง)	23
4.5 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.2 มิลลิเมตร (แบบกลาง)	24
4.6 กำลังไฟฟ้าของอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.2 มิลลิเมตร (แบบกลาง)	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ถ้าหากท่านมีข้อสงสัยหรือข้อผิดพลาด กรุณาแจ้งมายังผู้จัดทำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.4 มิลลิเมตร (แบบหนา)	25
4.8 กำลังไฟฟ้าของอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.4 มิลลิเมตร (แบบหนา)	25
4.9 วงจรบัฟเฟอร์	27
4.10 วงจรการทดลองการคายประจุของตัวเก็บประจุ	28
4.11 การทดลองการคายประจุ	29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อดี ข้อเสีย ของวัสดุโพลีเอทิลีน	9
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองคุณลักษณะเฉพาะของโครงสร้างพื้นรองเท้า	21
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประสิทธิภาพของประเภทตัวเก็บประจุ	26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในช่วงระยะเวลาหลายสิบปีที่ผ่านมา อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ได้พัฒนาอย่างรวดเร็ว จากการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กลง ความสามารถสูงมากขึ้น และใช้พลังงานน้อยลง สามารถพบได้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถทำงานได้อัตโนมัติหรือระบบฝังตัว (Embedded system) เช่น โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ตรวจจับไร้สาย เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจากระบบดังกล่าวยังจำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายพลังงาน จึงเป็นที่มาของการหาพลังงานในรูปแบบใหม่ ๆ เพื่อตอบสนองและเหมาะสมกับเทคโนโลยีที่เกิดขึ้น โดยสนใจพลังงานที่ได้จากสิ่งแวดล้อม เช่น แสงที่เกิดจากการลงน้ำหนักเท้า ซึ่งพลังงานเหล่านี้เป็นพลังงานที่ได้โดยตรงจากสิ่งแวดล้อมแต่ไม่มีการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ดังนั้น การนำพลังงานเหล่านี้มาเปลี่ยนแปลงและสร้างใหม่ถือเป็นการใช้พลังงานหมุนเวียนในธรรมชาติอย่างคุ้มค่า

วิธีการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน คือ การศึกษาการประยุกต์ใช้วัสดุบางชนิดเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยการเปลี่ยนรูปแบบของพลังงานทางกล โดยมีปัญหาที่น่าสนใจ ได้แก่ จะทำอย่างไรพลังงานกลที่ได้จะเพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าแล้วประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสม ในการศึกษาวัสดุที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบพลังงานและนำไปใช้ประโยชน์ต่อนั้น เรียกว่า การเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy harvesting) และวัสดุที่สนใจศึกษาเป็นประเภท ไทโรโบอิเล็กทริก (Triboelectric materials) เป็นวัสดุหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบพลังงานได้ โดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของวัสดุ ไฟฟ้าสถิตและการถ่ายเทประจุ และปัญหาอีกอย่างหนึ่งคือแนวทางในการจัดการพลังงาน กล่าวคือพลังงานที่ได้เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งในอุปกรณ์บางชนิดจำเป็นต้องเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงก่อน แต่เมื่อเปลี่ยนแปลงแล้วพลังงานที่ได้มาจะเพียงพอกับการนำไปใช้หรือไม่

จากปัญหาข้างต้น หากสามารถพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานและนำไปประยุกต์ใช้ได้กับอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ใช้พลังงานต่ำได้ จะสามารถช่วยลดจำนวนแหล่งพลังงานอื่น ๆ เช่น แบตเตอรี่ (Battery) ดังนั้นการศึกษารั้วนี้ เราจึงสนใจอุปกรณ์ที่สามารถกำเนิดพลังงานไฟฟ้าได้เองจากการเก็บเกี่ยวพลังงานด้วยวัสดุประเภทไทโรโบอิเล็กทริก โดยสนใจแสงที่เกิดจากการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันจากการเดิน การวิ่ง อุปกรณ์ที่ใช้จึงเป็น รองเท้า เพราะสามารถให้แรงได้เพียงพอต่อการกำเนิดพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท

- เพื่อศึกษากระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงานโดยวัสดุไพโรโบอิเล็คทริก
- เพื่อพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานองเท้าที่มีโครงสร้างจากวัสดุประเภทไพโรโบอิเล็คทริก รวมถึงกระบวนการในการจัดการพลังงานที่ได้ในอุปกรณ์เก็บพลังงาน
- เพื่อสามารถนำพลังงานที่ได้จากการเก็บเกี่ยวไปพัฒนาต่อยอดสำหรับใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ในอนาคต

1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

- ออกแบบโครงสร้างพื้นฐานพลังงานที่นำไปใช้ในรองเท้า
- ประเมินผลโครงสร้างและวัสดุที่ใช้ในการออกแบบที่เหมาะสม
- ประเมินผลคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุไพโรโบอิเล็คทริกที่มีความแตกต่างกัน
- ทดสอบประสิทธิภาพของประเภทตัวเก็บประจุ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงานในปีการศึกษา 2563 ทั้งภาคเรียนที่ 1 และภาคเรียนที่ 2 ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงานที่สำคัญ ดังนี้

- การศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวมถึงคุณสมบัติและประโยชน์ของการเก็บเกี่ยวพลังงานโดยใช้วัสดุประเภทไพโรโบอิเล็คทริก
- การออกแบบและเลือกวัสดุอุปกรณ์ สำหรับโครงสร้างพื้นฐานเก็บเกี่ยวพลังงานที่ใช้สำหรับรองเท้า
- ทดสอบประสิทธิภาพของโครงสร้างที่ออกแบบโดยใช้ชุดทดสอบที่สามารถควบคุมได้
- เปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพของโครงสร้างที่ออกแบบ และปรับปรุงโครงสร้าง
- ทดสอบประเภทตัวเก็บประจุ และเลือกค่าตัวเก็บประจุที่เหมาะสมกับระบบ
- จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ และเตรียมการนำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- โครงสร้างพื้นฐานที่เก็บเกี่ยวพลังงานตัวต้นแบบสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้
- สร้างแนวทางในการเก็บเกี่ยวพลังงานทางเลือกด้วยวัสดุประเภทโพรโบอิลิกทริก
- เป็นพื้นฐานงานวิจัยสำหรับผู้สนใจศึกษาในหัวข้อวัสดุโพรโบอิลิกทริกให้สามารถนำไปต่อยอดและพัฒนาได้

1.6 รายละเอียดปฏิญานิพนธ์

เนื้อหาทั้งหมดภายในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้มีรายละเอียดที่สำคัญซึ่งประกอบด้วย 5 บท และภาคผนวก โดยจะมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปฏิญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของการทำปฏิญานิพนธ์ ขอบเขตของปฏิญานิพนธ์ ขั้นตอนการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและรายละเอียดของปฏิญานิพนธ์

บทที่ 2 การเก็บเกี่ยวพลังงานและปรากฏการณ์โพรโบอิลิกทริก เป็นการกล่าวถึงหลักการที่ใช้ และทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้กับการดำเนินงานของปฏิญานิพนธ์

บทที่ 3 การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นฐานที่เก็บเกี่ยวพลังงาน เป็นการอธิบายถึงขั้นตอนในการออกแบบอุปกรณ์ ขั้นตอนในการประดิษฐ์ รวมถึงการทดสอบการใช้งานของโครงสร้าง

บทที่ 4 การประเมินค่าคุณลักษณะเฉพาะของโครงสร้างพื้นฐานที่เก็บเกี่ยวพลังงาน เป็นการแสดงรายละเอียดการทดลองทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง เพื่อทดสอบค่าเฉพาะของอุปกรณ์และหาค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน เป็นการสรุปภาพรวมของการดำเนินงานทั้งหมด ปัญหาที่พบระหว่างการดำเนินงาน และแนวทางในการนำไปพัฒนาต่อในอนาคต

ภาคผนวก เป็นส่วนแสดงรายละเอียดเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของปฏิญานิพนธ์ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ (ก) ตารางแสดงผลการทดลอง (ข) การจดสิทธิบัตรการออกผลิตภัณฑ์ และ (ค) เอกสารข้อมูลของอุปกรณ์ (Datasheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

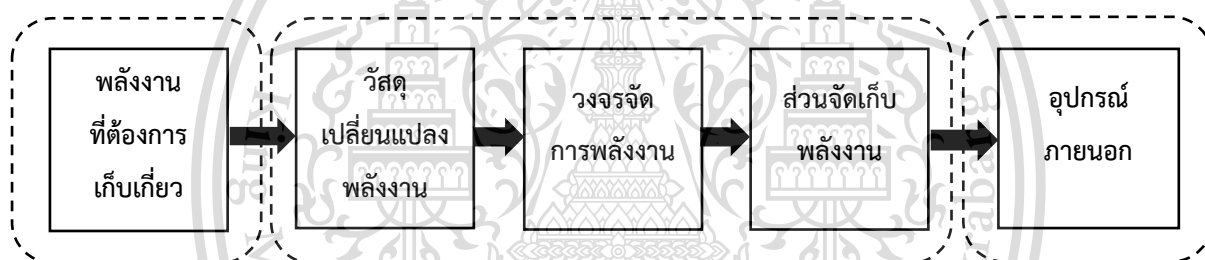
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

การเก็บเกี่ยวพลังงานและปรากฏการณ์ไทรโบอิเล็กทริก

2.1 กระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงาน

การเก็บเกี่ยวพลังงาน เป็นกระบวนการในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ที่สนใจหรือพลังงานที่เกิดขึ้นแต่สูญเสียไปโดยไม่ได้ถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งกระบวนการนี้จะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงพลังงานเหล่านั้นให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้สามารถนำพลังงานที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่าสำหรับการเก็บเกี่ยวในแต่ละครั้งมากที่สุด เช่น การนำพลังงานที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ โดยกระบวนการของการเก็บเกี่ยวพลังงานสามารถสรุปเป็นองค์ประกอบสำคัญ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบที่สำคัญของกระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงาน

- พลังงานที่ต้องการเก็บเกี่ยว เป็นพลังงานที่สนใจหรือต้องการที่จะนำมาเปลี่ยนแปลงรูปแบบพลังงาน โดยส่วนใหญ่มักจะอยู่ในรูปของพลังงานจลน์ เช่น พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ พลังงานการไหลหรือการเคลื่อนที่ของน้ำ หรือแม้กระทั่งพลังงานที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ในชีวิตประจำวัน เช่น การลงน้ำหนักเท้าการเดินการวิ่ง
- วัสดุเปลี่ยนแปลงพลังงาน เป็นวัสดุที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงรูปแบบพลังงานหนึ่งให้กลายเป็นอีกรูปแบบหนึ่งหรือเรียกว่า ทรานสดิวเซอร์ เช่น พลังงานจากการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการลงน้ำหนักเท้าถูกเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้วัสดุประเภทเพียโซอิเล็กทริก และพลังงานที่เกิดจากการกระทบกันของหน้าสัมผัสระหว่างวัสดุไทรโบอิเล็กทริกถูกเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า
- วงจรจัดการพลังงาน เป็นส่วนในการจัดการรูปแบบพลังงานที่ถูกเปลี่ยนแปลงจากวัสดุเปลี่ยนแปลงพลังงานให้อยู่ในรูปแบบที่จะสามารถนำไปใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือวงจรรภายนอกได้ เช่น การแปลงแรงดันที่ผลิตขึ้นให้เป็นแรงดันที่เหมาะสม และตัดวงจรเมื่อแรงดันที่ผลิตขึ้นเกินขีดจำกัดที่กำหนดไว้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในรูปแบบของสัญญาณกระแสสลับ ซึ่งต้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณกระแสตรง โดยใช้วงจรเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้

- ส่วนจัดเก็บพลังงาน เป็นส่วนที่ทำหน้าที่กักเก็บพลังงานที่ได้จากการเก็บเกี่ยวพลังงาน ที่ผ่านการจัดการพลังงานมาเรียบร้อยแล้ว ซึ่งแหล่งกักเก็บพลังงานอาจจะอยู่ในรูปแบบของแบตเตอรี่ ตัวเก็บประจุชนิดต่าง ๆ หรือแหล่งกักเก็บพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ซึ่งต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของพลังงานที่ได้จากการเก็บเกี่ยวเพื่อให้การกักเก็บพลังงานเหล่านั้นไม่เกิดการสูญเสียขึ้น
- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรืออุปกรณ์ภายนอก เป็นส่วนที่ถือว่าเป็นระบบภายนอกซึ่งถูกนำไปเชื่อมต่อกับระบบเก็บเกี่ยวพลังงานในส่วนต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ในการเลือกอุปกรณ์เพื่อนำมาเชื่อมต่อนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นกับความสามารถในการให้พลังงานของระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน ซึ่งทั้งสองระบบต้องมีความสอดคล้องกันจึงจะสามารถใช้งานได้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2.2 วัสดุโพรโบอิเล็กทริก

วัสดุโพรโบอิเล็กทริกมีคุณสมบัติเป็นวัสดุประเภทไดอิเล็กทริกหรือมีความเป็นฉนวนไฟฟ้าในตนเอง โดยในวัสดุโพรโบอิเล็กทริกแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติทางด้านประจุที่แตกต่างกันซึ่งจะเรียกว่า ความแตกต่างของความเด่นประจุ โดยหากวัสดุมีความเด่นประจุบวกคือการที่วัสดุชนิดนั้นสามารถสูญเสียอิเล็กตรอนได้ง่าย กล่าวคือเมื่อมีวัสดุที่มีความเด่นประจุต่างกันมาสัมผัสกันจะทำให้บริเวณผิวของวัสดุเด่นบวกมีประจุบวกอยู่มากกว่าประจุลบ แต่หากวัสดุมีความเด่นประจุลบคือการที่วัสดุนั้นสามารถรับอิเล็กตรอนได้ง่าย กล่าวคือ เมื่อมีวัสดุที่มีความเด่นประจุต่างกันมาสัมผัสกันจะทำให้บริเวณผิวของวัสดุเด่นลบมีประจุลบอยู่มากกว่าประจุบวก

วัสดุส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติของโพรโบอิเล็กทริกไม่ว่าจะเป็นโลหะ อโลหะ หรือพอลิเมอร์ ทำให้ในการประดิษฐ์โครงสร้างของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก จึงสามารถนำวัสดุที่หลากหลายมาใช้สร้างขึ้นมาได้ อย่างไรก็ตามวัสดุแต่ละประเภทก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีการจำแนกค่าความสามารถในการรับและสูญเสียอิเล็กตรอนของวัสดุแต่ละประเภท โดยหากวัสดุนั้นสามารถสูญเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายแสดงว่ามีค่าความเด่นประจุบวกมากกว่า แต่หากวัสดุนั้นสามารถรับอิเล็กตรอนได้ง่ายแสดงว่ามีค่าความเด่นประจุลบมากกว่า ซึ่งการจำแนกความสามารถของวัสดุแต่ละประเภทนั้นสามารถจำแนก ได้ดัง

เอกสารรูปที่ 2.2 เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

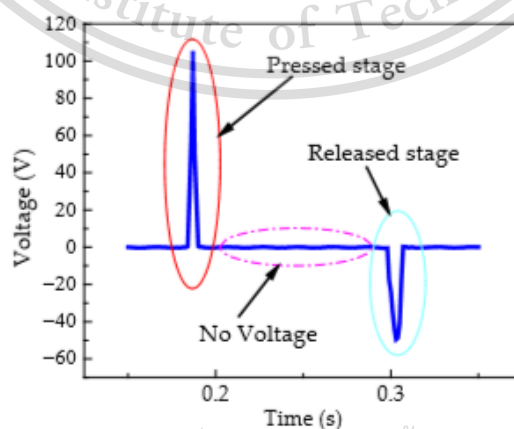
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

	Polyformaldehyde 1.3-1.4	(continued)	
	Etylcellulose	Polyester (Dacron)	
	Polyamide 11	Polyisobutylene	
	Polyamide 6-6	Polyuretane flexible sponge	
	Melanime formol	Polyethylene Terephthalate	
	Wool, knitted	Polyvinyl butyral	
	Silk, woven	Polychlorobutadiene	
	Aluminum	Natural rubber	
	paper	Polyacrilonitrile	
	Cotton, woven	Acrylonitrile-vinyl chloride	
	Steel	Polybisphenol carbonate	
	Wood	Polychloroether	
	Hard rubber	Polyvinylidene chloride (Saran)	
	Nickel, copper	Polystyrene	
	Sulfur	Polyethylene	
	Brass, silver	Polypropylene	
	Acetate, Rayon	Polyimide (Kapton)	
	Polymethyl methacrylate (Lucite)	Polyvinyl Chloride (PVC)	Negative
	Polyvinyl alcohol	Polydimethylsiloxane (PDMS)	
	(continued)	Polytetrafluoroethylene (Teflon)	

รูปที่ 2.2 ตารางแสดงความเด่นประจุของวัสดุโไตรโบอิเล็กทริกแต่ละชนิด [6]

2.3 ปรากฏการณ์โไตรโบอิเล็กทริก

ปรากฏการณ์ของโไตรโบอิเล็กทริก (Trieboelectric effect) เป็นปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการต่อครบวงจรระหว่างวัสดุโไตรโบอิเล็กทริกตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปที่มีขั้วไฟฟ้าและมีความแตกต่างของความเด่นประจุ ซึ่งระยะห่างระหว่างวัสดุต้องมีความเหมาะสม โดยเมื่อวัสดุเกิดการเคลื่อนที่สัมผัสหรือเสียดสีกัน จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำสนามไฟฟ้าและการเหนี่ยวนำระหว่างวัสดุทำให้เกิดประจุบริเวณผิววัสดุ



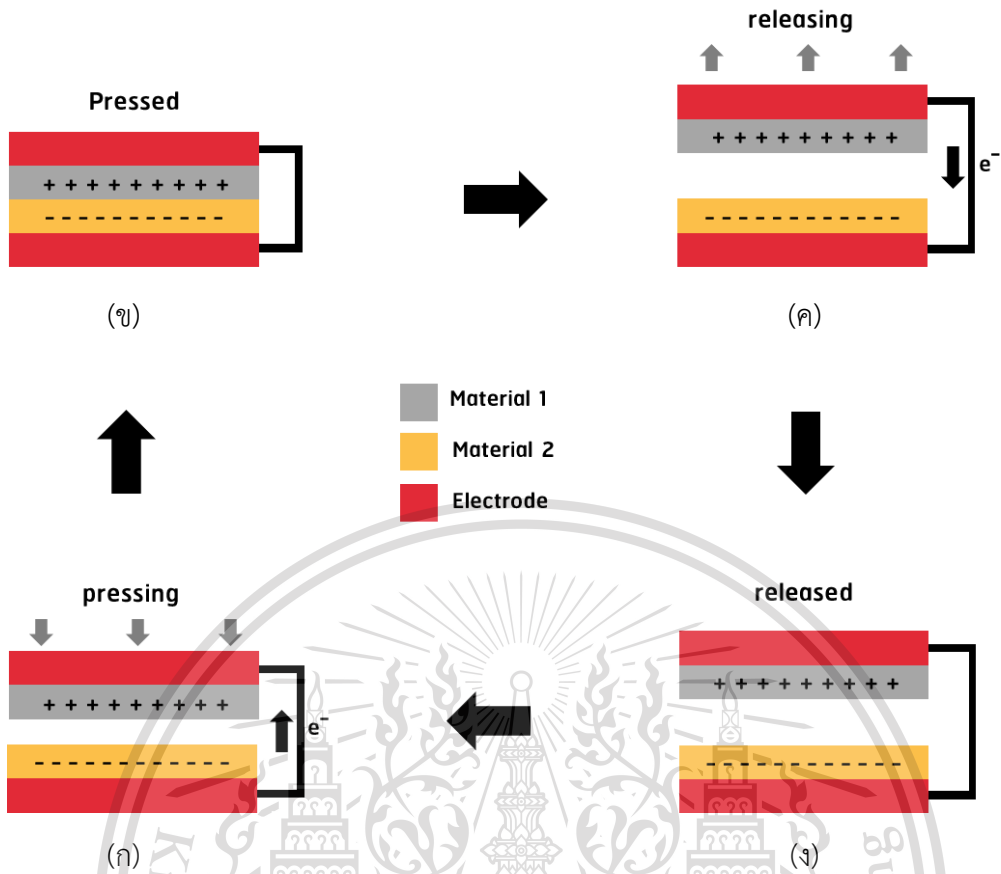
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.3 ลักษณะสัญญาณที่เกิดจากปรากฏการณ์โไตรโบอิเล็กทริก [5]

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.4 ผลของปรากฏการณ์เพโรอิเล็กทริกในแต่ละสภาวะ

- (ก) สภาวะ Pressing
- (ข) สภาวะ Pressed
- (ค) สภาวะ Releasing
- (ง) สภาวะ Released

จากรูปที่ 2.3 แสดงลักษณะสัญญาณที่เกิดจากปรากฏการณ์ และรูปที่ 2.4 เป็นผลของปรากฏการณ์ในแต่ละสภาวะ ซึ่งสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลง ได้ดังนี้

