รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

สถานีชาร์จพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าและระบบกริด

Electrical station from solar energy for Electrical Vehicle and Grid system

ดร.วิบูลย์ ปิยวัฒนเมธา

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภทเงินอุดหนุนทั่วไป (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ 2561
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

สถานนีชาร์จพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าและระบบกริด

Electrical station from solar energy for Electrical Vehicle and Grid system

ดร.วิบูลย์ ปิยวัฒนเมธา

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภทเงินอุดหนุนทั่วไป (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ 2561

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) สถานีชาร์จพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าและระบบกริด

แหล่งเงิน ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเงินอุดหนุนทั่วไป (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ 2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 5,678,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2560 ถึง 30 กันยายน 2562

ดร.วิบูลย์ ปิยวัฒนเมธา (หัวหน้าโครงการ) ภาควิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงการนี้เราได้พัฒนาสถานีชาร์จพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าและระบบกริด โดยจะมีแผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งที่หลังคาของอาคาร แผงโซลาร์นี้จะทำการผลิตไฟฟ้าสำหรับสถานีชาร์จและระบบกริด ระบบนี้เรายังพัฒนาสำหรับการบริการเชิงพาณิชย์อีกด้วย เช่นการจ่ายเงินผ่านระบบบัตรเครดิต ประวัติการใช้งาน การสมัครสมาชิก เป็นต้น

คำสำคัญ โซลาร์เซลล์, แบตเตอรี่, พลังงานสีเขียว, สถานีชาร์ยานพาหนะพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: the development of electrical station from solar energy for electrical vehicle and grid

Researcher: Dr.Wibool Piyawattanametha

Faculty: Engineering **Department:** Biomedical Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This project focuses on the development of electrical station from solar energy for electrical vehicle and grid. The solar panels are installed at the roof of building, these use to generate electricity to supply the EV station and the grid system. We also developed the system as the commercial services; credit card payment, history of usage, member registration software, and so on.

Keywords: Solar cells, Battery, Green Energy, EV charging station

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช) และ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(สจล) ที่เป็นผู้สนันสนุนทุนวิจัย ประเภทเงินวิจัย จากทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเงินอุดหนุนทั่วไป(งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ 2561 และอนุเคราะห์สถานที่รวมถึงสาธารณูปโภคต่างๆในการทำวิจัยจาก สจล.จนโครงการวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ นักวิจัยของจึงขอกราบพระคุณเป็นอย่างสูง

ดร.วิบูลย์ ปิยวัฒนเมธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	IV
สารรบัญภาพ	V
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 สมมุติฐานและกรอบแนวความคิดของ โครงการวิจัย	2
1.5 คำสำคัญของการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์	6
2.2 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)	9
2.3 รูปแบบของรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้า	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
3.1 ทำการออกแบบ และจัดซื้ออุปกรณ์	15
3.2 ติดตั้ง แผงโซลาร์เซลล์	16
3.3 เตรียมพื้นที่สำหรับการติดตั้ง แท่นชาร์จ ระบบสายไฟต่างๆ และรวมถึง เจาะพื้นสำหรับการวางสายไฟ	17
3.4 เตรียมพื้นที่สำหรับการจอด EV ในระหว่างการชาร์จ	17
บทที่ 4 ผลการวิจัย	18
4.1 ผลการติดตั้ง แผง Solar cell	18
4.2 การทดสอบระบบและการใช้งาน	20
4.3 การทดสอบภาระโหลดทางไฟฟ้า	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 23

บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย 24

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง 25

ภาคผนวก 26

ภาคผนวก ก สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย ให้แนบแบบรายงานการใช้จ่ายเงิน 26