- สภาวะ Pressing เมื่อวัสดุเพโรอิเล็กทริกเริ่มเคลื่อนที่เข้าหากันจนเกิดการสัมผัสหรือเสียดสีกัน ทำให้สนามไฟฟ้าเข้มข้น เกิดการเหนี่ยวนำของประจุทำให้บริเวณผิวของวัสดุที่มีความเด่นบวมมีประจุบวกอยู่มาก และวัสดุที่มีความเด่นลบมีประจุลบอยู่มาก และวัสดุทั้งสองจะผลิตประจุอิสระที่มีขั้วเหมือนกันไปยังขั้วไฟฟ้า และจากคุณสมบัติของวัสดุที่มีความเด่นบวมทำให้อิเล็กตรอนไหลไปยังวัสดุที่มีความเด่นประจุลบ เกิดเป็นสัญญาณในช่วง Pressed
- สภาวะ Pressed ขณะที่วัสดุทั้งสองสัมผัสกัน จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าทำให้ไม่มีการไหลของอิเล็กตรอน เกิดเป็นสัญญาณในช่วง No voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- สภาวะ Releasing เมื่อวัสดุไทรโบอิเล็กทริกเริ่มแยกออกจากกัน ความเข้มของสนามไฟฟ้าลดน้อยลง ระบบเกิดการรักษาสภาวะสมดุลของประจุ ทำให้อิเล็กตรอนไหลย้อนกลับไปยังวัสดุที่มีความเด่นบวก ผ่านขดลวดตัวนำ เกิดเป็นสัญญาณในช่วง Released
- สภาวะ Released ขณะที่วัสดุทั้งสองไม่มีการเคลื่อนที่ จะไม่เกิดสนามไฟฟ้า ทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของประจุระหว่างวัสดุผ่านขดลวดตัวนำ เกิดเป็นสัญญาณในช่วง No voltage อีกครั้ง

จากรูปที่ 2.3 พบว่าในสภาวะที่ทำให้เกิดสัญญาณแรงดันไฟฟ้า ได้แก่ช่วง Pressed และ Released เป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างระหว่างวัสดุทั้งสอง ที่ทำให้ความเข้มของสนามไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลง แต่จะพบว่าขนาดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้ามีค่าไม่เท่ากัน เป็นผลมาจากแรงกระทำในแต่ละสภาวะ โดยในสภาวะ Pressed เป็นสภาวะที่ได้รับแรงกระทำโดยตรงจากการสัมผัสกันของวัสดุ ทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณมีค่ามากกว่า และในสภาวะ Released เป็นสภาวะที่เกิดการแยกกันของหน้าสัมผัส ซึ่งมีแรงกระทำที่น้อยกว่า ทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า

ผลของปรากฏการณ์ไทรโบอิเล็กทริกทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงมาก แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ได้ต่ำมาก เนื่องจากความต้านทานภายในของระบบไทรโบอิเล็กทริกมีค่าสูงระดับเมกะโอห์ม

2.4 รูปแบบพื้นฐานของระบบไทรโบอิเล็กทริก

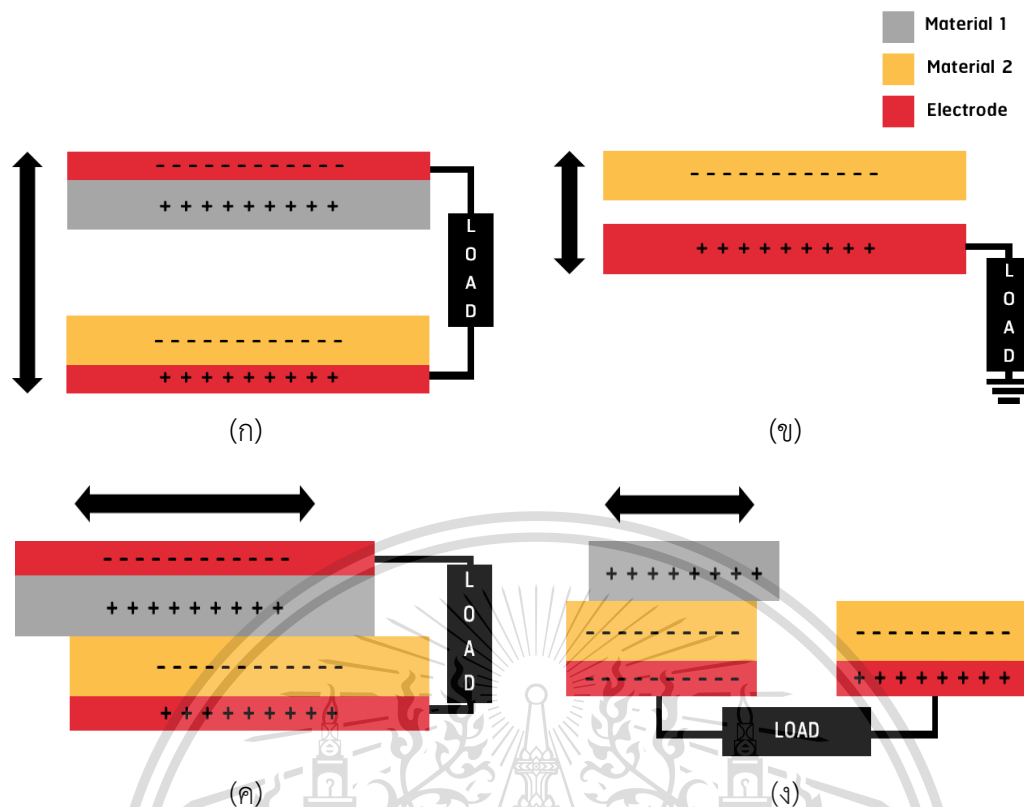
จากผลของปรากฏการณ์ทำให้ระบบเก็บเกี่ยวพลังงานด้วยวัสดุไทรโบอิเล็กทริกทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อให้พลังงานในการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พลังงานต่ำ ซึ่งมีรูปแบบพื้นฐานที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ 4 รูปแบบ และสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการสัมผัสกันของพื้นผิว ซึ่งสามารถแบ่งรูปแบบได้ ดังนี้

- ประเภทการสัมผัสกันโดยที่วัสดุไทรโบอิเล็กทริกเคลื่อนที่เข้าหากันในทิศทางตั้งฉากกับพื้นผิวสัมผัส ดังรูปแบบ (ก) Vertical contact-separation mode และ (ข) Single electrode mode สามารถแสดงดังรูปที่ 2.5
- ประเภทการสัมผัสกันโดยที่วัสดุเคลื่อนที่โดยการสัมผัสกันโดยตรงหรือการเสียดสีกันในแนวนอนกับพื้นผิวสัมผัส ดังรูปแบบ (ค) Contact sliding mode และ (ง) Freestanding mode สามารถแสดงดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.5 รูปแบบพื้นฐานของระบบไมโครโรบอติก

- (ก) Vertical contact-separation mode (ข) Single electrode mode
 (ค) Contact sliding mode (ง) Freestanding mode

2.5 ข้อดี ข้อเสีย ของวัสดุไมโครโรบอติก

ตารางที่ 2.1 ข้อดี ข้อเสีย ของวัสดุไมโครโรบอติก

ข้อดี	ข้อเสีย
1. มีประสิทธิภาพสูงที่ความถี่ต่ำ 2. มีวัสดุหลากหลายประเภททั้ง โลหะ อโลหะ และพอลิเมอร์ ขนาดเล็ก และน้ำหนักเบา 3. สามารถทำงานได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งการสัมผัสในแนวตั้งฉากและขนานกับผิวสัมผัส	1. ไมโครโรบอติกให้แรงดันไฟฟ้าสูง และความต้านทานภายในสูง แต่มีค่ากระแสไฟฟ้ต่ำ 2. มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงในสภาวะต่าง ๆ จากปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ และความชื้น

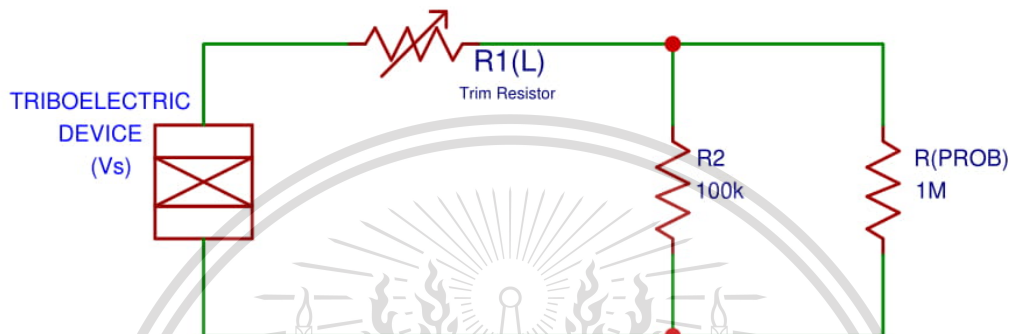
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

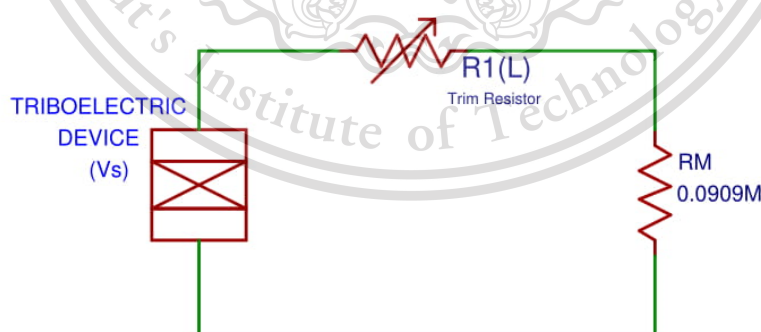
2.6 หลักการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum power transfer)

เป็นหลักการในการหาค่าความต้านทานที่จะทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุด กล่าวคือโหลดจะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด ก็ต่อเมื่อผลรวมของค่าความต้านทานรวมภายในแหล่งจ่ายมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานรวมของโหลด แต่เนื่องจากนำมาใช้งานกับระบบไทรโบอิเล็กทริกที่มีค่าความต้านทานภายในสูงระดับเมกะโอห์ม จึงจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบวงจรใหม่เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้เหมาะสม โดยจากการออกแบบสามารถออกแบบวงจรได้ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 วงจรเพื่อทดสอบกำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบไทรโบอิเล็กทริก

จากรูปที่ 2.6 แสดงวงจรที่ออกแบบเพื่อใช้งานกับระบบไทรโบอิเล็กทริกในการหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งวงจรมีประกอบไปด้วย แหล่งจ่ายไทรโบอิเล็กทริก (V_s) ตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_1) ตัวต้านทาน 100 k Ω (R_2) และค่าความต้านทานจากสายวัดผล (Probe) ของอุปกรณ์วัด 1 M Ω (R_p) ซึ่งสาเหตุที่ใช้สายวัดคร่อมตัวต้านทาน 100 k Ω เพราะต้องการให้ค่าความต้านทานต่างกัน 10 เท่า เพื่อลดการไหลของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายจะไม่ไหลในสายวัดผล ซึ่งจะช่วยให้ค่าในการวัดไม่มีความผิดพลาด



รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลของหลักการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด

จากรูปที่ 2.7 วงจรสมมูลของหลักการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด สามารถแสดงสมการ ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
จาก
$$V_s = V_{R1} + V_{RM} \quad (2.1)$$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้า
$$V_{R1} = \left(\frac{R1}{R1 + R_M} \right) V_S \quad (2.2)$$

สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าได้เป็น
$$P = \frac{V_S^2}{R1 + R_M} \quad (2.3)$$

เนื่องจาก R_1 กับ R_M มีค่าต่างกันมากจึงสามารถสรุปได้ว่า $R_1 = R_{\text{optimal}}$ และทำให้ V_S มีค่าประมาณเท่ากับ V_{R1} กล่าวคือ ค่าความต้านทาน R_1 ที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าความต้านทานตัวนั้นคือค่าความต้านทานภายในแหล่งจ่าย

2.7 ตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุ (capacitor) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เก็บสะสมประจุไฟฟ้าและคายประจุไฟฟ้าออกมาให้แก่วงจร มีหน่วยประจุ คือ ฟารัด (F) เป็นค่าปริมาณกระแสแอมป์ต่อวินาที ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่คล้ายกับแบตเตอรี่ แต่จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน คือ ตัวเก็บประจุมีความสามารถประจุไฟได้มากกว่า แบตเตอรี่ทำให้สามารถชาร์จได้เร็วกว่า แต่ก็สามารถใช้งานได้ในเวลาสั้นๆ ซึ่งจากคุณสมบัตินี้ทำให้การเลือกใช้ตัวเก็บประจุเหมาะสำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยหลักการไทรโอบีเล็กทริกที่ให้กระแสไฟฟ้าน้อย และให้พลังงานไฟฟ้าต่ำ

การเลือกชนิดของตัวเก็บประจุ ควรเลือกใช้งานขนาดของตัวเก็บประจุให้เหมาะสมกับพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากแหล่งจ่ายและรูปแบบการนำไปใช้งาน สำหรับระบบไทรโอบีเล็กทริกที่หลักการทำงานไม่ได้ให้พลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องหากไม่มีการสัมผัสกันของวัสดุก็จะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของประจุ ดังนั้นควรเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่คายประจุได้ช้าที่สุด เพื่อให้สามารถเก็บพลังงานได้นานที่สุด ซึ่งชนิดของตัวเก็บประจุที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย 3 ชนิด ดังนี้

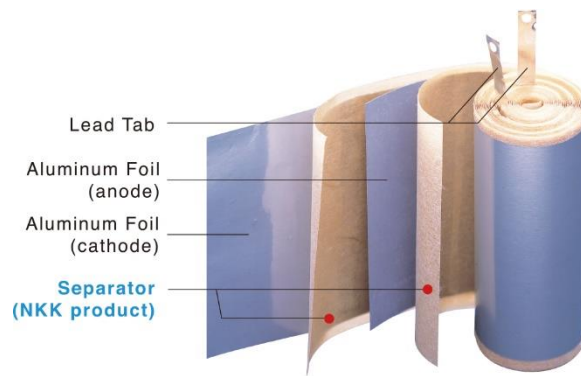
- ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) เป็นตัวเก็บประจุที่ลักษณะเป็นทรงกระบอก มีขั้วทางไฟฟ้าบวกและลบ ภายในมีสารละลายอิเล็กโทรไลต์และอิเล็กโทรด ทำให้ค่าของตัวเก็บประจุสูงสามารถทนแรงดันทางไฟฟ้าได้ดี ข้อเสียก็คือ ประจุไฟฟ้าสามารถรั่วไหลได้ง่าย และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูง การใช้งานต้องต่อให้ถูกขั้ว เพราะเมื่อต่อสลับขั้วจะทำให้สารละลายภายในเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดความเสียหายได้ ตัวเก็บประจุชนิดนี้สามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้ดีและสามารถเก็บประจุได้มาก แต่อาจจะไม่เหมาะกับการนำมาใช้กับระบบไทรโอบีเล็กทริก เพราะการที่มีประจุไฟฟ้ารั่วไหลได้ง่าย จะทำให้ไม่สามารถเก็บประจุได้นานเพียงพอ แสดงโครงสร้างภายใน ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

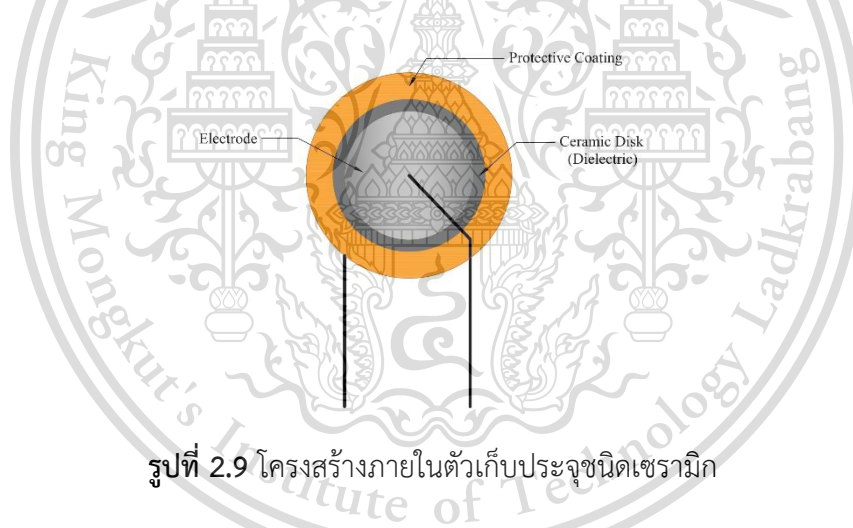
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.8 โครงสร้างภายในตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์

- ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก (Ceramic) เป็นตัวเก็บประจุที่มีลักษณะกลมแบน มีค่าคงที่ ไม่มีขั้วไฟฟ้า และมีฉนวนที่เป็นเซรามิกและอิเล็กโทรดอยู่ภายใน ภายนอกหุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้า โดยแบบเซรามิกนั้น มีความเป็นฉนวนสูงทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานและกระแสรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าน้อย เนื่องจากคุณสมบัติภายในที่มีความเป็นฉนวนสูงและการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าน้อย จึงเหมาะสมกับการนำมาใช้ทดสอบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากระบบโทรโบอิเล็กทริก แสดงโครงสร้างภายใน ดังรูปที่ 2.9



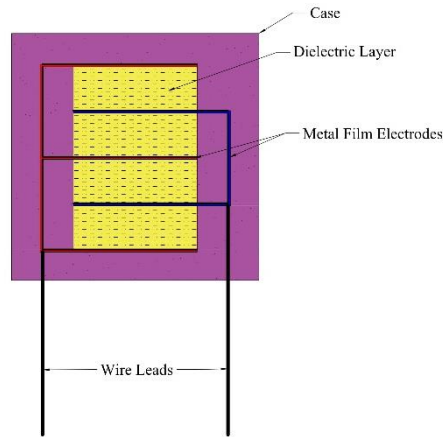
รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

- ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์ (Mylar) มีลักษณะเป็นกล่องทรงสี่เหลี่ยม ไม่มีขั้วทางไฟฟ้า ตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับแบบเซรามิก ภายในมีแผ่นฟิล์มอิเล็กโทรดชั้นกลางด้วยสารไดอิเล็กทริก ภายนอกห่อหุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้า สามารถเรียกอีกชื่อว่า ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มโพลีเอสเตอร์ สามารถทนความร้อนได้ดี ทนแรงดันได้สูง การรั่วไหลของประจุน้อยและมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดต่ำ จากคุณสมบัตินี้ จึงเหมาะสมกับการนำมาใช้ทดสอบเก็บพลังงานไฟฟ้าจากระบบโทรโบอิเล็กทริก แสดงโครงสร้างภายใน ดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

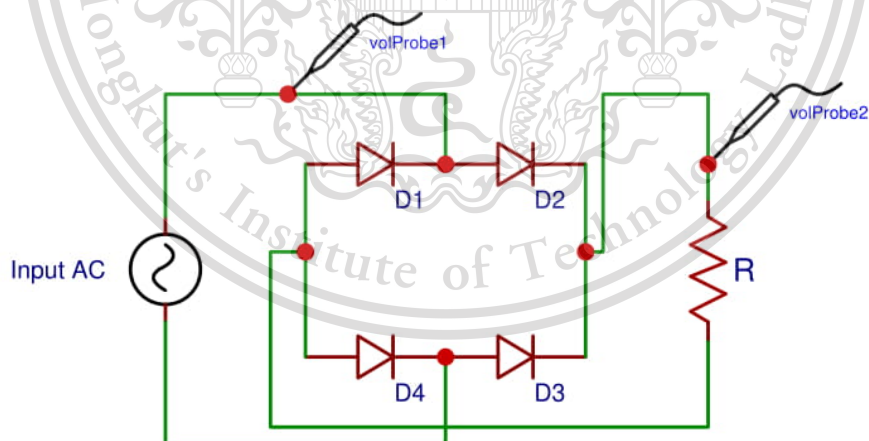
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในตัวเก็บประจุชนิดไม่ล้า

2.8 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

วงจรเรียงกระแส (Rectifier) เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยจะใช้ไดโอดเป็นอุปกรณ์หลักในการแปลงทิศทางกระแสภายในวงจร ซึ่งไดโอดที่นำมาใช้นิยมกันเป็นแบบ ชนิดซิลิกอน สำหรับวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ จะใช้ไดโอดทั้งหมด 4 ตัว ดังนี้

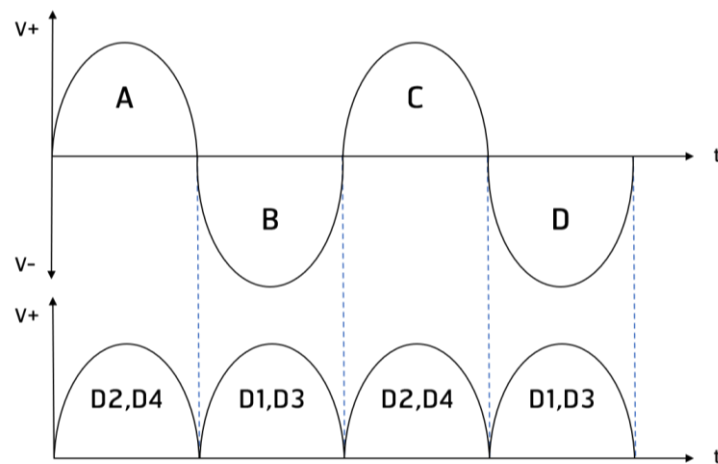


รูปที่ 2.11 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.12 สัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

จากรูปที่ 2.11 และรูปที่ 2.12 เมื่อมีสัญญาณที่เป็นกระแสสลับที่เป็นด้านบวกเข้ามาแล้ว จะทำให้กระแสไหลเข้าไดโอด D_2 และ D_4 หรือได้รับการไบอัสตรง เป็นผลให้ได้สัญญาณไฟฟ้าออกมาเป็นด้านบวกทั้งหมด และเมื่อมีสัญญาณที่เป็นกระแสสลับที่เป็นด้านลบเข้ามาแล้ว จะทำให้กระแสไหลเข้าไดโอด D_1 และ D_3 หรือได้รับการไบอัสตรง ซึ่งเป็นผลให้ได้ สัญญาณไฟฟ้าออกมาเป็นด้านบวกทั้งหมดเช่นกัน เมื่อนำมารวมกันแล้ว จะได้สัญญาณไฟฟ้าที่เป็นคลื่นสัญญาณด้านเดียวกันทั้งหมด และสำหรับการนำไปใช้งานควรต่อเข้ากับตัวเก็บประจุเพื่อที่จะเรียบเรียงคลื่นสัญญาณเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่เป็นเส้นตรง จึงจะสามารถนำไปใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

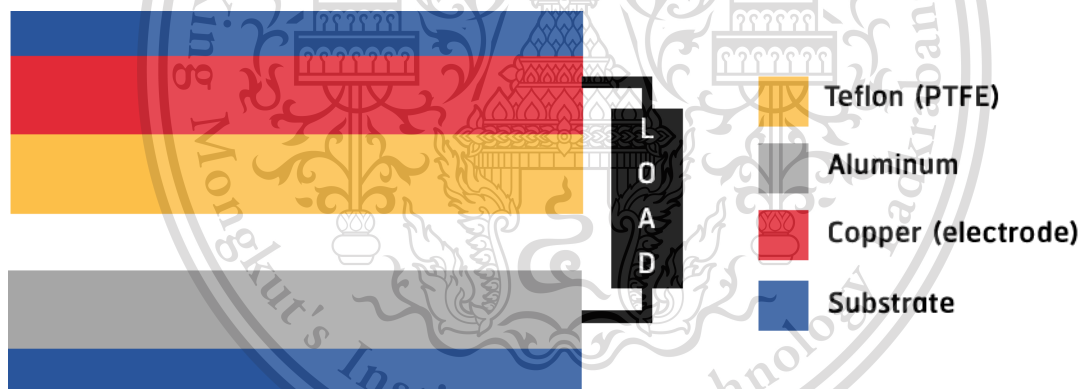
บทที่ 3

การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพโครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน

3.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบโครงสร้างพื้นรองเท้า

วัสดุประเภทโพลีเอทิลีนทริก มีปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก โดยปัจจัยภายใน ได้แก่ รูปแบบโครงสร้าง ชนิดวัสดุโพลีเอทิลีนทริก ขนาดของวัสดุ ระยะห่างระหว่างวัสดุทั้งสองชนิด รวมถึงความเร็วของการสัมผัสกัน และปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น

ในการออกแบบโครงสร้างนั้นจะต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งาน โดยการใช้งานนั้นจะนำโครงสร้างพื้นโพลีเอทิลีนทริกที่ออกแบบไปใช้งานภายในพื้นรองเท้า ซึ่งมีปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ ขนาดของวัสดุโพลีเอทิลีนทริก และระยะห่างของวัสดุทั้งสองชนิด รวมถึงปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ตำแหน่งที่ได้รับแรงมากที่สุดและความรู้สึกเมื่อสวมใส่รองเท้า



รูปที่ 3.1 วัสดุที่ใช้สำหรับโครงสร้างแบบ Vertical contact-separation mode

จากรูปที่ 3.1 แสดงรูปแบบโครงสร้างที่ใช้ในการสร้างพื้นเก็บเกี่ยวพลังงานประเภท Vertical contact - separation mode อาศัยการสัมผัสกันของหน้าสัมผัสพื้นผิวของวัสดุ ที่มีระยะห่างระหว่างวัสดุคงที่ ซึ่งโครงสร้างรูปแบบนี้มีลักษณะสอดคล้องกับการลงน้ำหนักเท้าทั้งการเดินและการวิ่ง และใช้วัสดุโพลีเอทิลีนทริก ได้แก่ อลูมิเนียม (Aluminum) และเทฟลอน (Teflon ; PTFE) เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุทั้งสองประเภทนี้ เพราะมีความแตกต่างกันทางด้านความเด่นของประจุอย่างชัดเจน โดยหากวัสดุที่เลือกใช้มีความเด่นประจุแตกต่างกันมากจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้ามากขึ้น ส่งผลให้อิเล็กตรอนสามารถไหลได้มากทำให้เกิดกระแสไหลไม่ช้าได้มากขึ้น โดยอลูมิเนียมมีความเด่นประจุบวกมาก และเทฟลอนมีความเด่นประจุลบมากสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

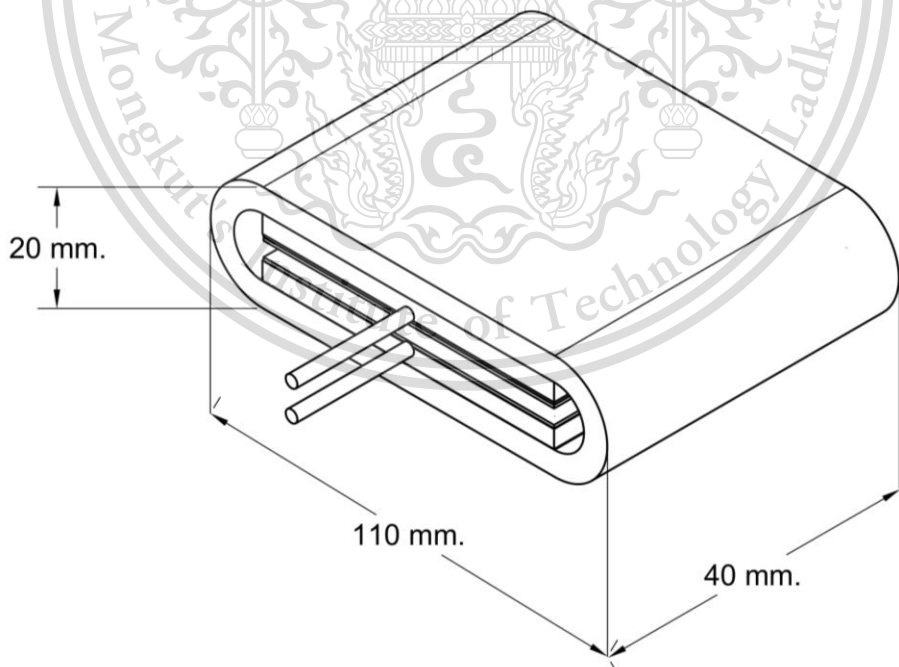
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 การออกแบบโครงสร้างพื้นรองเท้า

จากปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวมาในหัวข้อก่อนหน้านี้ ทำให้ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างพื้นรองเท้า จะออกแบบโครงสร้างให้มีความสอดคล้องกับลักษณะรองเท้าที่ใช้ ซึ่งในที่นี้จะใช้รองเท้าประเภทออกกำลังกายที่มีส้นรองเท้าค่อนข้างหนา เพื่อให้สามารถนำโครงสร้างพื้นไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งก็คือบริเวณส้นเท้าที่จะมีแรงกดทับมากที่สุด ซึ่งลักษณะการเคลื่อนที่ของเท้าสอดคล้องกับรูปแบบโครงสร้างพื้นแบบ Vertical contact – separation mode และกำหนดให้มีระยะห่างระหว่างวัสดุโพรโอบีเล็กทริกทั้งสองชนิดเท่ากับ 5 มิลลิเมตร เพื่อให้เกิดความเร็วในการสัมผัสกันที่เพียงพอ

3.2.1 โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 1

การออกแบบโครงสร้างแบบที่ 1 ใช้พลาสติก Ethylene acetate (EVA) เป็นโครงสร้างหลักครอบโครงสร้างภายนอกไว้ และนอกจากนี้ พลาสติกชนิด EVA ยังมีคุณสมบัติยืดหยุ่น สามารถคืนตัวได้เมื่อมีแรงกระทำ ทำให้ยังมีทำหน้าที่เป็นวัสดุที่กำหนดระยะห่างระหว่างวัสดุโพรโอบีเล็กทริกเท่ากับ 5 มิลลิเมตร และด้านในมีวัสดุประเภท Polylactic acid (PLA) ใช้ในการยึดติดกับวัสดุโพรโอบีเล็กทริก สามารถแสดงขนาดของโครงสร้าง ดังรูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างในมุมมองต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.3 และแสดงโครงสร้างจริงที่ได้จากการออกแบบ ดังรูปที่ 3.4

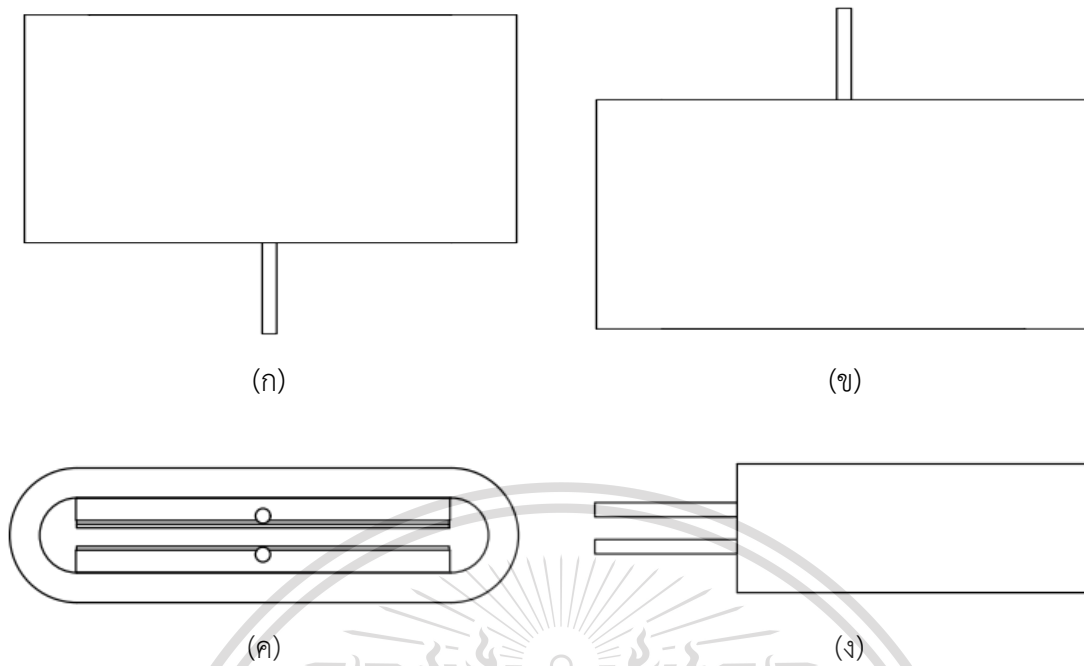


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ **รูปที่ 3.2** โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 1 (Isometric) ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



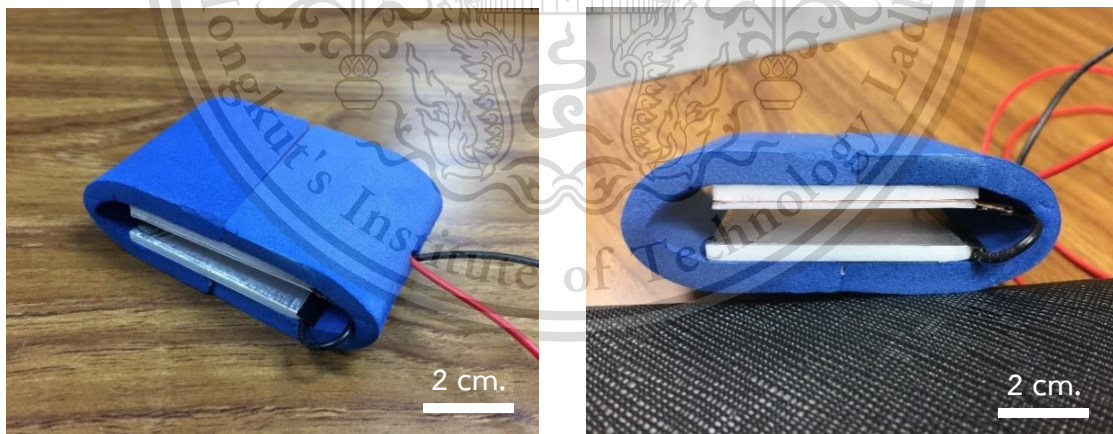
รูปที่ 3.3 โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 1 ในมุมมองต่าง ๆ

(ก) ด้านบน

(ข) ด้านล่าง

(ค) ด้านหน้า

(ง) ด้านข้าง



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.4 โครงสร้างจริงของพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 1

(ก) Isometric

(ข) ด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2 โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 2

การออกแบบโครงสร้างแบบที่ 2 ใช้วัสดุประเภท Polylactic acid (PLA) หรือเส้นใย 3D print เป็นโครงสร้างหลักครอบคลุมบริเวณภายนอกของโครงสร้าง และใช้ในการยึดติดวัสดุไทโรโบอิเล็คทริก โดยออกแบบให้มีโครงสร้างตามรูปแบบที่ต้องการ และใช้สปริงรับแรงกดในการกำหนดระยะห่างระหว่างวัสดุไทโรโบอิเล็คทริกเท่ากับ 5 มิลลิเมตร สามารถแสดงขนาดของโครงสร้าง ดังรูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างในแต่ละมุมมอง ดังรูปที่ 3.6 และแสดงโครงสร้างจริงที่ได้จากการออกแบบ ดังรูปที่ 3.7

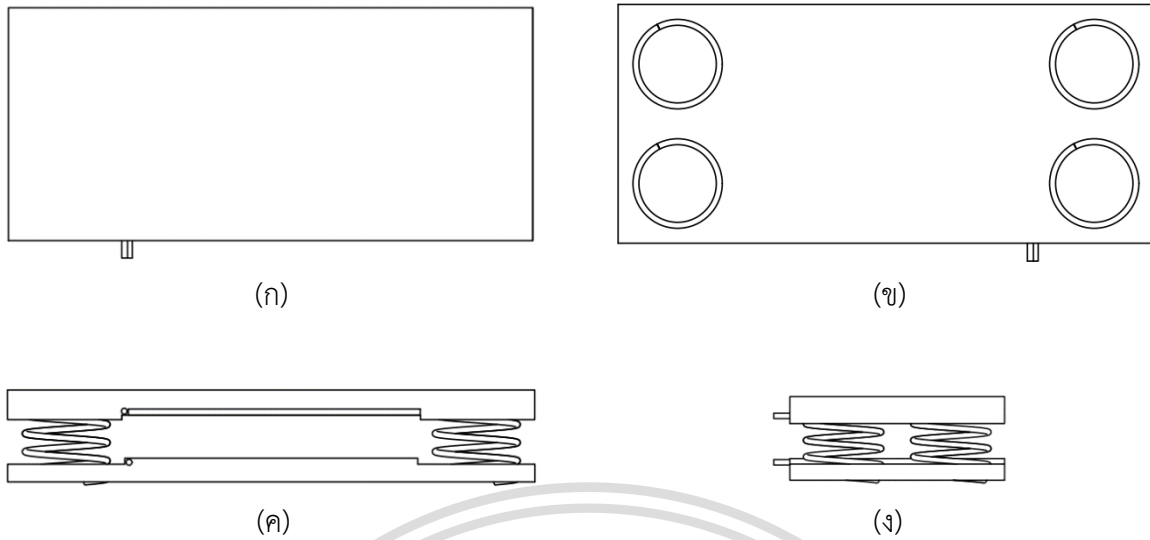


รูปที่ 3.5 โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 2 (Isometric)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

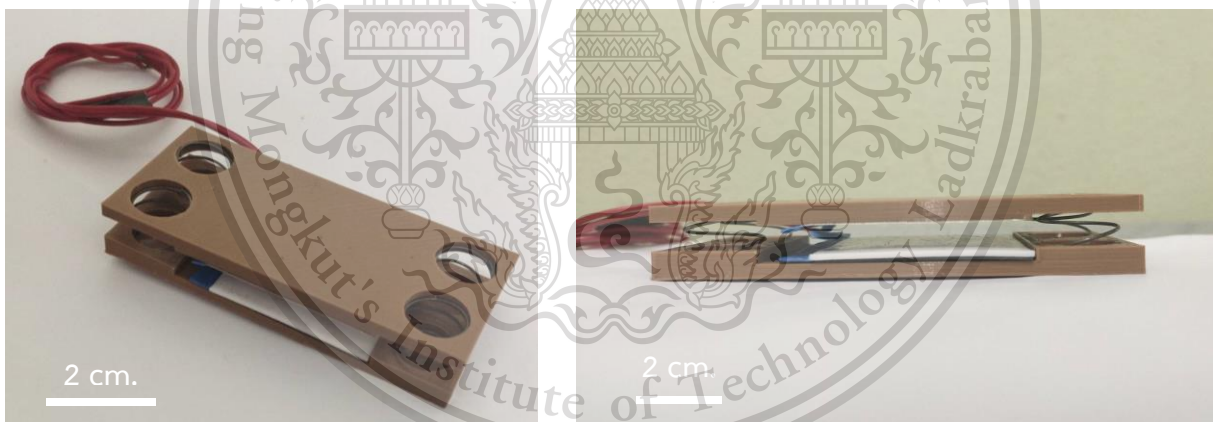
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.6 โครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 2 ในมุมมองต่าง ๆ

- (ก) ด้านบน
- (ข) ด้านล่าง
- (ค) ด้านหน้า
- (ง) ด้านข้าง



(ก) (ข)

รูปที่ 3.7 โครงสร้างจริงของพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน แบบที่ 2

- (ก) Isometric
- (ข) ด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

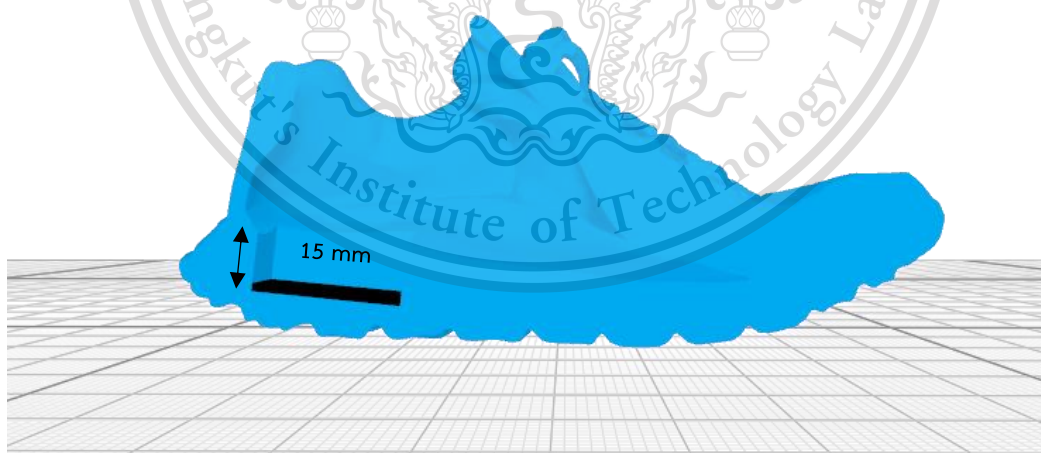
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน

เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของโครงสร้างด้านความคงทนในการรับน้ำหนักจากการกดทับที่จะไม่ส่งผลให้ระยะห่างระหว่างวัสดุโพลีเอทิลีนทริกที่กำหนดไว้เท่ากับ 5 มิลลิเมตร เปลี่ยนแปลงไป โดยการนำไปทดสอบภายในรองเท้าในตำแหน่งบริเวณส้นเท้า ดังรูปที่ 3.8 เพื่อเลือกโครงสร้างที่มีวัสดุที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการทำพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน

จากการทดสอบพบว่า โครงสร้างรูปแบบที่ 1 เมื่อผ่านการรับน้ำหนักเป็นระยะเวลาหนึ่งจะทำให้วัสดุแผ่นพลาสติก EVA เกิดการหดตัว ส่งผลให้ระยะการคืนตัวของวัสดุไม่เท่าเดิม ทำให้ระยะห่างระหว่างวัสดุโพลีเอทิลีนทริกมีค่าลดน้อยลง แต่โครงสร้างรูปแบบที่ 2 เมื่อผ่านการรับน้ำหนักด้วยเวลาเท่ากัน โครงสร้างไม่มีการหดตัว และยังคงสามารถคืนตัวได้ตามระยะที่กำหนด ทำให้ระยะห่างระหว่างวัสดุโพลีเอทิลีนทริกไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป

ดังนั้น จากการออกแบบโครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงานทั้ง 2 รูปแบบ สามารถสรุปได้ว่า โครงสร้างรูปแบบที่ 2 มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานในพื้นที่รองเท้ามากกว่ารูปแบบที่ 1 ด้วยสาเหตุจากความคงทนของโครงสร้างและวัสดุที่เหมาะสมมากกว่า ซึ่งจะไม่ส่งผลให้ค่าตัวแปรระยะห่างระหว่างวัสดุโพลีเอทิลีนทริกเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งโครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงานภายในรองเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

การประเมินค่าคุณลักษณะเฉพาะของโครงสร้างพื้นฐานรองรับเก็บเกี่ยวพลังงาน

4.1 การทดลองคุณลักษณะเฉพาะของโครงสร้างพื้นฐานรองรับ

หลังจากได้โครงสร้างพื้นฐานรองรับจากการออกแบบที่เหมาะสมแล้ว ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนในการทดลองคุณลักษณะเฉพาะของระบบพื้นฐานรองรับเก็บเกี่ยวพลังงานโทรโบอิเล็กทริก เพื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุด

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง ใช้โครงสร้างพื้นฐานที่ออกแบบเหมือนกันและวัสดุโทรโบอิเล็กทริกมีขนาดเท่ากันเท่ากับ 40x40 มิลลิเมตร แต่เปลี่ยนวัสดุโทรโบอิเล็กทริกให้มีความหนาแตกต่างกัน กำหนดให้อลูมิเนียมมีความหนาเท่าเดิม แต่สำหรับเทปลอนจะเปลี่ยนความหนาของเทปลอนเป็น 3 ขนาดแตกต่างกัน ได้แก่ ความหนา 0.01 มิลลิเมตร (แบบบาง) ความหนา 0.2 มิลลิเมตร (แบบกลาง) และความหนา 0.4 มิลลิเมตร (แบบหนา) เพื่อเปรียบเทียบว่าความหนาเท่าใดจะทำค่าคุณลักษณะเฉพาะมีค่ามากที่สุด