ประวัตินักวิจัย 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1รายการวัสดุ อุปกรณ์ EV charger station KMITL 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ภาพแสดงระบบทั้งหมด	2
รูปที่ 2.1 วงจรสมมูลในอุดมคติของแสงอาทิตย์	4
รูปที่ 2.2 ชนิดของโซลาร์เซลล์	5
รูปที่ 2.3 Diagram การใช้โซลาร์เซลล์ไปใช้งาน	6
รูปที่ 2.4 Modified Sine wave	9
รูปที่ 2.5 Pure-Sine Wave	10
รูปที่ 2.6 Stand Alone System	11
รูปที่ 2.7 Diagram แสดงการต่อไฟแบบระบบแสตนด์อโลน	12
รูปที่ 2.8 แสดงการต่อไฟแบบระบบ On grid	13
รูปที่ 2.9 อุปกรณ์เบื้องต้น สำหรับการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์	14
รูปที่ 3.1 ระบบหลักของ EV station	15
รูปที่ 3.2 การออกแบบโดยรวมของสถานีชาร์จ	16
รูปที่ 3.3 จัดการเตรียมพื้นที่สำหรับติดตั้งแผง โซลาร์เซลล์	16
รูปที่ 3.4 ท่อและแผงการเดินสายไฟสำหรับติดตั้ง แท่นชาร์จ	17
รูปที่ 3.5 เทพื้นบริเวณที่จอดรถด้วย Epoxy	17
รูปที่ 4.1 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์	18
รูปที่ 4.2 I-V Curve (SRP-310-6PA-DG)	19
รูปที่ 4.3 การติดตั้งแท่นชาร์จ และ การทดสอบใช้งานจริง	20
รูปที่ 4.4 วัดปริมาณโหลดทางไฟฟ้า	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันได้มีการนำระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานในรูปแบบต่างๆ กันอย่างกว้างขวางและมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้มากขึ้นในอนาคตอันใกล้ เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาดไม่มีสารพิษตกค้างที่อาจจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ไม่มีมลภาวะในการแปรรูปพลังงาน และที่สำคัญคือ เป็นแหล่งพลังงานอันมหาศาลที่ได้เปล่าและมีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติ ในระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีการระประยุกต์ใช้สองแบบใหญ่ คือ ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยลำพังซึ่งระบบนี้มีข้อดีที่องค์ประกอบและการควบคุมไม่ยุ่งยากแต่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่เก็บพลังงานไว้ ส่วนแบบที่สองคือระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับการไฟฟ้า ระบบนี้มีการควบคุมที่ซับซ้อนกว่าแบบแรกเพราะการทำงานของระบบนี้ต้องมีเฟสตรงกันกับการไฟฟ้าและจ่ายโหลดร่วมกันได้

รถพลังงานไฟฟ้าก็เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนามาอย่างยาวนานไม่ต่างกับโซลาร์เซลล์ และปัจจุบันในหลายๆ ประเทศได้มีการนำรถพลังงานไฟฟ้ามาใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังเช่นผู้นำประเทศเยอรมันนีประกาศว่า ภายใน 15 ปีต่อจากนี้รถที่ใช้พลังงานฟอสซิลจะต้องหมดไป การที่ผู้นำประเทศด้านเทคโนโลยีอันดับต้นๆ ของโลกออกมาประกาศเช่นนี้ นั่นหมายความว่า เทคโนโลยีด้านรถพลังงานไฟฟ้า และระบบชาร์จรถพลังงานไฟฟ้ามาถึงจุดที่สามารถผลิตใช้ในเชิงพาณิชย์ได้แล้ว ข่าวเรื่องรถพลังงานไฟฟ้าไม่ได้มีแต่ในต่างประเทศเท่านั้น ในประเทศไทยเองก็มีข่าวเรื่องนี้เช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นข่าวกระทรวงพลังงานจับมือกับบริษัทอุตสาหกรรมรถยนต์ช่วยอำนวยความสะดวกในการผลิตรถพลังงานไฟฟ้า มหาวิทยาลัยหลายแห่งได้จับมือกับบริษัทผลิตรถพลังงานไฟฟ้าจากต่างประเทศหรือสร้างสถานีชาร์จรถพลังงานไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัย และบริษัทมหาชนที่ให้บริการสถานีบริการน้ำมันได้สร้างสถานีชาร์จรถพลังงานไฟฟ้าภายในสถานีบริการน้ำมันด้วย