การทดลองมีการออกแบบชุดทดลองสำหรับใช้ทดสอบ ออกแบบให้สามารถควบคุมปัจจัยภายนอกบางประการ ได้แก่ ความถี่ในการกวดทับ ซึ่งมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 และ 4.2

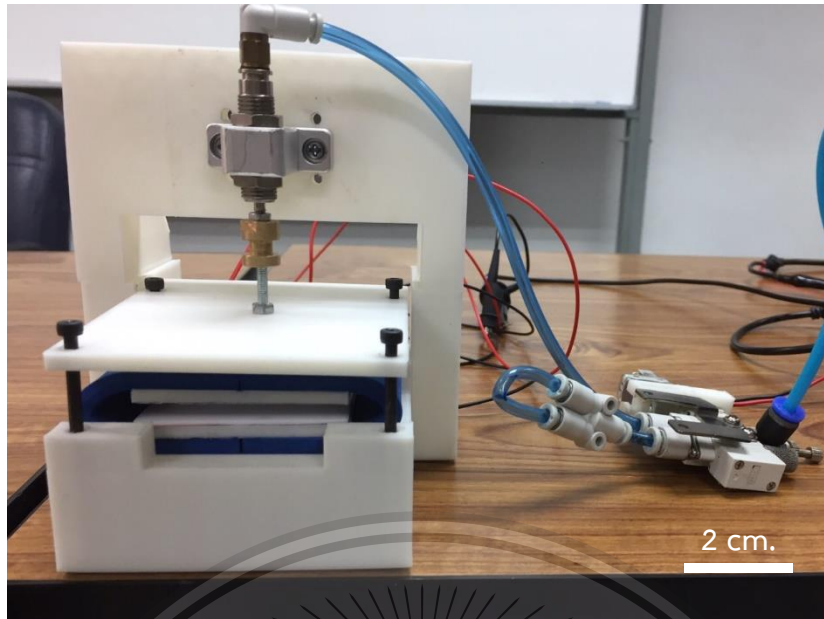
ตารางที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองคุณลักษณะเฉพาะของโครงสร้างพื้นฐานรองรับ

อุปกรณ์ที่ใช้	จำนวน
ชุดทดสอบ (Test Bench)	2 ชุด
Oscilloscope	1 เครื่อง
Function Generator	1 เครื่อง
วงจรควบคุมการทำงาน	1 วงจร
Regulator ควบคุมแรงดันลม	1 ตัว
Pump	1 ตัว
ตัวต้านทานปรับค่าได้ระหว่าง 0.1-130 M Ω	1 ตัว
ตัวต้านทาน 100 K Ω	1 ตัว

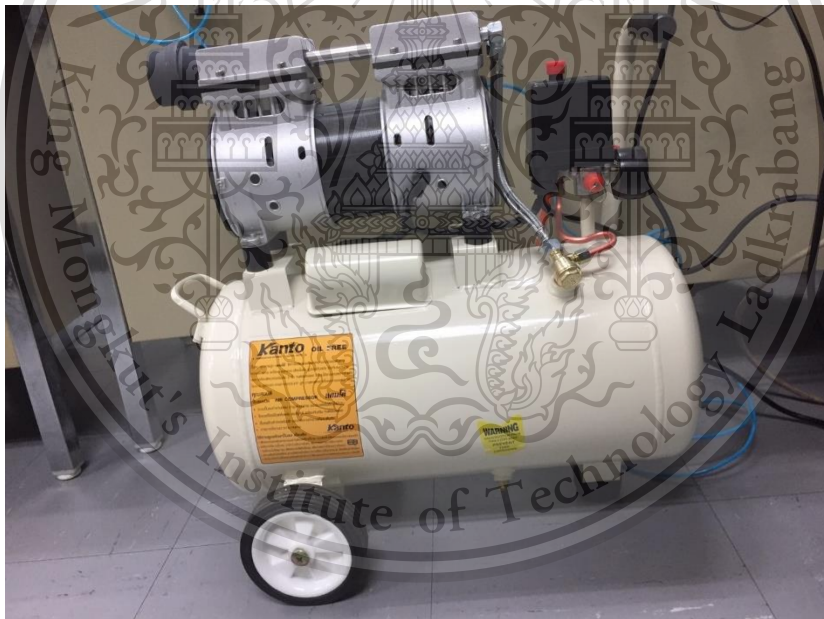
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.1 ชุดทดสอบประกอบกับโครงสร้างพื้นฐานที่เชื่อมต่อกับระบบลูกสูบ



รูปที่ 4.2 ระบบแรงดันและปั๊มลม

4.1.1 เงื่อนไขและขั้นตอนการทดลอง

เงื่อนไขการทดลอง กำหนดตัวแปรควบคุมในการทดลอง ได้แก่ แรงดันลม 6 บาร์ ความถี่ในการกดทับของลูกสูบ 2-เฮิร์ต ตัวเก็บประจุค่าระหว่าง 0.1-130 M Ω ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการทดลอง 60 - 68% และอุณหภูมิ 24.0 องศาเซลเซียส

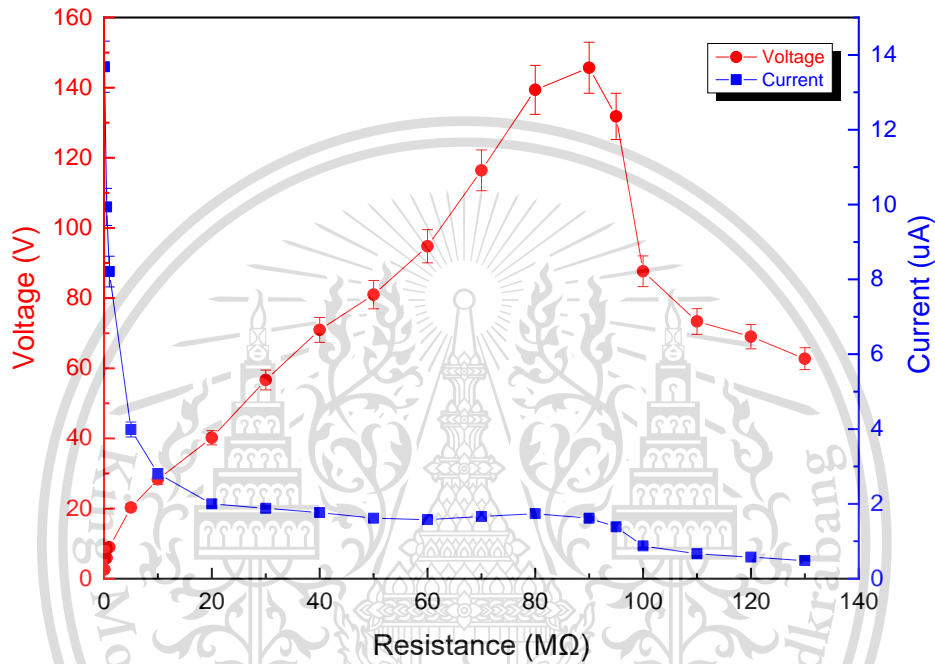
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

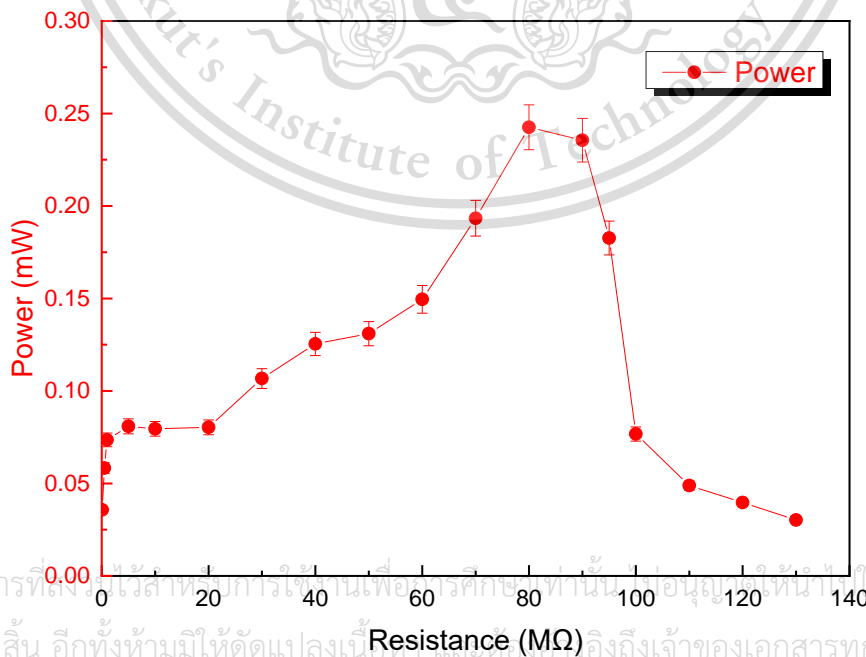
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ขั้นตอนการทดลอง ชุดทดสอบที่ประกอบด้วยโครงสร้างพื้นเก็บเกี่ยวพลังงานจากการออกแบบ เชื่อมต่อกับลูกสูบที่ต่อกับระบบแรงดันลมและปั๊มลมทำงานที่ 4 – 6 บาร์ ที่มีตัวควบคุมแรงดันลม (Regulator) กำหนดที่ 6 บาร์ ให้ลูกสูบทำงานอัตโนมัติด้วยวงจรควบคุมการทำงานตามสัญญาณและปรับค่า ความต้านทานในช่วงที่แตกต่างกันแล้วบันทึกผลค่าแรงดันไฟฟ้า ทำซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง และนำไปคำนวณ กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และพลอตกราฟผลการทดลอง ซึ่งมีผลการทดลองดังหัวข้อ 4.1.1.1 – 4.1.1.3

4.1.1.1 การทดลองอุณหภูมิและเทปลอนความหนา 0.01 มิลลิเมตร (แบบบาง)



รูปที่ 4.3 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของอุณหภูมิและเทปลอนความหนา 0.01 มิลลิเมตร (แบบบาง)



รูปที่ 4.4 กำลังไฟฟ้าของอุณหภูมิและเทปลอนความหนา 0.01 มิลลิเมตร (แบบบาง)

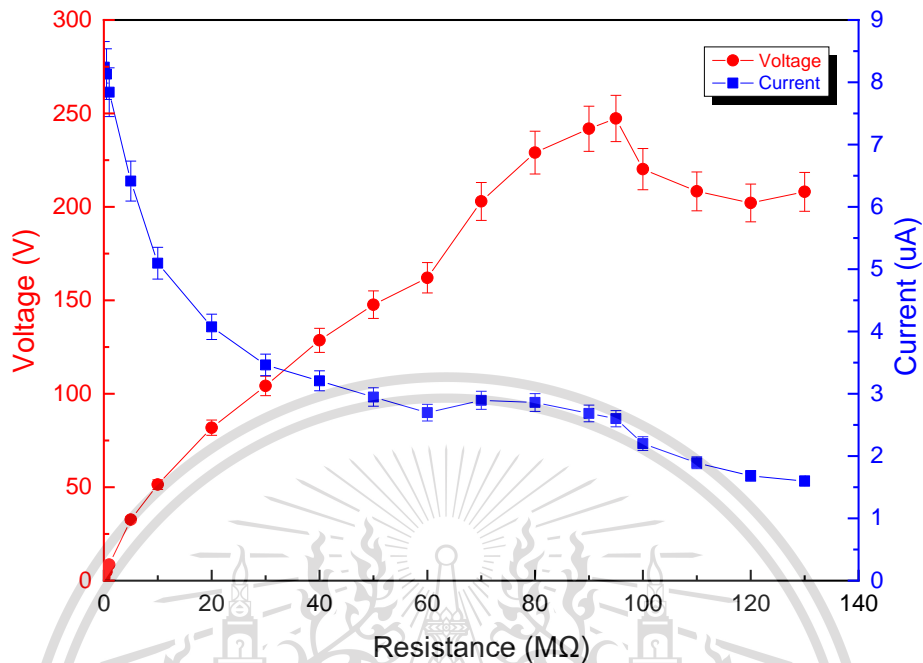
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และให้ข้อมูลถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

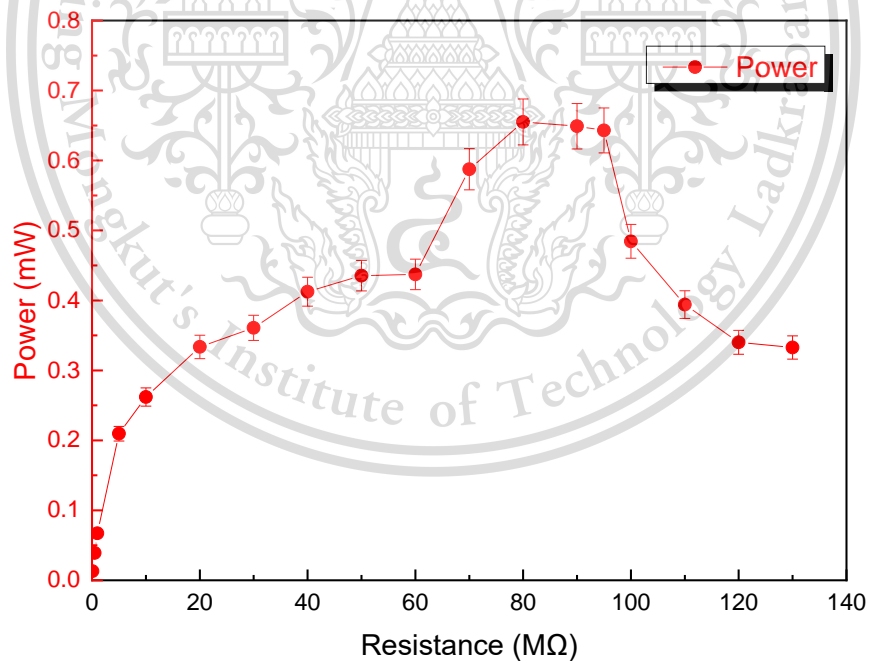
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.1.2 การทดลองอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.2 มิลลิเมตร (แบบกลาง)



รูปที่ 4.5 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.2 มิลลิเมตร (แบบกลาง)



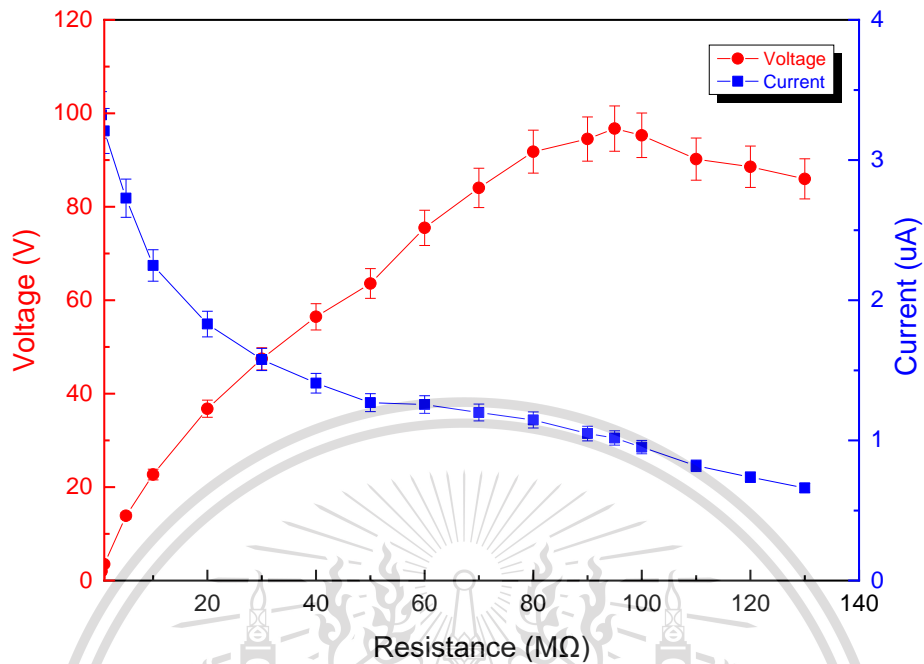
รูปที่ 4.6 กำลังไฟฟ้าของอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.2 มิลลิเมตร (แบบกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

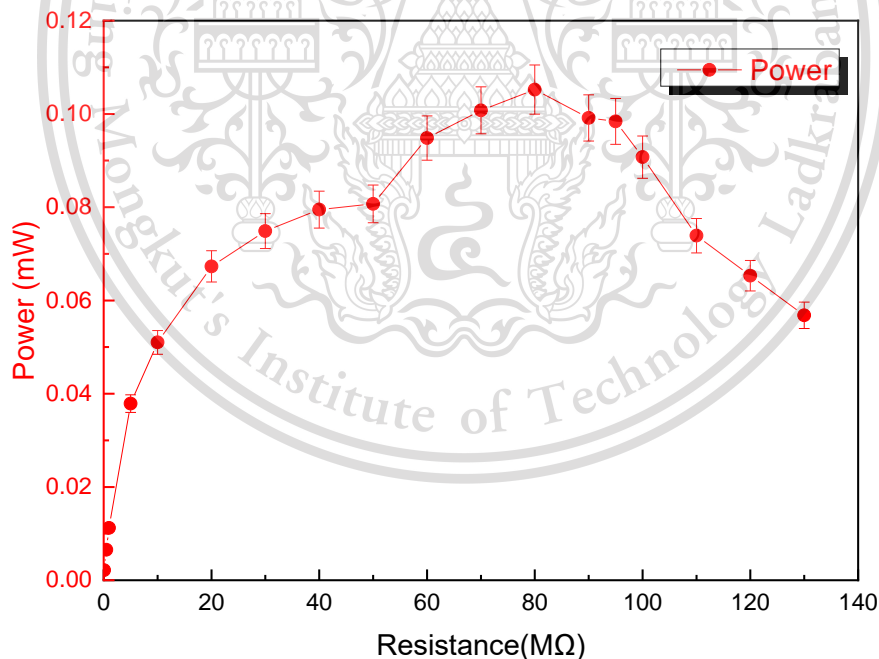
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.1.3 การทดลองอูมินัมและเทปลอนความหนา 0.4 มิลลิเมตร (แบบหนา)



รูปที่ 4.7 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของอูมินัมและเทปลอนความหนา 0.4 มิลลิเมตร (แบบหนา)



รูปที่ 4.8 กำลังไฟฟ้าของอูมินัมและเทปลอนความหนา 0.4 มิลลิเมตร (แบบหนา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.2 การเปรียบเทียบและสรุปผลคุณลักษณะเฉพาะของโครงสร้างพื้นรองเท้า

จากกราฟแสดงผลการทดลองของระบบที่มีวัสดุไทรโบอิเล็กทริกประเภทเทปลอนที่แตกต่างกัน พบว่าระบบที่มีวัสดุไทรโบอิเล็กทริกระหว่างอลูมินัมกับเทปลอนความหนา 0.2 มิลลิเมตร ทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 229.06 V, 2.86 μ A และที่ค่าความต้านทาน 80 M Ω ทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 0.655 mW ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเทปลอนความหนา 0.01 มิลลิเมตร และความหนา 0.4 มิลลิเมตร

เหตุผลที่ทำให้โครงสร้างที่มีเทปลอนความหนา 0.2 มิลลิเมตร มีค่าคุณลักษณะเฉพาะมากที่สุด เนื่องจากแรงกระทำและระยะห่างระหว่างวัสดุในการทดลองทั้ง 3 แบบมีค่าเท่ากัน ดังนั้น อาจจะเป็นผลมาจากความหนาแน่นของประจุที่ถูกเหนี่ยวนำภายในวัสดุและประจุที่ผิวของวัสดุ ซึ่งแบบความหนา 0.01 มิลลิเมตร อาจจะไม่มีความบางเกินไป ทำให้ประจุที่ถูกเหนี่ยวนำและประจุที่ผิวน้อย และสำหรับความหนา 0.4 มิลลิเมตร อาจจะไม่มีความหนามากเกินไป ทำให้ประจุภายในวัสดุไม่ถูกเหนี่ยวนำทั้งหมดเนื่องจากแรงกระทำไม่เพียงพอ แต่สำหรับความหนา 0.4 มิลลิเมตร ปัจจัยในการทดลองมีความเหมาะสมมากกว่าจึงส่งผลให้ค่าคุณลักษณะมากที่สุด และนอกจากนี้ยังสามารถสรุปผลได้อีกว่า แม้จะใช้วัสดุไทรโบอิเล็กทริกเทปลอนที่มีความหนาที่แตกต่างกัน แต่หากมีโครงสร้างหรือปัจจัยอื่นที่สำคัญเหมือนกัน จะทำให้ค่าความต้านทานที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดมีความใกล้เคียงกันด้วย

จากผลการทดลองพบว่าผลแรงดันไฟฟ้าในช่วงตั้งแต่ 100 – 130 M Ω มีค่าน้อยลง ซึ่งตามทฤษฎีแล้วเมื่อความต้านทานมากขึ้นแรงดันไฟฟ้าควรจะมากขึ้น ปัญหาเกิดจากในช่วง 0.1 – 95 M Ω ใช้ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ตัวเดียวกัน ในขณะที่ค่าที่มากกว่านั้นใช้การต่อตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ร่วมกับตัวต้านทานที่ต่อกับบอร์ดวงจร ทำให้อาจจะเกิดผลของค่าความจุในอากาศจนอาจจะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น การทดลองควรจะใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่มีช่วงระหว่าง 0.1 – 130 M Ω