เพื่อขับเคลื่อนการวิจัย พัฒนาและส่งเสริมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอย่างแพร่หลาย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะสร้างสถานีชาร์จรถพลังงานไฟฟ้าขึ้นโดยใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ขึ้นภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยระบบที่จะสร้างขึ้นมานั้น ประกอบด้วย แผงโซลาร์เซลล์ขนาดใหญ่ติดตั้งบนหลังคาของสถานีชาร์จ ใช้แบตเตอรี่แบบ deep cycle ในการเก็บพลังงาน ในส่วนของอินเวอร์เตอร์จะเป็นแบบออนกริด ในกรณีที่มีพลังงานไฟฟ้าเหลือใช้ ระบบสามารถจ่ายไปให้กับการไฟฟ้าได้ และเครื่องชาร์จรถพลังงานไฟฟ้าที่จะใช้ เป็นแบบชาร์จเร็ว (Quick charge) จะใช้เวลาชาร์จประมาณ 30 นาที เพื่อรองรับสำหรับประชาชนที่เดินทางไปภาคตะวันออกที่เข้ามาชาร์จไม่ให้เสียเวลานาน และนอกจากนี้ ทางสถาบันได้มีโครงการนำรถบัสพลังงานไฟฟ้าเข้ามาใช้ภายในสถาบัน ซึ่งสถานีชาร์จรถที่ได้ออกแบบไว้นั้นสามารถรองรับกับการชาร์จรถบัสพลังงานไฟฟ้าของสถาบันได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ส่งเสริมการใช้งานให้มีการใช้ยานพาหนะไฟฟ้ามากขึ้นเพื่อลดมลพิษและแก๊สเรือนกระจก

2.ลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในยานพาหนะ

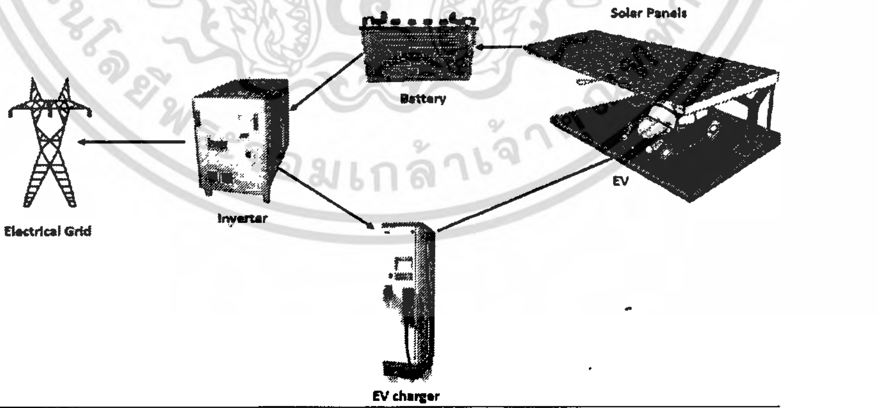
.3สามารถนำงานวิจัยนี้ไปใช้จริงเชิงพาณิชย์ได้ และสามารถส่งออกเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศไทยได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการพัฒนาสถานทีชาร์จพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เก็บไว้ในแบตเตอรี่ สำหรับจ่ายให้กับยานพาหนะไฟฟ้า ในกรณีที่มีพลังงานเหลือใช้ก็จะนำเข้าสู่ Grid system จำหน่ายให้กับทางการไฟฟ้า

1.4 สมมุติฐานและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

กรอบแนวคิดของโครงงานวิจัยนี้จะใช้ Solar Panels ทำหน้าที่ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเก็บไว้ในแบเตอรี่ สำหรับการสำรองไว้จ่ายให้ Electric vehicle ในกรณีที่แบตอเตอรี่เก็บพลังงานไว้เต็มแล้วก็จะจ่ายเข้าไปใน Grid จ่ายให้ทางการไฟฟ้าดังรูปที่ ๑



รูปที่ 1.1 ภาพแสดงระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 คำสำคัญของการวิจัย