4.2 การทดลองประสิทธิภาพของประเภทตัวเก็บประจุ

เป็นการทดลองเพื่อหาประเภทของตัวเก็บประจุที่ดีที่สุด จากการสังเกตลักษณะการคายประจุของตัวเก็บประจุแต่ละประเภท โดยประเภทของตัวเก็บประจุประกอบด้วย 3 ประเภท ได้แก่ อิเล็กโทรไลต์ เซรามิก และไมลา ตัวเก็บประจุใช้ค่าเท่ากันเท่ากับ 0.1 μ F ซึ่งมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ 4.2 และดังรูปที่ 4.9

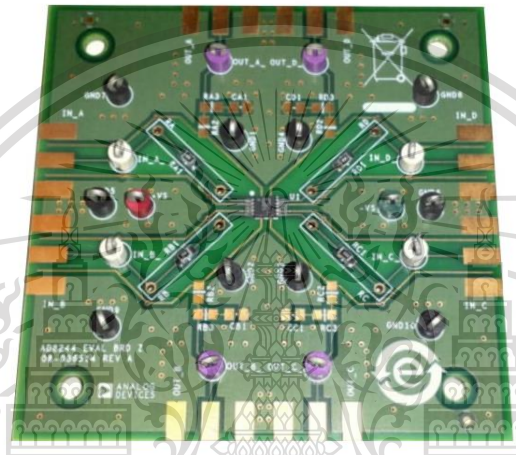
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

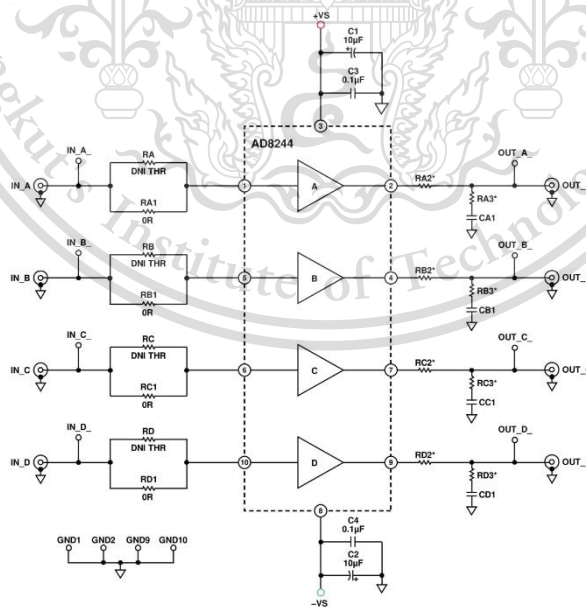
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประสิทธิภาพของประเภทตัวเก็บประจุ

อุปกรณ์ที่ใช้	จำนวน
Oscilloscope	1 เครื่อง
ตัวเก็บประจุอิเล็กโทรไลต์ดิก 0.1 μF	1 ตัว
ตัวเก็บประจุเซรามิก 0.1 μF	1 ตัว
ตัวเก็บประจุไมล้า 0.1 μF	1 ตัว
วงจรบัพเฟอร์	1 วงจร



(ก)



(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.9 วงจรบัพเฟอร์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) วงจรบัพเฟอร์

(ข) Schematic วงจรบัพเฟอร์

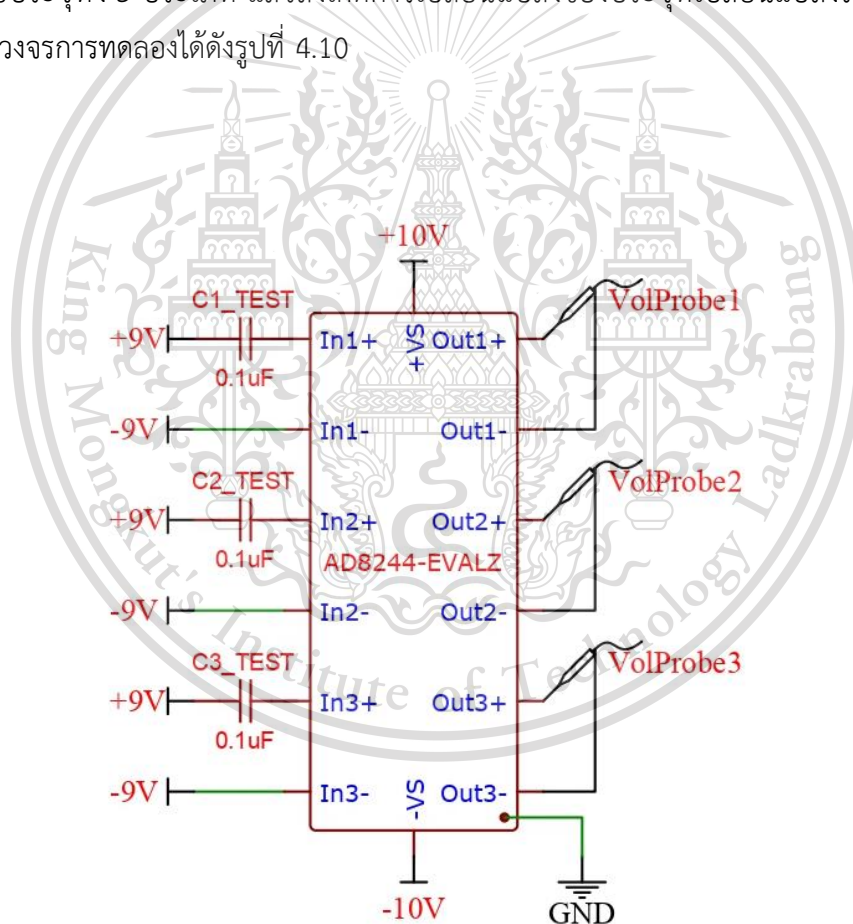
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1 เงื่อนไขและขั้นตอนการทดลอง

เงื่อนไขการทดลอง กำหนดตัวแปรควบคุม ได้แก่ ประเภทตัวเก็บประจุ อิเล็กโทรไลต์ เซรามิก และไม
 ล่า ที่มีค่าตัวเก็บประจุ $0.1 \mu\text{F}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 65% และอุณหภูมิ 26.6 องศาเซลเซียส เนื่องจากตัวเก็บ
 ประจุที่ใช้มีค่าน้อยซึ่งเมื่อนำมาต่อกับอุปกรณ์วัดที่มีค่าความต้านทานภายในเท่ากับ $1 \text{ M}\Omega$ ซึ่งทำให้ค่าเวลา
 คงที่ของระบบมีค่าน้อยจนไม่สามารถสังเกตพฤติกรรมการคายประจุของแต่ละประเภทได้อย่างชัดเจน ดังนั้น
 การใช้วงจรบัฟเฟอร์ที่มีความต้านทานภายในระดับเทระโอห์ม จะทำให้ค่าเวลาคงที่ของระบบสูงมากขึ้น ซึ่งจะ
 ทำให้สามารถสังเกตการลดลงของประจุภายในตัวเก็บประจุได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนการทดลอง ต่อแหล่งจ่ายขนาด 9 โวลต์ ให้ตัวเก็บประจุแต่ละประเภทโดยเชื่อมต่อกับขาเข้า
 ของวงจรบัฟเฟอร์แต่ละ channel และขาออกของวงจรบัฟเฟอร์เชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัด จากนั้นปลดแหล่งจ่าย
 ออกจากตัวเก็บประจุทั้ง 3 ประเภท แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของประจุที่เปลี่ยนแปลงไป สามารถแสดง
 รูปการเชื่อมต่อวงจรการทดลองได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 วงจรการทดลองการคายประจุของตัวเก็บประจุ

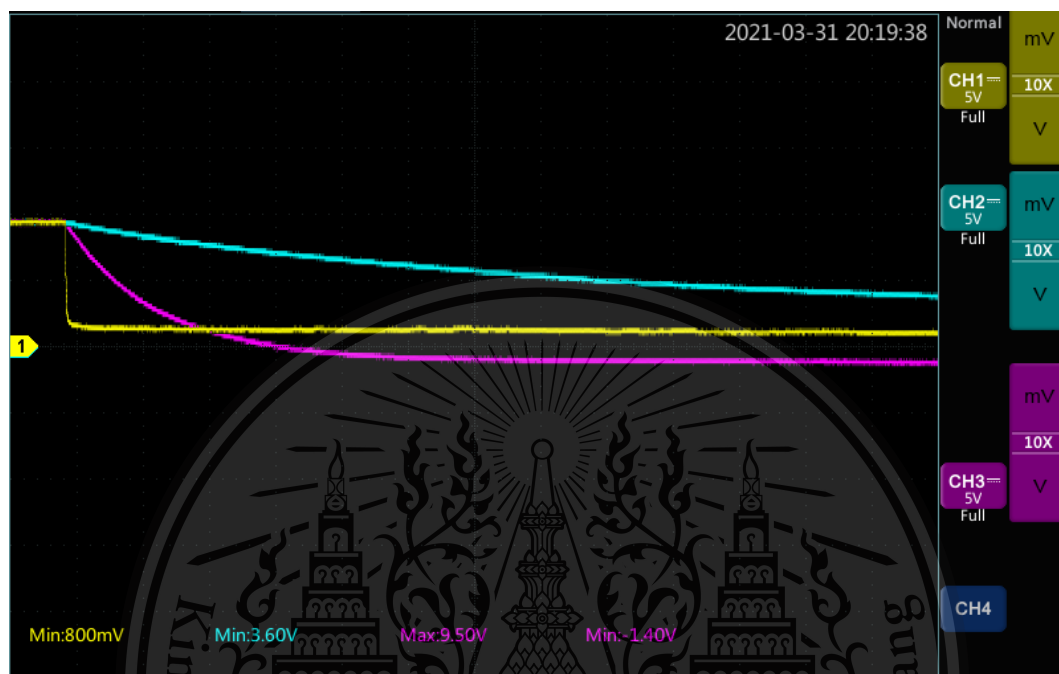
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1.1 การทดลองการคายประจุของตัวเก็บประจุ

กำหนด กราฟเส้นสีฟ้า เป็นตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก กราฟเส้นม่วง เป็นตัวเก็บประจุชนิดไมล้า และ กราฟเส้นสีเหลือง เป็นตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งแสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การทดลองการคายประจุ

4.2.2 สรุปผลการทดลองประสิทธิภาพของตัวเก็บประจุ

จากการทดลองการคายประจุของตัวเก็บแต่ละประเภทพบว่า ตัวเก็บประจุที่มีอัตราการคายประจุต่ำที่สุดเป็นชนิดเซรามิก ไมล้า และอิเล็กโทรไลต์ ตามลำดับ สามารถสรุปได้จากองค์ประกอบสำคัญของตัวเก็บประจุ นั่นคือ ระยะเวลาของแผ่นโลหะ พื้นที่ผิวของแผ่นโลหะ และชนิดของวัสดุฉนวน ซึ่งในการทดลองเป็นการใช้ตัวเก็บประจุที่มีฉนวนต่างชนิดกันทำให้ฉนวนมีค่าไดอิเล็กทริกที่แตกต่างกัน แต่วัสดุฉนวนทุกชนิดไม่ได้มีความเป็นอุดมคติ ซึ่งส่งผลให้เกิดค่ากระแสไฟฟ้ารั่วไหลในวัสดุ โดยหากวัสดุมีค่าไดอิเล็กทริกมากจะทำให้เกิดกระแสรั่วไหลภายในวัสดุได้น้อยกว่าวัสดุที่มีค่าน้อย ซึ่งการเกิดกระแสรั่วไหลมากหรือน้อยนั้นส่งผลต่อการสูญเสียพลังงานด้วย ดังนั้น สรุปได้ว่า โครงสร้างภายในของตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกที่ใช้ในการทดลองมีวัสดุฉนวนที่มีค่าไดอิเล็กทริกมากที่สุดจึงทำให้เกิดกระแสรั่วไหลต่ำ สูญเสียพลังงานน้อย ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้กับระบบโทรโบอิเล็กทริกมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานตลอดปีการศึกษาที่ผ่านมา เป็นการศึกษาการเก็บเกี่ยวพลังงานและหลักการโทรโบอิลิกทริก ซึ่งนำหลักการและทฤษฎีเหล่านั้นมาใช้ในการดำเนินงาน ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน และการทดลองคุณลักษณะเฉพาะและการทดสอบประสิทธิภาพของประเภทตัวเก็บประจุ

ส่วนการออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน เลือกใช้วัสดุที่ทำให้ปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ การเลือกใช้สปริงรับแรงกดในการกำหนดให้ระยะระหว่างวัสดุโทรโบอิลิกทริกไม่เปลี่ยนไป และเลือกใช้วัสดุ 3D print Polylactic acid (PLA) เป็นโครงสร้างหลักของพื้นรองเท้าเพราะสามารถรับน้ำหนักได้มากไม่แตกหัก มีความคงทนสูง ซึ่งเมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพด้านความคงทน โครงสร้างที่นำไปทดสอบนี้มีความเหมาะสมกับความต้องการสำหรับการนำไปใช้งานในรองเท้า

ส่วนการทดลองคุณลักษณะเฉพาะและการทดสอบประสิทธิภาพของประเภทตัวเก็บประจุ พบว่า โครงสร้างที่ใช้วัสดุโทรโบอิลิกทริกอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.2 มิลลิเมตร มีค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 229.06 V, 2.86 μ A และที่ค่าความต้านทาน 80 M Ω ทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 0.655 mW ตามลำดับ และจากการทดลองชนิดตัวเก็บประจุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับโครงสร้างซึ่งได้ผลเป็นตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก เพราะมีการสูญเสียพลังงานในตัวเองน้อยและมีค่ากระแสรั่วไหลต่ำ

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

- ระยะเวลาในการทดสอบความคงทนของวัสดุที่นำมาประดิษฐ์โครงสร้างไม่มากพอที่จะสามารถประเมินความเสื่อมถอยของวัสดุได้
- การทดลองแต่ละครั้งจำเป็นต้องมีการควบคุมตัวแปรบางประการให้มีความใกล้เคียงกัน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เพราะวัสดุโทรโบอิลิกทริกมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสูง ดังนั้น ต้องมีการควบคุมปัจจัยให้คงที่เสมอหรืออาจทำการทดลองในห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อยอด

- ในการทดลองประดิษฐ์ชิ้นงานตัวต้นแบบควรเลือกใช้วัสดุให้หลากหลายประเภท เพื่อนำมาทดสอบกับปัจจัยที่ต้องการก่อนการประดิษฐ์ชิ้นงานจริง ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานที่ต้องการ
- การเลือกขนาดป้อนลมควรเลือกให้มีขีดจำกัดการใช้งานที่มากขึ้น ให้สอดคล้องกับระยะเวลาการใช้งานเทียบเท่ากัน และป้องกันการเกิดปัญหาอื่น ๆ
- ในการทดลองควรจะทำอุปกรณ์พิเศษให้สามารถใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น โดยอาจจะทำเป็นชุดทดสอบที่มีส่วนขาเข้า และขาออกอย่างชัดเจน เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนในการใช้งาน
- ไทโรโบอิเล็กทรอนิกส์มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น ในการทดลองควรทดลองในห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น หรือในสภาวะใกล้เคียงกันทุกครั้งที่ทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Wang, L. Zhou, C. Zhang and Z. L. Wang, "Small-Scale Energy Harvesting from Environment by Triboelectric Nanogenerators," 30 January 2019. [Online]. Available: <https://www.intechopen.com/books/a-guide-to-small-scale-energy-harvesting-techniques/small-scale-energy-harvesting-from-environment-by-triboelectric-nanogenerators>.
- [2] D. W. Kim, J. H. Lee, J. K. Kim and U. Jeong, "Material aspects of triboelectric energy generation and sensors," *NPG Asia Materials*, no. 12, 2020.
- [3] Khushboo and P. Azad, "Design and Analysis of a Synchronized Interface Circuit for Triboelectric Energy Harvesting.," *Journal of Electronic Materials*, no. 49, 2020.
- [4] L. Zhang, H. Li, Y. Xie, J. Guo and Z. Zhu, "Triboelectric nanogenerator based on Teflon/vitamin B1," *Beilstein Journal of Nanotechnology*, no. 11, 2020.
- [5] P. Thainiramit, P. Yingyong and D. Isarakorn, "Impact-Driven Energy Harvesting: Piezoelectric," *Sensors*, no. 20, 2020.
- [6] V. Slabov, S. Kopyl, M. P. S. d. Santos and A. L. Kholkin, "Natural and Eco-Friendly Materials for Triboelectric Energy Harvesting," *Nano-Micro Letters*, no. 12, 2020.
- [7] Y. Wang, Y. Yang and Z. L. Wang, "Triboelectric nanogenerators as flexible power sources," *npj Flexible Electronics*, no. 10, 2017.
- [8] Z. L. Wang, L. Lin, J. Chen, S. Niu and Y. Zi, "Triboelectric Nanogenerators," *Green Energy and Technology*, no. 11, 2016.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- [9] Shamsuddin et al., "Biomechanical Energy Harvesting by Single Electrode-based," in *2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)*, 2019.
- [10] M. U. Bukhari, M. Sajid, M. Q. Mehmood, M. Zubair and K. Riaz, "Facile and Cost Effective Paper Based Triboelectric Nanogenerators for Self Powered Environmental Sensing System," in *2020 International Conference on UK-China Emerging Technologies (UCET)*, 2020.
- [11] Khushboo and P. Azad, "Triboelectric nanogenerator based on vertical contact separation mode for energy harvesting," in *2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*, 2017.
- [12] U. T. Jurado, S. H. Pu and N. M. White, "A contact-separation mode triboelectric nanogenerator for ocean wave impact energy harvesting," in *2017 IEEE SENSORS*, 2017.
- [13] G. Min, L. Manjakkal, D. M. Mulvihill and R. S. Dahiya, "Enhanced Triboelectric Nanogenerator Performance via an Optimised Low Permittivity," in *2018 IEEE SENSORS*, 2018.
- [14] A. Bertacchini, M. Lasagni, G. Sereni, L. Larcher and P. Pavan, "Characterization and," in *IECON 2018-44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2018.
- [15] A. Bertacchini, L. Larcher, M. Lasagni and P. Pavan, "Ultra low cost triboelectric energy harvesting solutions for embedded sensor systems," in *2015 IEEE 15th International Conference on Nanotechnology (IEEE-NANO)*, 2015.
- [16] M. U. Bukhari, K. Riaz, T. Tauqeer and M. Sajid, "Simple and low cost triboelectric nanogenerator (TENG) for resource limited environment," in *2019 International Conference on Robotics and Automation in Industry (ICRAI)*, 2019.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

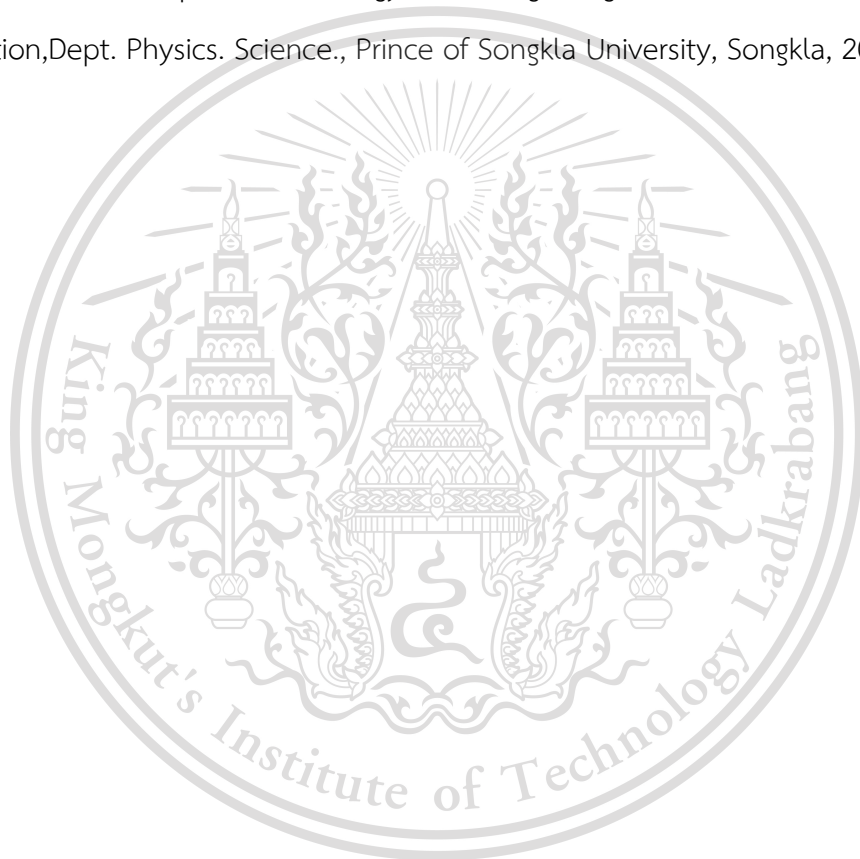
- [17] W. Wang, X. Feng, K. Wang and L. Li, "Triboelectric Nanogenerator: A Hope to Collect Blue Energy," in *2019 4th International Conference on Control, Robotics and Cybernetics (CRC)*, 2019.
- [18] P. Yingyong, P. Thainiramit, N. Vittayakorn and D. Isarakorn, "Performance and Behavior Analysis of Single-Electrode Triboelectric Nanogenerator for Energy Harvesting Floor Tiles," in *2020 17th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 2020.
- [19] J. Park and K. Yun, "Hybrid energy harvester based on piezoelectric and triboelectric effects," in *2016 IEEE 29th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)*, 2016.
- [20] D. Hong, Y. Choi and J. Jeong, "The quantitative analysis for a contact-mode triboelectric energy harvesting device," in *2015 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, 2015.
- [21] S. Niu, Y. Liu, Y. S. Zhou, S. Wang, L. Lin and Z. L. Wang, "Optimization of Triboelectric Nanogenerator Charging Systems for Efficient Energy Harvesting and Storage," in *IEEE Transactions on Electron Devices*, 2015.
- [22] K. Xia, Z. Zhu, H. Zhang, C. Du, R. Wang and Z. Xu, "High Output Compound Triboelectric Nanogenerator Based on Paper for Self-Powered Height Sensing System," in *IEEE Transactions on Nanotechnology*, 2018.
- [23] D. Hong, M. G. Lee, Y. Choi and J. Jeong, "Experimental verification for a theoretical model of contact-mode triboelectric nano-generators," in *2016 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, 2016.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- [24] M. Lasagni, P. Pavan, A. Bertacchini and L. Larcher, "Force impact effect in contact-mode triboelectric energy harvesters: Characterization and modeling," in *2016 IEEE SENSORS*, 2016.
- [25] E. M. Charlson, E. J. Charlson, S. Burkett and H. K. Yasuda, "Study of the contact electrification of polymers using contact and separation current," in *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, 1992.
- [26] P. Thainiramit, "Developments of Energy Harvesting Using the Piezoelectric Methods," Msc Dissertation, Dept. Physics. Science., Prince of Songkla University, Songkla, 2013.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก.1 โครงสร้างอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.01 มิลลิเมตร (แบบบาง)