Solar cells, Battery, Green Energy, EV charging station

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้มีผลผลิตที่เป็นชิ้นงานทางการแพทย์และเป็น multi-disciplinary research ระหว่าง Engineering and Medical Laboratories ซึ่งแสดงถึงอัตลักษณ์เด่นทางวิศวกรรมชีวการแพทย์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์จริงได้ที่ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ ยังสามารถส่งเข้าประกวดและมีศักยภาพที่จะได้รับรางวัลจากการประกวดโครงการวิจัยต่างๆในระดับชาติและ/หรือระดับนานาชาติ เช่น True Innovation Award, International Contest on Applications of Nano-Micro (ICAN) Technologies, Biz Barcelona, Global Social Venture Competition (GSVC) นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ สามารถยื่นจดสิทธิบัตรในระดับชาติ (ชื่อกล้องจุลทรรศน์แบบส่องตรวจภายในร่างกายชนิดมุมมองกว้างด้วยมัดใยแก้วนำแสง)ได้ภายในระยะเวลาของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 แนวความคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/การทบทวนวรรณกรรม

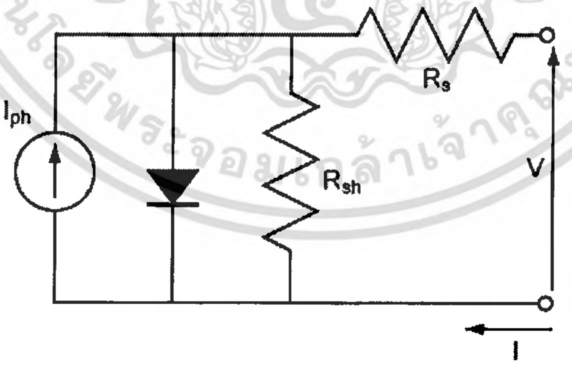
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่ใช้สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสดงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าโฟโตโวลเตอิก (photovoltaic phenomenon) การเปลี่ยนแปลงพลังงานด้วยวิธีนี้จะไม่มีส่วนเคลื่อนที่ใดๆ ทำให้มีข้อดีในเรื่องความสะดวกต่อการนำไปใช้งาน มีการบำรุงรักษาที่ง่าย และอายุการใช้งานยาวนาน

คุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตขึ้นมาจากวัสดุสารกึ่งตัวนำเหมือนกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป โครงสร้างวัสดุสารกึ่ง ตัวนำของเซลล์แสงอาทิตย์มีลักษณะรอยต่อพี-เอ็น(p-n junction) เหมือนไดโอด ดังนั้นคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคติจึงสามารถเขียนเป็นวงจรสมมูลประกอบด้วยแหล่งจ่ายกระแสขนาดกับไดโอดดังรูปที่ (2) ซึ่งปริมาณกระแส i_{ph} นี้กำเนิดจากปรากฏการณ์โฟโตโวลเตอิกที่มีความเข้มข้นของแสงค่าหนึ่งซึ่งสมารถแทนได้ด้วยแหล่งจ่ายกระแสงที่ ส่วนไดโอดจะแสดงถึงคุณลักษณะของสารกึ่งตัวนำที่เป็นรอยต่อพี-เอ็น ดังนั้นค่ากระแสจ่ายออก I จึงสามารถอิธิบายได้ด้วยความแตกต่างของกระแส i_{ph} ที่กำเนิดจากแสดงอาทิตย์กับกระแสของไดโอดดังแสดงในสมการที่ (1)

$$I = I_{SC} - I_O\left[\exp\left(\frac{qV}{AkT}\right) - 1\right] \qquad (1)$$



รูปที่ 2.1 วงจรสมมูลในอุดมคติของแสงอาทิตย์ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการดังกล่าว ทำให้เกิดการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นกันเป็นจำนวนมาก โดยใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกันออกไป ตามชนิดของสารหลักที่ใช้งานการผลิตเซลล์แสดงอาทิตย์ ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้กันอยู่ กลุ่มใหญ่ 2

กลุ่มแรกเป็นเซลล์แสดงอาทิตย์ที่จำจากสารกึ่งตจัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น แบบที่เป็นรูปผลึก (Crystalline) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous)

2.1.1 แบบที่เป็นรูปผลึกจะแบ่งเป็น ประเภท 2 ตามรูปที่ 2.2 ได้แก่

1.แบบผลึกเดี่ยว (Mono Crystalline) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแรกๆ ที่ได้รับการผลิตและจำหน่ายเชิงพาณิชย์ มีลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนหนาประมาณ ไมครอนหรือที่เรียกกันว่าเวเฟอร์ 300