เงื่อนไขการทดลอง ความชื้นสัมพัทธ์ 62% อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

	R2:100k Ω	Rp:1M Ω						V(R2)	V(Tribo)			
R1 (M Ω)	R2 (M Ω)	R2//Rp	Vm1 (mV)	Vm2 (mV)	Vm3 (mV)	Vm4 (mV)	Vm5 (mV)	Vm(avg) (mV)	Vs (V)	Pout (mW)	I (μ A)	Vop (V)
0.1	0.1	0.0909	1220	1240	1260	1280	1220	1244.00	2.612	0.036	13.68	19.2
0.5	0.1	0.0909	924	924	924	888	856	903.20	5.871	0.058	9.94	19.6
1	0.1	0.0909	728	728	756	764	756	746.40	8.957	0.074	8.21	19.2
5	0.1	0.0909	368	364	352	364	364	362.40	20.294	0.081	3.99	19.2
10	0.1	0.0909	248	248	256	264	260	255.20	28.327	0.080	2.81	19.0
20	0.1	0.0909	187	181	179	181	181	181.80	40.178	0.080	2.00	19.0
30	0.1	0.0909	174	170	170	170	172	171.20	56.667	0.107	1.88	19.6
40	0.1	0.0909	160	160	166	158	160	160.80	70.913	0.125	1.77	20.4
50	0.1	0.0909	147	147	145	147	149	147.00	80.997	0.131	1.62	20.7
60	0.1	0.0909	143	143	141	145	145	143.40	94.787	0.150	1.58	20.5
70	0.1	0.0909	146	149	147	153	160	151.00	116.421	0.193	1.66	20.4
80	0.1	0.0909	160	160	155	158	158	158.20	139.374	0.243	1.74	20.4
90	0.1	0.0909	149	151	151	143	141	147.00	145.677	0.236	1.62	20.5
95	0.1	0.0909	126	126	124	126	128	126.00	131.796	0.183	1.39	20.4
100	0.1	0.0909	78	82	82	80	76	79.60	87.640	0.077	0.88	20.1
110	0.1	0.0909	62	62	59.6	59.6	59.6	60.56	73.338	0.049	0.67	19.5
120	0.1	0.0909	52	50	54.4	54.4	50.4	52.24	69.009	0.040	0.57	18.6
130	0.1	0.0909	45.6	45.2	41.8	41.8	44.8	43.84	62.735	0.030	0.48	18.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก.2 โครงสร้างอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.2 มิลลิเมตร (แบบกลาง)

เงื่อนไขการทดลอง ความชื้นสัมพัทธ์ 62% อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

	R2:100k Ω	Rp:1M Ω						V(R2)	V(Tribo)			
R1 (M Ω)	R2 (M Ω)	R2//Rp	Vm1 (mV)	Vm2 (mV)	Vm3 (mV)	Vm4 (mV)	Vm5 (mV)	Vm(avg) (mV)	Vs (V)	Pout (mW)	I (μ A)	Vop (V)
0.1	0.1	0.0909	742	728	748	772	756	749.20	1.573	0.013	8.24	43.2
0.5	0.1	0.0909	740	720	732	760	744	739.20	4.805	0.039	8.13	42.4
1	0.1	0.0909	724	696	688	728	728	712.80	8.554	0.067	7.84	44.6
5	0.1	0.0909	564	580	596	580	596	583.20	32.659	0.210	6.42	44.6
10	0.1	0.0909	460	460	468	468	460	463.20	51.415	0.262	5.10	42.4
20	0.1	0.0909	368	368	368	374	374	370.40	81.858	0.334	4.07	42.4
30	0.1	0.0909	310	314	314	318	318	314.80	104.199	0.361	3.46	42.6
40	0.1	0.0909	294	290	294	290	290	291.60	128.596	0.412	3.21	42.4
50	0.1	0.0909	268	268	268	268	268	268.00	147.668	0.435	2.95	42.4
60	0.1	0.0909	234	248	248	248	248	245.20	162.077	0.437	2.70	41.6
70	0.1	0.0909	264	268	264	264	256	263.20	202.927	0.588	2.90	44.6
80	0.1	0.0909	260	260	260	260	260	260.00	229.060	0.655	2.86	46.6
90	0.1	0.0909	242	244	246	242	246	244.00	241.804	0.649	2.68	45.8
95	0.1	0.0909	238	238	238	234	234	236.40	247.274	0.643	2.60	46.0
100	0.1	0.0909	200	200	200	200	200	200.00	220.200	0.484	2.20	45.8
110	0.1	0.0909	172	172	172	172	172	172.00	208.292	0.394	1.89	44.6
120	0.1	0.0909	155	153	153	151	153	153.00	202.113	0.340	1.68	45.8
130	0.1	0.0909	145	145	145	145	147	145.40	208.067	0.333	1.60	46.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก.3 โครงสร้างอลูมิเนียมและเทปลอนความหนา 0.4 มิลลิเมตร (แบบหนา)

เงื่อนไขการทดลอง ความชื้นสัมพัทธ์ 62% อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

	R2:100k Ω	Rp:1M Ω						V(R2)	V(Tribo)			
R1 (M Ω)	R2 (M Ω)	R2//Rp	Vm1 (mV)	Vm2 (mV)	Vm3 (mV)	Vm4 (mV)	Vm5 (mV)	Vm(avg) (mV)	Vs (V)	Pout (mW)	I (μ A)	Vopen (V)
0.1	0.1	0.0909	306	302	310	302	306	305.20	0.641	0.002	3.36	19.6
0.5	0.1	0.0909	302	302	302	302	302	302.00	1.963	0.007	3.32	19.6
1	0.1	0.0909	290	294	294	290	290	291.60	3.499	0.011	3.21	19.6
5	0.1	0.0909	248	248	248	248	248	248.00	13.888	0.038	2.73	19.6
10	0.1	0.0909	206	202	204	204	206	204.40	22.688	0.051	2.25	19.6
20	0.1	0.0909	166	166	168	166	166	166.40	36.774	0.067	1.83	18.6
30	0.1	0.0909	145	143	143	143	143	143.40	47.465	0.075	1.58	19.2
40	0.1	0.0909	128	128	128	128	128	128.00	56.448	0.079	1.41	18.2
50	0.1	0.0909	116	116	116	113	116	115.40	63.585	0.081	1.27	18.2
60	0.1	0.0909	116	116	116	116	107	114.20	75.486	0.095	1.26	18.2
70	0.1	0.0909	109	109	109	109	109	109.00	84.039	0.101	1.20	18.2
80	0.1	0.0909	105	105	105	103	103	104.20	91.800	0.105	1.15	18.2
90	0.1	0.0909	97.6	94.8	96.4	94.8	93.2	95.36	94.502	0.099	1.05	17.4
95	0.1	0.0909	92.4	92.4	93.2	91.8	92.6	92.48	96.734	0.098	1.02	17.4
100	0.1	0.0909	86.4	85.6	86.4	87.2	87.2	86.56	95.303	0.091	0.95	17.4
110	0.1	0.0909	74	74	74.8	74.8	74.8	74.48	90.195	0.074	0.82	17.4
120	0.1	0.0909	66.4	67.2	67.2	67.2	67.2	67.04	88.560	0.065	0.74	17.4
130	0.1	0.0909	61.2	60.4	59.6	60.4	58.8	60.08	85.974	0.057	0.66	17.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.


Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

8. ยื่นคำขออนุญาตออกอากาศ <input type="checkbox"/> PCT				<input type="checkbox"/> เพิ่มเติม (ดังแนบ)
วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				
8.4 <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย <input type="checkbox"/> ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอ <input type="checkbox"/> ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอ				
9. การแสดงการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด				
วันแสดง		วันเปิดงานแสดง		ผู้จัด
10. การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ				
10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ		10.2 วันที่ฝากเก็บ		10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ
11. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอ โดยขอเป็นภาษาไทย <input type="checkbox"/> อังกฤษ <input type="checkbox"/> ฝรั่งเศส <input type="checkbox"/> เยอรมัน <input type="checkbox"/> ญี่ปุ่น <input type="checkbox"/> อื่นๆ				
12. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข _____ ในการประกาศโฆษณา				
13. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย				
ก. แบบพิมพ์คำขอ	3	หน้า	14. เอกสารประกอบคำขอ	
ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์	-	หน้า	<input checked="" type="checkbox"/> เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	
ค. ข้อถือสิทธิ	1	หน้า	<input checked="" type="checkbox"/> หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์	
ง. รูปเขียน	-	หน้า	<input type="checkbox"/> เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ	
จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์ <input checked="" type="checkbox"/> รูปเขียน <input type="checkbox"/> ภาพถ่าย	7	รูป	<input type="checkbox"/> เอกสารการขอรับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย	
ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์	-	หน้า	<input type="checkbox"/> เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ	
			<input checked="" type="checkbox"/> เอกสารอื่นๆ	
15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า <input checked="" type="checkbox"/> การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรมาก่อน <input type="checkbox"/> การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก				
16. ลายมือชื่อ <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input checked="" type="checkbox"/> ตัวแทน				
 (นางสาวสุวิทย์ อมรินทร์วัฒน์)				

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอื่นเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ใบซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

รูปที่ ข.2 สิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วนอุปกรณ์กำเนิดพลังงาน (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ใบแนบต่อท้าย แบบ สป/สพ/อสป/001-ก

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ ชื่อและที่อยู่เดียวกับผู้ขอ

6.2 ชื่อ นายพรชัย ยี่งยง
ที่อยู่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1
ตำบล/แขวง ลาดกระบัง อำเภอ/เขต ลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10520 ประเทศ ไทย
อีเมล -
หนังสือเดินทางเลขที่

P	1	2	5	5	4	0	9
---	---	---	---	---	---	---	---

6.3 ชื่อ นายศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์
ที่อยู่ เลขที่ 110/143 ถนนอินทวิโรด
ตำบล/แขวง ศรีภูมิ อำเภอ/เขต เมือง จังหวัด เชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50200 ประเทศ ไทย
อีเมล -
เลขประจำตัวประชาชน

1	5	0	9	9	0	1	0	6	5	0	5	8
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.4 ชื่อ นายธนพล หายประสงฆ์ประไพโร
ที่อยู่ เลขที่ 145 หมู่ที่ 13
ตำบล/แขวง คุ้มพะยอม อำเภอ/เขต บ้านโป่ง จังหวัด ราชบุรี รหัสไปรษณีย์ 70110 ประเทศ ไทย
อีเมล -
เลขประจำตัวประชาชน

1	7	0	9	9	0	1	2	4	8	7	5	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.5 ชื่อ นายพิทักษ์ตระกูล แก้วชัย
ที่อยู่ เลขที่ 40/831 ซอยนวมินทร์ 111 แยก 4
ตำบล/แขวง นวมินทร์ อำเภอ/เขต บึงกุ่ม จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10230 ประเทศ ไทย
อีเมล -
เลขประจำตัวประชาชน

1	3	3	0	4	0	0	5	4	1	9	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.6 ชื่อ นายอรุณวัฒน์ อธิธิสัน
ที่อยู่ เลขที่ 62/77 หมู่ที่ 10
ตำบล/แขวง โคกหล่อ อำเภอ/เขต เมืองตรัง จังหวัด ตรัง รหัสไปรษณีย์ 92000 ประเทศ ไทย
อีเมล -
เลขประจำตัวประชาชน

1	9	2	9	9	0	0	6	8	4	2	6	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

รูปที่ ข.3 สิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วนอุปกรณ์กำเนิดพลังงาน (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

ข้อถ้อยสิทธิ

ข้อถ้อยสิทธิในแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ รูปร่าง ลักษณะของ “ชิ้นส่วนอุปกรณ์กำเนิดพลังงาน” ดังมีรายละเอียดตามที่ปรากฏในภาพแสดงผลิตภัณฑ์ที่ได้ยื่นมาพร้อมนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 1 ของจำนวน 4 หน้า

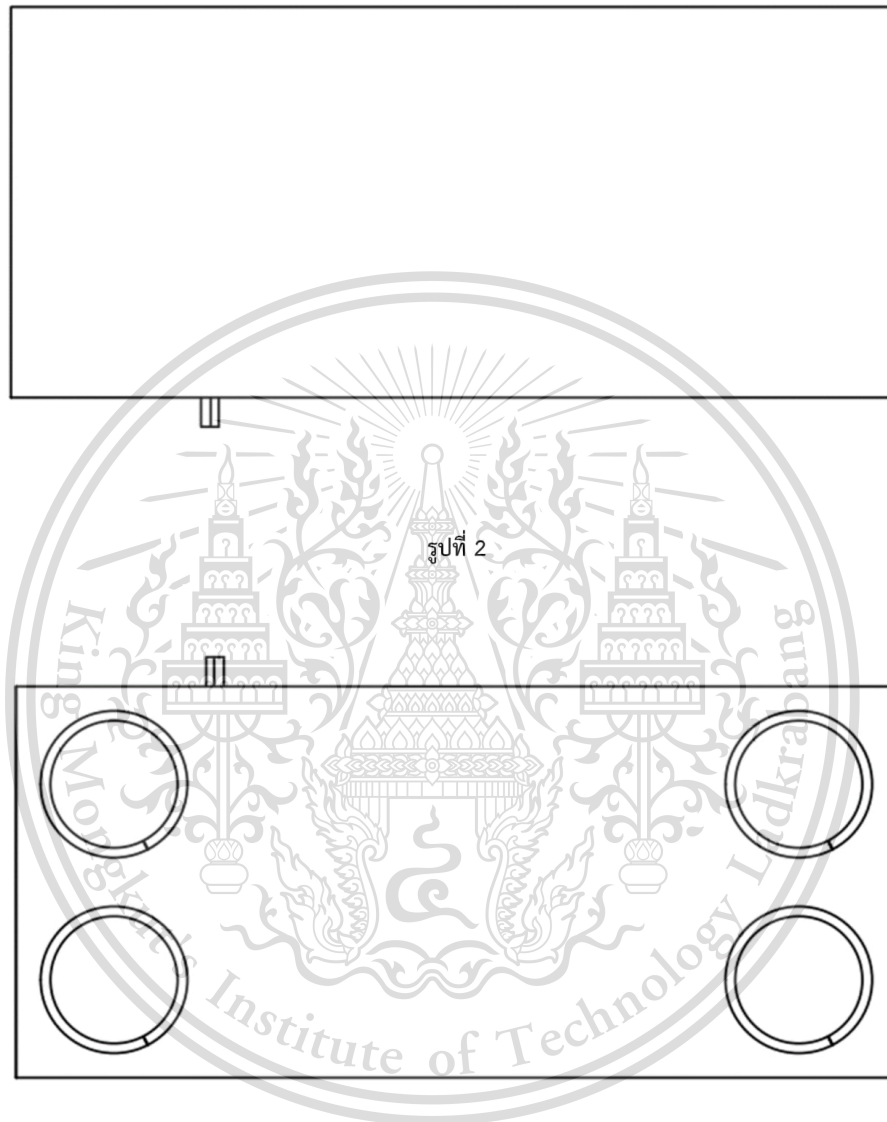


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 2 ของจำนวน 4 หน้า



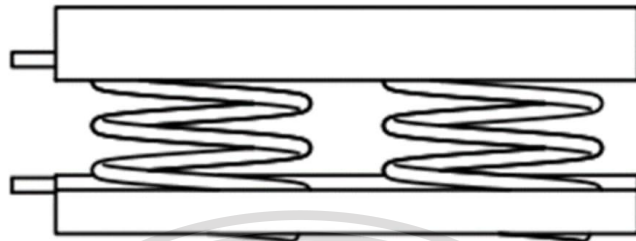
รูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

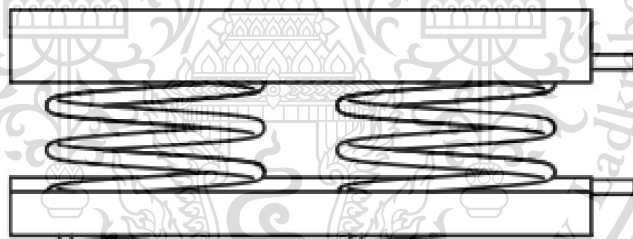
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 3 ของจำนวน 4 หน้า



รูปที่ 4



รูปที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

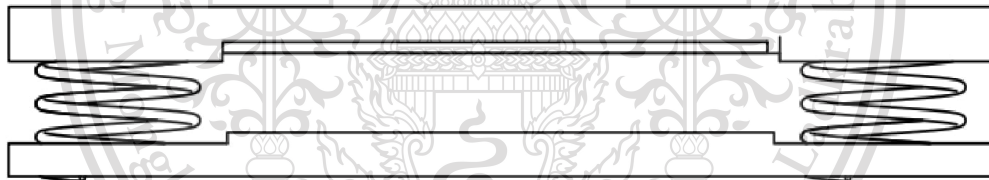
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 4 ของจำนวน 4 หน้า



รูปที่ 6



รูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แบบ สป/สพ/อสป/001-ก
หน้า 1 ของจำนวน 2 หน้า


 คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> การประดิษฐ์ <input checked="" type="checkbox"/> การออกแบบผลิตภัณฑ์ <input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535 และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542		สำหรับเจ้าหน้าที่	
		วันรับคำขอ 23 พ.ย. 2563	เลขที่คำขอ 2002005258
สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ ใช้งบแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์			
วันประกาศโฆษณา		เลขที่ประกาศโฆษณา	
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร		เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่			
1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วนอุปกรณ์เกี่ยวกับพลังงาน ไทโรโบอิเล็กทรอนิกส์			
2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่ ในจำนวน _____ คำขอ ที่อื่นในคราวเดียวกัน			
3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> บุคคลธรรมดา <input type="checkbox"/> นิติบุคคล <input checked="" type="checkbox"/> หน่วยงานรัฐ <input type="checkbox"/> มูลนิธิ <input type="checkbox"/> อื่นๆ ชื่อ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อยู่ เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 ตำบล/แขวง ลาดกระบัง อำเภอ/เขต ลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10520 ประเทศ ไทย อีเมล kmitl.tlo@gmail.com		3.1 สัญชาติ ไทย 3.2 โทรศัพท์ 0 2329 8212 กด 18 3.3 โทรสาร 0 2329 8212 กด 1	
<input type="checkbox"/> เลขประจำตัวประชาชน <input type="checkbox"/> เลขทะเบียนนิติบุคคล <input checked="" type="checkbox"/> เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร 0 9 9 4 0 0 0 1 6 0 6 2 3 ในกรณีที่มีการมา สื่อสารกับท่าน ท่านสะดวกใช้ทาง <input checked="" type="checkbox"/> อีเมล <input type="checkbox"/> อีเมลตัวแทน		<input checked="" type="checkbox"/> เพิ่มเติม (ตั้งแบบ)	
4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ <input checked="" type="checkbox"/> ผู้รับโอน <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิโดยพฤตินัย ข้อมูลกระทรวง พ.ศ. ๒๕๖๓ วิทยาลัยการอาชีวศึกษาพระนครศรีอยุธยา ผู้ขอรับสิทธิโดยพฤตินัย			
5. ตัวแทน (ถ้ามี) ชื่อ _____ ที่อยู่ _____ ตำบล/แขวง _____ อำเภอ/เขต _____ จังหวัด _____ รหัสไปรษณีย์ _____ ประเทศ _____ อีเมล _____ เลขประจำตัวประชาชน _____		5.1 ตัวแทนเลขที่ _____ 5.2 โทรศัพท์ _____ 5.3 โทรสาร _____ <input type="checkbox"/> เพิ่มเติม (ตั้งแบบ)	
6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ <input type="checkbox"/> ชื่อและที่อยู่เดียวกับผู้ขอ ชื่อ นายดอน อิศวรร ที่อยู่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 ตำบล/แขวง ลาดกระบัง อำเภอ/เขต ลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10520 ประเทศ ไทย อีเมล _____ เลขประจำตัวประชาชน 3 1 0 0 9 0 3 8 7 9 9 2 5			
7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้อื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร เลขที่ _____ วันยื่น _____ เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ <input type="checkbox"/> คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง <input type="checkbox"/> ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ <input type="checkbox"/> ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ			
หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่าจะประมวลละเอียดครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย			
สำหรับเจ้าหน้าที่			
จำแนกประเภทสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> กลุ่มวิศวกรรม สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (วิศวกรรม) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ไฟฟ้า) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ฟิสิกส์)		<input type="checkbox"/> กลุ่มเคมี สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เคมีเทคนิค) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ปิโตรเคมี) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เทคโนโลยีชีวภาพ) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เภสัชภัณฑ์)	
<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 1) <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 2) <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 3)		<input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (วิศวกรรม) <input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (เคมี)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แบบ สป/สผ/อสป/001-ก (ใบต่อ)
หน้า 2 ของจำนวน 2 หน้า

8. การยื่นคำขออนุญาตออกฉายการ์ตูน <input type="checkbox"/> PCT <input type="checkbox"/> เพิ่มเติม (ตั้งแนบ)				
วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				
8.4 <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอในวันที่ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย <input type="checkbox"/> ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ <input type="checkbox"/> ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้				
9. การแสดงการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด วันแสดง _____ วันเปิดงานแสดง _____ ผู้จัด _____				
10. การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ				
10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ		
11. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา <input type="checkbox"/> อังกฤษ <input type="checkbox"/> ฝรั่งเศส <input type="checkbox"/> เยอรมัน <input type="checkbox"/> ญี่ปุ่น <input type="checkbox"/> อื่นๆ _____				
12. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร-หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข _____ ในการประกาศโฆษณา				
13. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย				
ก. แบบพิมพ์คำขอ	3	หน้า	14. เอกสารประกอบคำขอ <input checked="" type="checkbox"/> เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> หนังสือรับรองการแสดงผลการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์ <input type="checkbox"/> หนังสือมอบอำนาจ <input type="checkbox"/> เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ <input type="checkbox"/> เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย <input type="checkbox"/> เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ <input checked="" type="checkbox"/> เอกสารอื่นๆ _____	
ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์	1	หน้า		
ค. ข้อถ้อยสิทธิ	1	หน้า		
ง. รูปเขียน	-	หน้า		
จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์ <input checked="" type="checkbox"/> รูปเขียน	7	รูป 3		
<input type="checkbox"/> ภาพถ่าย	-	หน้า		
ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์	-	หน้า		
15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า <input checked="" type="checkbox"/> การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรมาก่อน <input type="checkbox"/> การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก _____				
16. ลายมือชื่อ <input checked="" type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> ตัวแทน ( นายณรินทร์ ไพบูลย์ศิลป์)				

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

รูปที่ ข.5 สิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วนอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน ไทโรโบอิเล็กทรอนิกส์ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ใบแนบต่อท้าย แบบ สป/สผ/อสป/001-ก

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ ชื่อและที่อยู่เดียวกับผู้ขอ

6.2 ชื่อ Mr. Phonexai Yingsong
ที่อยู่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1
ตำบล/แขวง ลาดกระบัง อำเภอ/เขต ลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10520 ประเทศ ไทย
อีเมล -
หนังสือเดินทางเลขที่

P	1	2	5	5	4	0	9
---	---	---	---	---	---	---	---

6.3 ชื่อ นายศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์
ที่อยู่ เลขที่ 110/143 ถนนอินทวิโรรส
ตำบล/แขวง ศรีภูมิ อำเภอ/เขต เมือง จังหวัด เชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50200 ประเทศ ไทย
อีเมล -
เลขประจำตัวประชาชน

1	5	0	9	9	0	1	0	6	5	0	5	8
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.4 ชื่อ นายภาณุ ไทยนิรมิตร
ที่อยู่ เลขที่ 510/1 ถนนหาเรื่อ
ตำบล/แขวง เทพา อำเภอ/เขต เทพา จังหวัด สงขลา รหัสไปรษณีย์ 90150 ประเทศ ไทย
อีเมล -
เลขประจำตัวประชาชน

3	9	0	0	5	0	0	0	4	5	0	3	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.5 ชื่อ นายอนพล ทายสงฆ์ประไพโร
ที่อยู่ เลขที่ 145 หมู่ 13
ตำบล/แขวง คุ้มพยอม อำเภอ/เขต บ้านโป่ง จังหวัด ราชบุรี รหัสไปรษณีย์ 70110 ประเทศ ไทย
อีเมล -
เลขประจำตัวประชาชน

1	7	0	9	9	0	1	2	4	8	7	5	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.6 ชื่อ นายพิทักษ์ตระกูล แก้วชัย
ที่อยู่ เลขที่ 40/831 ซอยนวมินทร์ 111 แยก 4
ตำบล/แขวง นวมินทร์ อำเภอ/เขต บึงกุ่ม จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10230 ประเทศ ไทย
อีเมล -
เลขประจำตัวประชาชน

1	3	3	0	4	0	0	5	4	1	9	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.7 ชื่อ นายอรรถวัฒน์ อิทธิสัน
ที่อยู่ เลขที่ 62/77 หมู่ที่ 10
ตำบล/แขวง โคกหล่อ อำเภอ/เขต เมืองตรัง จังหวัด ตรัง รหัสไปรษณีย์ 92000 ประเทศ ไทย
อีเมล -
เลขประจำตัวประชาชน

1	9	2	9	9	0	0	6	8	4	2	6	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ ข.6 ลิขสิทธิ์การออกแบบผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วนอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน ไทโรโบอิเล็กทรอนิกส์ (3)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

คำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์

แบบผลิตภัณฑ์ของ “ชิ้นส่วนอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานไทรโบอิเล็กทริก” คุณลักษณะที่สำคัญ คือ มีแผ่นพลาสติกรูปทรงสี่เหลี่ยมจำนวน 2 ชิ้นวางตัวขนานกัน โดยมีช่องว่างระหว่างแผ่นพลาสติก แผ่นพลาสติกทั้งสองจะถูกห่อหุ้มและยึดติดด้วยโฟมยางโดยรอบ แผ่นพลาสติกด้านบนจะมีแผ่นทองแดงและแผ่นเทฟลอน (Teflon) ติดตั้งอยู่ ซึ่งจะเชื่อมต่อกับสายไฟ ส่วนแผ่นพลาสติกด้านล่างจะมีแผ่นอลูมิเนียมติดตั้งอยู่ และเชื่อมต่อกับสายไฟเช่นเดียวกัน โดยแบบผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งในเครื่องกำเนิดพลังงานไทรโบอิเล็กทริกที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปพลังงานทางกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้า ทำหน้าที่หลักในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าไทรโบอิเล็กทริก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

ข้อถ้อยสิทธิ

ข้อถ้อยสิทธิในรูปแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ รูปร่าง ลักษณะของ “ชิ้นส่วนอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน
โทรโบอิเล็กทริก” ดังมีรายละเอียดตามที่ปรากฏในภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์ที่ได้เสนอมานี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 1 ของจำนวน 3 หน้า



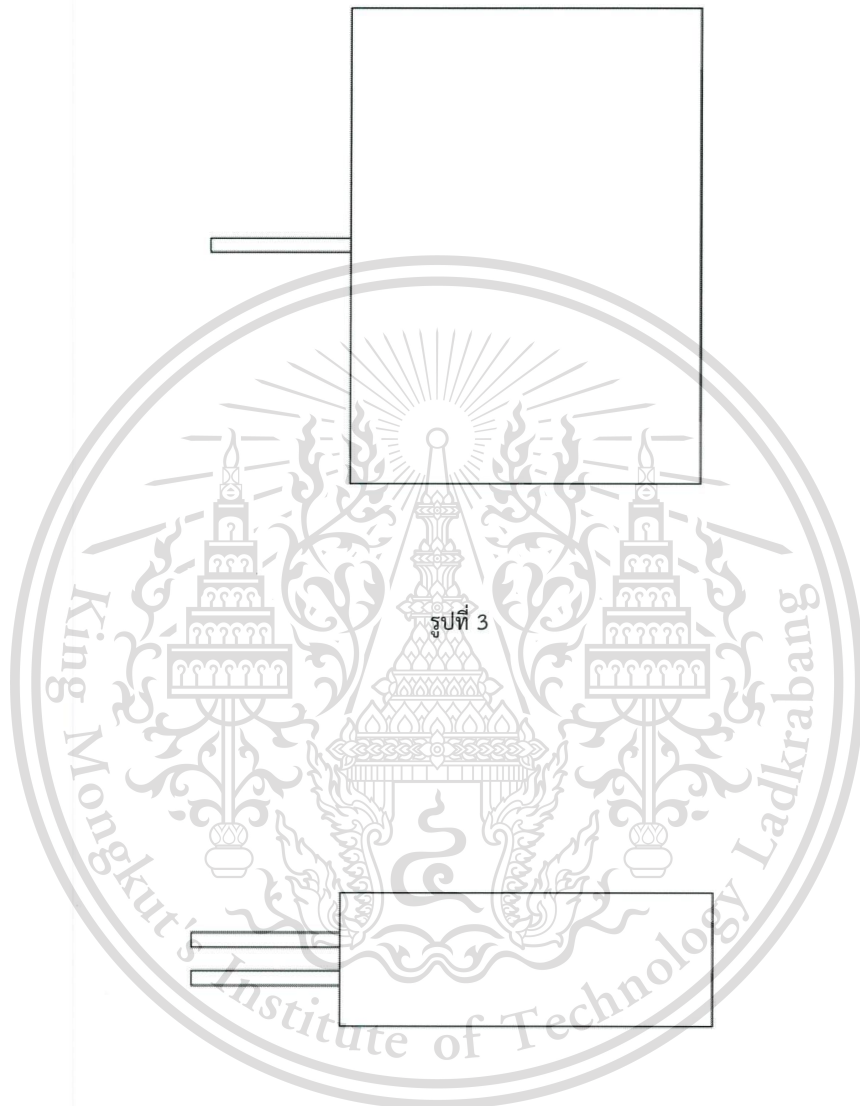
รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 2 ของจำนวน 3 หน้า



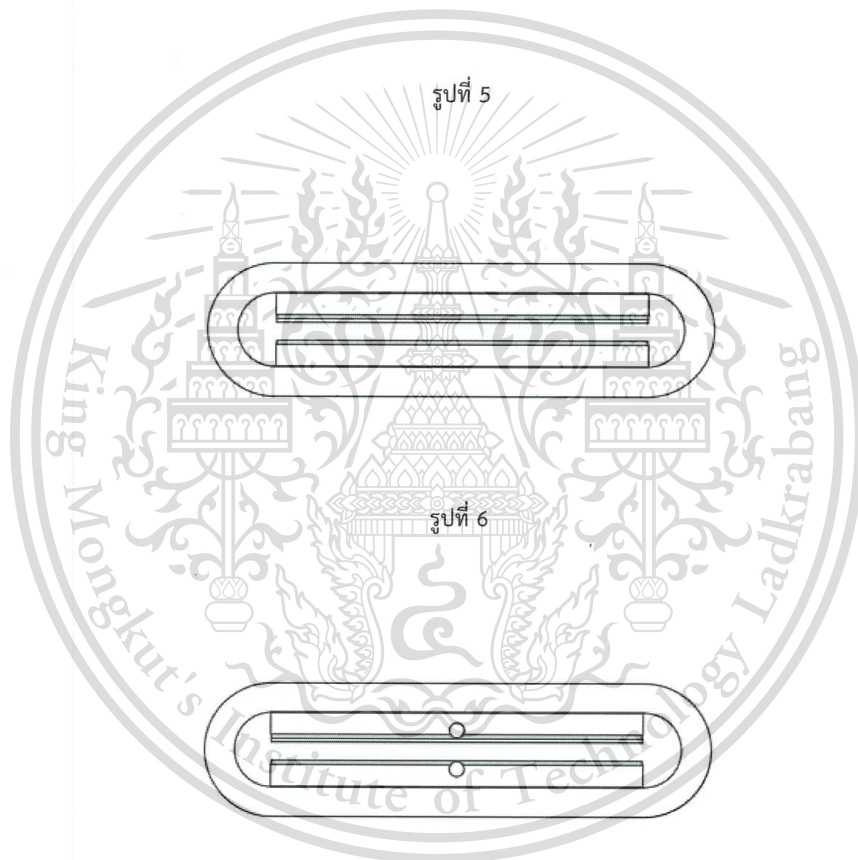
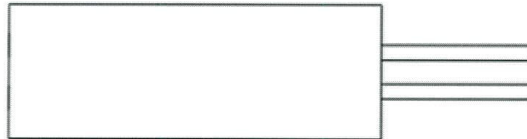
รูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 3 ของจำนวน 3 หน้า



รูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แบบ สป/สพ/อสป/001-ก
หน้า 1 ของจำนวน 2 หน้า


 คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> การประดิษฐ์ <input checked="" type="checkbox"/> การออกแบบผลิตภัณฑ์ <input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535 และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542		สำหรับเจ้าหน้าที่	
		วันรับคำขอ 23 พ.ย. 2563	เลขที่คำขอ 2002005259
		วันยื่นคำขอ	
สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ			
ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์			
วันประกาศโฆษณา		เลขที่ประกาศโฆษณา	
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร		เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่			
1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วนที่รองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงานโทรโบอิเล็กทรอนิกส์			
2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่ ในจำนวน _____ คำขอ ที่อื่นในคราวเดียวกัน			
3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> บุคคลธรรมดา <input type="checkbox"/> นิติบุคคล <input checked="" type="checkbox"/> หน่วยงานรัฐ <input type="checkbox"/> มูลนิธิ <input type="checkbox"/> อื่นๆ		3.1 สัญชาติ ไทย	
ชื่อ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		3.2 โทรศัพท์ 0 2329 8212 กต 18	
ที่อยู่ เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1		3.3 โทรสาร 0 2329 8212 กต 1	
ตำบล/แขวง ลาดกระบัง อำเภอ/เขต ลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10520 ประเทศ ไทย			
อีเมล kmitl.tlo@gmail.com			
<input type="checkbox"/> เลขประจำตัวประชาชน <input type="checkbox"/> เลขทะเบียนนิติบุคคล <input checked="" type="checkbox"/> เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร		<input checked="" type="checkbox"/> เพิ่มเติม (ดังแนบ)	
ในกรณีที่มาตรา สืบสารกับท่าน ท่านสะดวกใช้ทาง <input checked="" type="checkbox"/> อินเทอร์เน็ต <input type="checkbox"/> อินเทอร์เน็ต			
4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ <input checked="" type="checkbox"/> ผู้รับโอน <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น			
5. ตัวแทน (ถ้ามี)		5.1 ตัวแทนเลขที่	
ชื่อ _____		5.2 โทรศัพท์ _____	
ที่อยู่ _____		5.3 โทรสาร _____	
ตำบล/แขวง _____ อำเภอ/เขต _____ จังหวัด _____ รหัสไปรษณีย์ _____ ประเทศ _____			
อีเมล _____			
เลขประจำตัวประชาชน _____		<input type="checkbox"/> เพิ่มเติม (ดังแนบ)	
6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ <input type="checkbox"/> ชื่อและที่อยู่เดียวกับผู้ขอ			
ชื่อ นายดอน อิศรากร			
ที่อยู่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1			
ตำบล/แขวง ลาดกระบัง อำเภอ/เขต ลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10520 ประเทศ ไทย			
อีเมล _____			
เลขประจำตัวประชาชน 3 1 0 0 9 0 3 8 7 9 9 2 5 <input checked="" type="checkbox"/> เพิ่มเติม (ดังแนบ)			
7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม			
ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร			
เลขที่ _____ วันยื่น _____ เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ			
<input type="checkbox"/> คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง <input type="checkbox"/> ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ <input type="checkbox"/> ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ			
หมายเหตุ ในกรณีที่ไม้อาจจะบรรยายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย			
สำหรับเจ้าหน้าที่			
จำแนกประเภทสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร			
<input type="checkbox"/> กลุ่มวิศวกรรม	<input type="checkbox"/> กลุ่มเคมี	สิทธิบัตรการออกแบบ	อนุสิทธิบัตร
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (วิศวกรรม)	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เคมีเทคนิค)	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 1)	<input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (วิศวกรรม)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ไฟฟ้า)	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (โพลีเมอร์)	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 2)	<input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (เคมี)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ฟิสิกส์)	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เทคโนโลยีชีวภาพ)	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 3)	
	สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เภสัชภัณฑ์)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณี **รูปที่ ๗.7** สิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วนที่รองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงานโทรโบอิเล็กทรอนิกส์ (1) รนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แบบ สป/สพ/อสป/001-ก (ใบต่อ)
หน้า 2 ของจำนวน 2 หน้า

8. การยื่นคำขออนุญาตออกนิตยสาร <input type="checkbox"/> PCT <input type="checkbox"/> เพิ่มเติม (ดังแนบ)				
วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				
8.4 <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอมิในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย <input type="checkbox"/> ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ <input type="checkbox"/> ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้				
9. การแสดงการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ของผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด วันแสดง _____ วันเปิดงานแสดง _____ ผู้จัด _____				
10. การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ				
10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ		
11. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอเป็นภาษา <input type="checkbox"/> อังกฤษ <input type="checkbox"/> ฝรั่งเศส <input type="checkbox"/> เยอรมัน <input type="checkbox"/> ญี่ปุ่น <input type="checkbox"/> อื่นๆ				
12. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข _____ ในการประกาศโฆษณา				
13. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย		14. เอกสารประกอบคำขอ		
ก. แบบพิมพ์คำขอ	3	หน้า	<input checked="" type="checkbox"/> เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	
ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์	1	หน้า	<input type="checkbox"/> หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์	
ค. ข้อถ้อยสิทธิ	1	หน้า	<input type="checkbox"/> หนังสือมอบอำนาจ	
ง. รูปเขียน	-	-	<input type="checkbox"/> เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ	
จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์	7	รูป	<input type="checkbox"/> เอกสารการขอรับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย	
<input checked="" type="checkbox"/> รูปเขียน	-	-	<input type="checkbox"/> เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ	
<input type="checkbox"/> ภาพถ่าย	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> เอกสารอื่นๆ	
ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์	-	-		
15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า <input checked="" type="checkbox"/> การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรมาก่อน <input type="checkbox"/> การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก _____				
16. ลายมือชื่อ <input checked="" type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> ตัวแทน ( นายณัฐนันท์ ไทบุญศิลป์)				

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความขึ้นเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

รูปที่ ข.8 สิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วนพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงานไทรโบอิเล็กทริก (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ใบแนบต่อท้าย แบบ สป/สผ/อส/001-ก

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ ชื่อและที่อยู่เดียวกับผู้ขอ

6.2 ชื่อ Mr. Phonexai Yingyong

ที่อยู่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1

ตำบล/แขวง ลาดกระบัง อำเภอ/เขต ลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10520 ประเทศ ไทย

อีเมล -

หนังสือเดินทางเลขที่

P	1	2	5	5	4	0	9
---	---	---	---	---	---	---	---

6.3 ชื่อ นายศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์

ที่อยู่ เลขที่ 110/143 ถนนอินทวิโรรส

ตำบล/แขวง ศรีภูมิ อำเภอ/เขต เมือง จังหวัด เชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50200 ประเทศ ไทย

อีเมล -

เลขประจำตัวประชาชน

1	5	0	9	9	0	1	0	6	5	0	5	8
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.4 ชื่อ นายภาณุ ไทยนิรมิตร

ที่อยู่ เลขที่ 510/1 ถนนท่าเรือ

ตำบล/แขวง เทพา อำเภอ/เขต เทพา จังหวัด สงขลา รหัสไปรษณีย์ 90150 ประเทศ ไทย

อีเมล -

เลขประจำตัวประชาชน

3	9	0	0	5	0	0	0	4	5	0	3	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.5 ชื่อ นายธนพล หายสงฆ์ประไพเร

ที่อยู่ เลขที่ 145 หมู่ 13

ตำบล/แขวง คุ้มพยอม อำเภอ/เขต บ้านโป่ง จังหวัด ราชบุรี รหัสไปรษณีย์ 70110 ประเทศ ไทย

อีเมล -

เลขประจำตัวประชาชน

1	7	0	9	9	0	1	2	4	8	7	5	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.6 ชื่อ นายพิทักษ์ตระกูล แก้วชัย

ที่อยู่ เลขที่ 40/831 ซอยนวมินทร์ 111 แยก 4

ตำบล/แขวง นวมินทร์ อำเภอ/เขต บึงกุ่ม จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10230 ประเทศ ไทย

อีเมล -

เลขประจำตัวประชาชน

1	3	3	0	4	0	0	5	4	1	9	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.7 ชื่อ นายอรรถวัฒน์ อิทธิสิน

ที่อยู่ เลขที่ 62/77 หมู่ที่ 10

ตำบล/แขวง โคกหล่อ อำเภอ/เขต เมืองตรัง จังหวัด ตรัง รหัสไปรษณีย์ 92000 ประเทศ ไทย

อีเมล -

เลขประจำตัวประชาชน

1	9	2	9	9	0	0	6	8	4	2	6	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ ข.9 สิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วนพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงานไทรโบอิเล็กทริก (3)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

คำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์

แบบผลิตภัณฑ์ของ “ชิ้นส่วนพื้นรองเท้าเกี่ยวกับพลังงานโทรโบอิเล็กทริก” คุณลักษณะที่สำคัญ คือ มีแผ่นโพลีเมอร์ทรงพื้นรองเท้ายึดติดกับแผ่นโพลีเมอร์ตัวแอล โดยที่แผ่นโพลีเมอร์ตัวแอลจะวางตัวทำมุมกับแผ่นโพลีเมอร์ทรงพื้นรองเท้า แผ่นโพลีเมอร์ทรงพื้นรองเท้าจะมีแผ่นทองแดงและแผ่นเทฟลอน (Teflon) ติดตั้งอยู่ 5 ซึ่งจะเชื่อมต่อกับสายไฟ ส่วนแผ่นโพลีเมอร์ตัวแอลจะมีแผ่นอลูมิเนียมติดตั้งอยู่และเชื่อมต่อกับสายไฟ เช่นเดียวกัน โดยแบบผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะนำไปติดตั้งกับพื้นรองเท้าเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

ข้อถ้อยสิทธิ

ข้อถ้อยสิทธิในแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ รูปร่าง ลักษณะของ “ชิ้นส่วนพื้นรองเท้าเก็บเกี่ยวพลังงาน
‘โทรโบอิเล็กทริก’” ดังมีรายละเอียดตามที่ปรากฏในภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์ที่ได้เสนอมานี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 1 ของจำนวน 4 หน้า

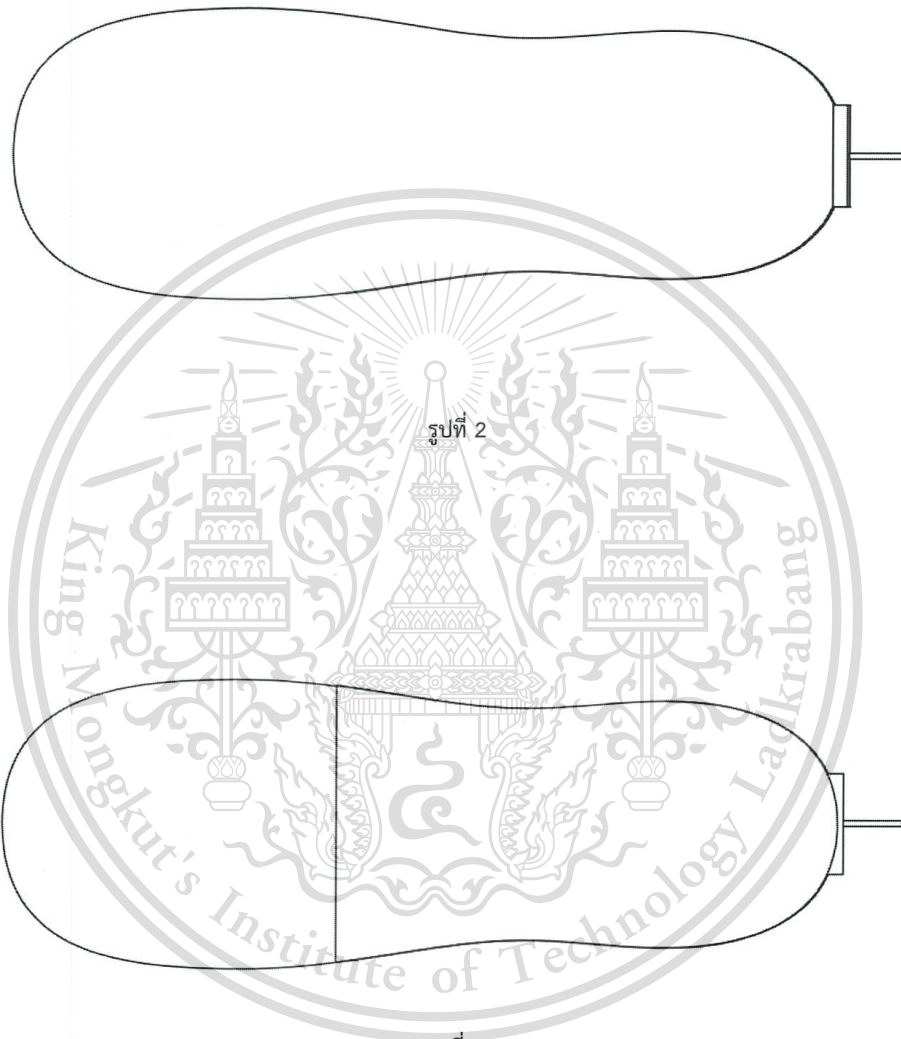


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 2 ของจำนวน 4 หน้า



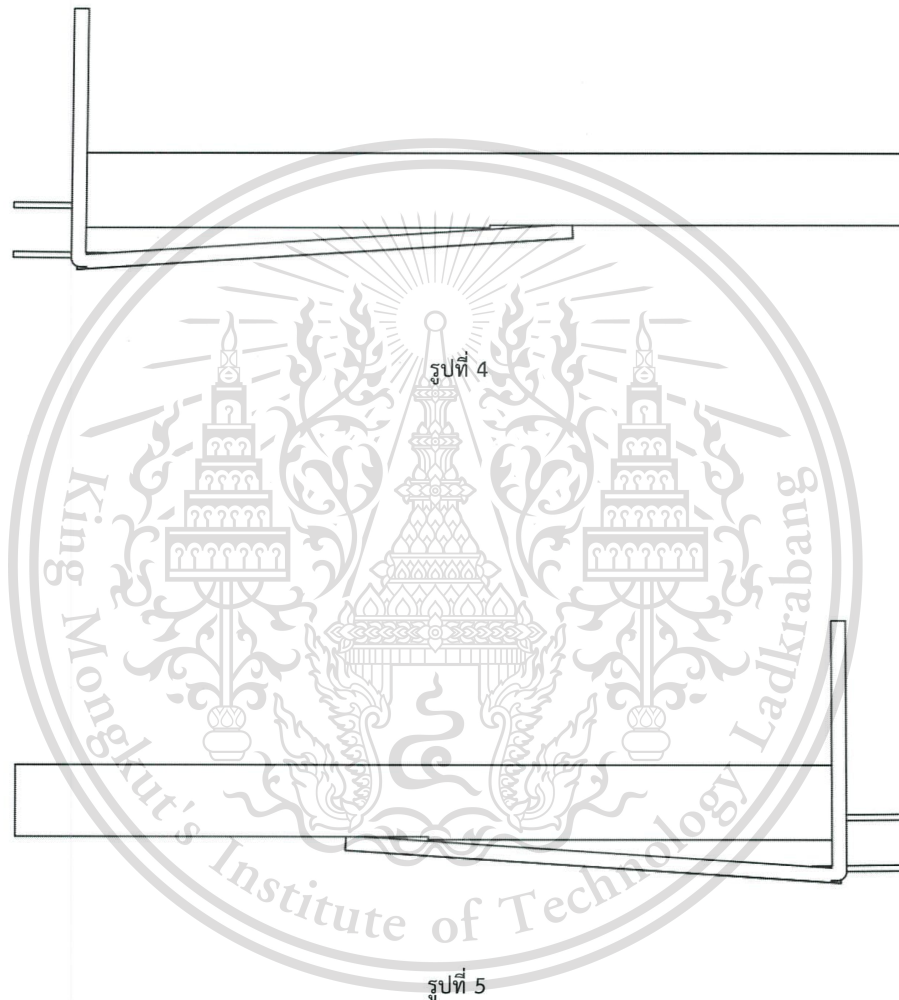
รูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 3 ของจำนวน 4 หน้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้า 4 ของจำนวน 4 หน้า



รูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Evaluating the **AD8244** Quad FET Input Buffer

FEATURES

- Enables quick evaluation of the **AD8244****
- Enables quick prototyping**
- Allows for various circuit configurations**
- SMA/SMB or test loop inputs and outputs**
- Easy connection to test equipment and other circuits**
- RoHS compliant**

GENERAL DESCRIPTION

The **AD8244-EVALZ** makes it easy for designers to obtain quick performance results for their particular application circuit using the **AD8244** quad, FET input, unity-gain buffer.

The evaluation board design is flexible to allow for common circuit options, including source impedance and space for output loading and filtering. Most resistors and capacitors use 0805 packages.

This 4-layer evaluation board comes installed with color-coded test loops, mainly intended for use with mini-clip type connectors. The board also has pads for end-launch SMA or SMB connectors on inputs and outputs, recommended for tests that require higher signal integrity than the mini-clip can provide. The inputs are guarded to avoid leakage and maximize the input impedance. The ground plane, component placement, and power supply bypassing have been optimized for maximum circuit flexibility and performance.

Figure 1 shows the primary side of the evaluation board. Figure 2 shows the evaluation board schematic.

The evaluation board accommodates the **AD8244** quad FET-input buffer in a 10-lead MSOP. The **AD8244** data sheet should be consulted in conjunction with this evaluation board user guide.

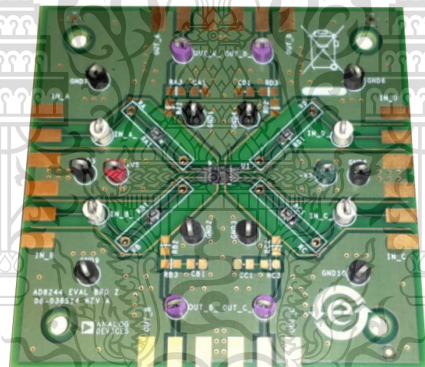


Figure 1. **AD8244-EVALZ** Primary Side

รูปที่ ค.1 วงจรบัฟเฟอร์ AD8244-EVALZ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

SCHEMATIC

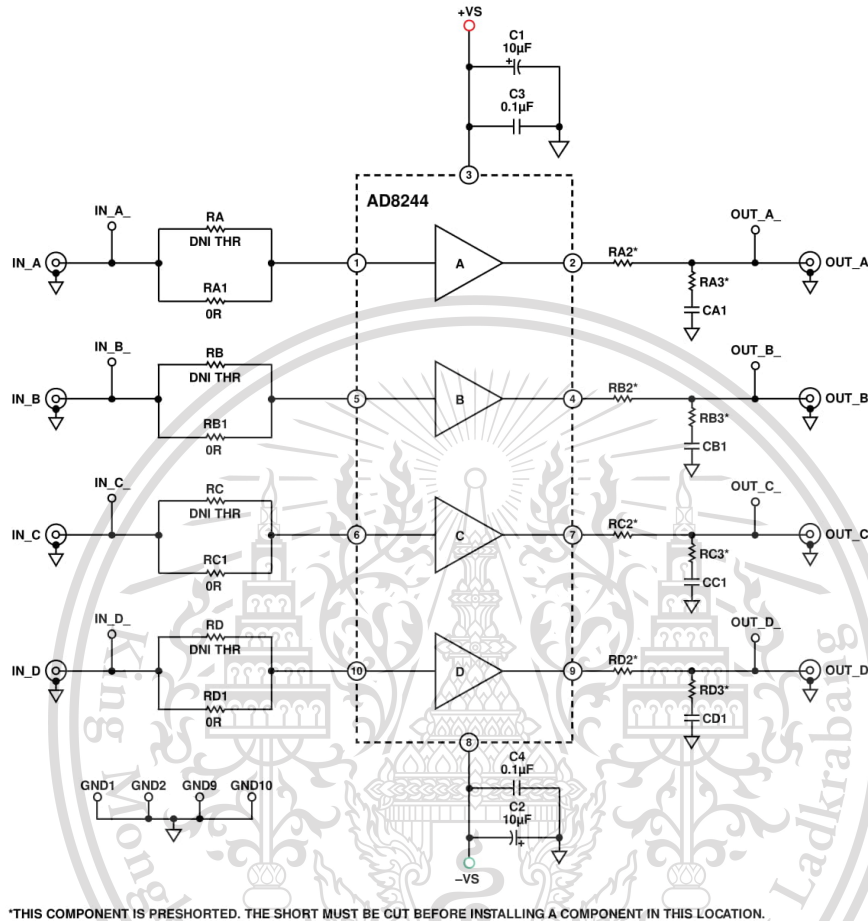


Figure 2. AD8244-EVALZ Schematic

รูปที่ ค.2 Schematic วงจรบัฟเฟอร์ AD8244-EVALZ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

SPECIFICATIONS

+V_S = 5 V, -V_S = 0 V, T_A = 25°C, V_{IN} = 0.2 V, R_L = 10 kΩ to ground, unless otherwise noted.

Table 1.

Parameter	Test Conditions/Comments	AD8244A			AD8244B			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
DC PERFORMANCE								
Offset Voltage			100	600		100	350	μV
Over Temperature	T _A = -40°C to +85°C			1.25			0.675	mV
Average Temperature Coefficient	T _A = -40°C to +85°C			10			5	μV/°C
Offset Voltage Matching	Channel to channel			800			500	μV
Input Bias Current			0.5	10		0.5	2	pA
Over Temperature	T _A = 85°C			150			50	pA
Input Bias Current Matching	Channel to channel		0.05			0.05	0.2	pA
Over Temperature	T _A = 85°C		2			2		pA
SYSTEM PERFORMANCE								
Nominal Gain			1			1		V/V
System Error ¹	V _{OUT} = 0.2 V to 3 V			0.08			0.05	%
Average Temperature Coefficient	T _A = -40°C to +85°C			2			1	ppm/°C
Gain Matching	Channel to channel			0.10			0.08	%
NOISE PERFORMANCE								
Voltage Noise								
Spectral Density	f = 1 kHz		13			13		nV/√Hz
Peak-to-Peak	f = 0.1 Hz to 10 Hz		0.4			0.4	2	μV p-p
Current Noise								
Spectral Density	f = 1 kHz		0.8			0.8		fA/√Hz
Peak-to-Peak	f = 0.1 Hz to 10 Hz		8			8		fA p-p
DYNAMIC PERFORMANCE								
Small Signal Bandwidth	-3 dB		3			3		MHz
Slew Rate			0.8			0.8		V/μs
Settling Time to 0.01%	V _{OUT} = 0.2 V to 3 V		8			8		μs
INPUT CHARACTERISTICS								
Input Voltage Range ²		0		4	0		4	V
Over Temperature	T _A = -40°C to +85°C	0		3.5	0		3.5	V
Input Impedance ³			10 4			10 4		TΩ pF
OUTPUT CHARACTERISTICS								
Output Swing	R _L = 10 kΩ to ground	0.025		4.9	0.025		4.9	V
Over Temperature	T _A = -40°C to +85°C	0.03		4.88	0.03		4.88	V
Output Swing	R _L = no load	0.025		4.97	0.025		4.97	V
Over Temperature	T _A = -40°C to +85°C	0.03		4.95	0.03		4.95	V
Short-Circuit Current			8			8		mA
Capacitive Load Drive			200			200		pF
POWER SUPPLY								
Operating Range	Single supply	3		36	3		36	V
	Dual supply	±1.5		±18	±1.5		±18	V
Power Supply Rejection	V _{IN} = 2.5 V, +V _S = 4.5 V to 5.5 V		80			80		dB
Supply Current per Amplifier	I _{OUT} = 0 mA		180	250		180	250	μA
Over Temperature	T _A = -40°C to +85°C			300			300	μA
TEMPERATURE RANGE								
Specified Performance		-40		+85	-40		+85	°C

¹ Error as a percentage of the measurement. This includes the effects of open-loop gain and common-mode rejection ratio.

² The inputs of the AD8244 can go up to the positive supply; however, the input range is derated because error increases near the positive supply as the input transistors start to saturate. The inputs also maintain high impedance when driven slightly below ground.

³ For more information on the input impedance, see Figure 24 and Figure 37.

รูปที่ ค.3 คุณสมบัติของวงจรรีฟเฟอ์ AD8244-EVALZ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

AD8244

Data Sheet

$V_S = \pm 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 0\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, unless otherwise noted.

Table 2.

Parameter	Test Conditions/Comments	AD8244A			AD8244B			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
DC PERFORMANCE								
Offset Voltage			100	600		100	350	μV
Over Temperature	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$			1.25			0.675	mV
Average Temperature Coefficient	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$			10			5	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Offset Voltage Matching	Channel to channel			800			500	μV
Input Bias Current			0.5	10		0.5	2	pA
Over Temperature	$T_A = 85^\circ\text{C}$			150			50	pA
Input Bias Current Matching	Channel to channel		0.05			0.05	0.2	pA
Over Temperature	$T_A = 85^\circ\text{C}$		2			2		pA
SYSTEM PERFORMANCE								
Nominal Gain			1			1		V/V
System Error ¹	$V_{OUT} = -3\text{ V}$ to $+3\text{ V}$			0.05			0.03	%
Average Temperature Coefficient	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$			2			1	ppm/ $^\circ\text{C}$
Gain Matching	Channel to channel			0.08			0.05	%
Nonlinearity	$V_{OUT} = -3\text{ V}$ to $+3\text{ V}$		20			20		ppm
NOISE PERFORMANCE								
Voltage Noise								
Spectral Density	$f = 1\text{ kHz}$		13			13		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Peak-to-Peak	$f = 0.1\text{ Hz}$ to 10 Hz		0.4			0.4	2	$\mu\text{V p-p}$
Current Noise								
Spectral Density	$f = 1\text{ kHz}$		0.8			0.8		fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Peak-to-Peak	$f = 0.1\text{ Hz}$ to 10 Hz		8			8		fA p-p
DYNAMIC PERFORMANCE								
Small Signal Bandwidth	-3 dB		3.3			3.3		MHz
Slew Rate			0.8			0.8		V/ μs
Settling Time to 0.01%	$V_{OUT} = -3\text{ V}$ to $+3\text{ V}$		14			14		μs
INPUT CHARACTERISTICS								
Input Voltage Range ²		-5		+4	-5		+4	V
Over Temperature	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$	-5		+3.5	-5		+3.5	V
Input Impedance ³			10 4			10 4		T Ω pF
OUTPUT CHARACTERISTICS								
Output Swing	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	-4.9		+4.9	-4.9		+4.9	V
Over Temperature	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$	-4.88		+4.88	-4.88		+4.88	V
Output Swing	$R_L = \text{no load}$	-4.975		+4.97	-4.975		+4.97	V
Over Temperature	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$	-4.95		+4.95	-4.95		+4.95	V
Short-Circuit Current			10			10		mA
Capacitive Load Drive			200			200		pF
POWER SUPPLY								
Operating Range	Single supply	3		36	3		36	V
	Dual supply	± 1.5		± 18	± 1.5		± 18	V
Power Supply Rejection	$V_S = \pm 3\text{ V}$ to $\pm 18\text{ V}$		90			90		dB
Supply Current per Amplifier	$I_{OUT} = 0\text{ mA}$		180	250		180	250	μA
Over Temperature	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$			300			300	μA
TEMPERATURE RANGE								
Specified Performance	T_A	-40		+85	-40		+85	$^\circ\text{C}$

¹ Error as a percentage of the measurement. This includes the effects of open-loop gain and common-mode rejection ratio.

² The inputs of the AD8244 can go up to the positive supply; however, the input range is derated because error increases near the positive supply as the input transistors start to saturate.

³ For more information on the input impedance, see Figure 24 and Figure 37.

รูปที่ ค.4 คุณสมบัติของวงจรบัฟเฟอร์ AD8244-EVALZ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Data Sheet

AD8244

$V_S = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 0\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, unless otherwise noted.

Table 3.

Parameter	Test Conditions/Comments	AD8244A			AD8244B			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
DC PERFORMANCE								
Offset Voltage			100	600		100	350	μV
Over Temperature	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$			1.25		0.545		mV
Average Temperature Coefficient	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$			10		3		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Offset Voltage Matching	Channel to channel			800		500		μV
Input Bias Current			0.9	10		0.9	3	pA
Over Temperature	$T_A = 85^\circ\text{C}$			150		100		pA
Input Bias Current Matching	Channel to channel		0.05			0.05	0.2	pA
Over Temperature	$T_A = 85^\circ\text{C}$		2			2		pA
SYSTEM PERFORMANCE								
Nominal Gain			1			1		V/V
System Error ¹	$V_{OUT} = -10\text{ V}$ to $+10\text{ V}$			0.03		0.008		%
Average Temperature Coefficient	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$			2		1		ppm/ $^\circ\text{C}$
Gain Matching	Channel to channel			0.05		0.01		%
Nonlinearity	$V_{OUT} = -10\text{ V}$ to $+10\text{ V}$		5			5		ppm
NOISE PERFORMANCE								
Voltage Noise								
Spectral Density	$f = 1\text{ kHz}$		13			13		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Peak-to-Peak	$f = 0.1\text{ Hz}$ to 10 Hz		0.4			0.4		μV p-p
Current Noise								
Spectral Density	$f = 1\text{ kHz}$		0.8			0.8		fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Peak-to-Peak	$f = 0.1\text{ Hz}$ to 10 Hz		8			8		fA p-p
DYNAMIC PERFORMANCE								
Small Signal Bandwidth	-3 dB		3.6			3.6		MHz
Slew Rate			0.8			0.8		V/ μs
Settling Time to 0.01%	$V_{OUT} = -10\text{ V}$ to $+10\text{ V}$		18			18		μs
INPUT CHARACTERISTICS								
Input Voltage Range ²		-15		+14	-15		+14	V
Over Temperature	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$	-15		+13.5	-15		+13.5	V
Input Impedance ³			10 4			10 4		TQ pF
OUTPUT CHARACTERISTICS								
Output Swing	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	-14.87		+14.87	-14.87		+14.87	V
Over Temperature	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$	-14.84		+14.84	-14.84		+14.84	V
Output Swing	$R_L = \text{no load}$	-14.95		+14.95	-14.95		+14.95	V
Over Temperature	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$	-14.93		+14.93	-14.93		+14.93	V
Short-Circuit Current			20			20		mA
Capacitive Load Drive			200			200		pF
POWER SUPPLY								
Operating Range	Single supply	3		36	3		36	V
	Dual supply	± 1.5		± 18	± 1.5		± 18	V
Power Supply Rejection	$V_S = \pm 3\text{ V}$ to $\pm 18\text{ V}$		90			80	90	dB
Supply Current per Amplifier	$I_{OUT} = 0\text{ mA}$		180	250		180	250	μA
Over Temperature	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$			300			300	μA
TEMPERATURE RANGE								
Specified Performance	T_A	-40		+85	-40		+85	$^\circ\text{C}$

¹ Error as a percentage of the measurement. This includes the effects of open-loop gain and common-mode rejection ratio.

² The inputs of the AD8244 can go up to the positive supply; however, the input range is derated because error increases near the positive supply as the input transistors start to saturate.

³ For more information on the input impedance, see Figure 24 and Figure 37.

รูปที่ ค.5 คุณสมบัติของวงจรรีฟเฟอร์ AD8244-EVALZ (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.