2.แบบผลึกรวม (Poly Crystalline) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้น เพื่อ ลดต้นทุนของโซลาร์เซลล์แบบผลึกเดี่ยว โดยยังคงคุณสมบัติและประสิทธิภาพการใช้งาน ใกล้เคียงกับแบบผลึกเดี่ยวมากที่สุด ซึ่งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะนิยมใช้เซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้ เช่น โรงไฟฟ้า เอสพีพี ทู” จ.“ สระบุรี โรงไฟฟ้า “ตาขีด” จ.นครสวรรค์ ของเอ็กโก กรุ๊ป เป็นต้น

2.1.2 แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก ได้แก่ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous หรือ Thin Film) เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ได้รับการคิดค้นและพัฒนาขึ้น เพื่อประหยัดต้นทุนและเวลาในการผลิต เนื่องจากเป็นฟิล์ม์บางเพียง 0.5 ไมครอน น้ำหนักเบาและมีความยืดหยุ่นกว่าแบบผลึก เหมาะกับการใช้ในโครงการโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่

รูปที่ 2.2 ชนิดของโซลาร์เซลล์ [2] http://www.solar-greenpower.com/article/1/solar-cell

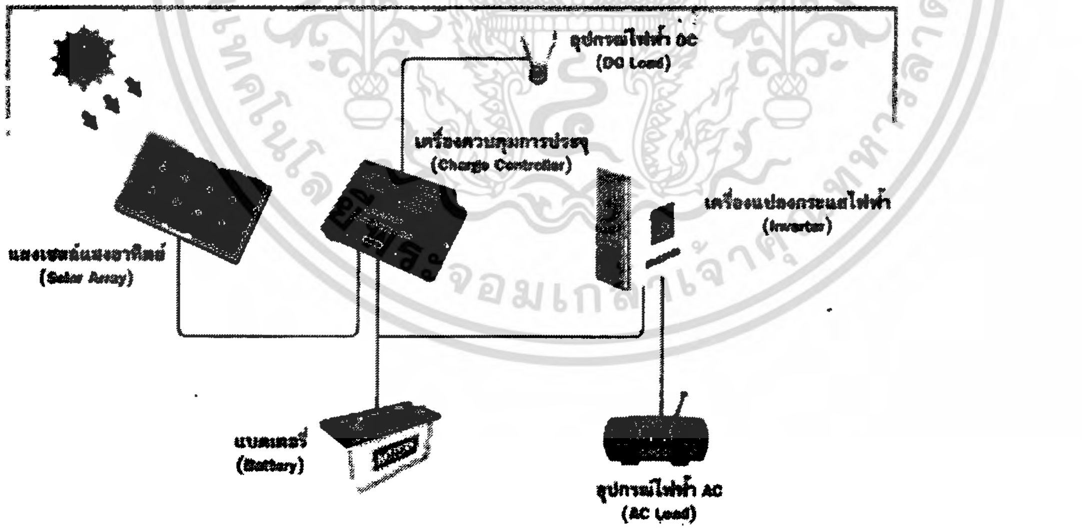
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์

ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่าคุ้มค่าและไม่มีวันหมดไปจากโลกนี้สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลกและได้พลังงานไฟฟ้าใช้โดยตรง ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ จึงไม่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านอากาศและน้ำ ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งาน จึงไม่กิดมลภาวะด้านเสียง เป็นอุปกณณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่การเคลื่อนไหวขณะทำงาน จึงไม่เกิการสึกหรอ ต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก อายุการใช้งานยืนยาวและประสิทธิภาพคงที่ มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย เคลื่อนย้ายสะวดกและรวดเร็ว เนื่องจากมีลักษณะเป็นโมดูล จึงสามารถประกอบได้ตามขนาดที่ต้องการ ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าสต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอนและก๊าสไนโตรเจน ออกไซด์ ฯลฯ- ซึ่งเป็นผลจากการเผาไม้ของเชื้อเพลิงจำนวนน้ำมัน ถ่ายหิน และก๊าซธรรมชาติ ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจำทำให้โลกร้อนขึ้น เกิดฝนกรด อากาศเป็นพิษ ฯลฯ

2.1.4 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง จึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสมไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ อีก ตามรูปที่ 4 โดยรวมเป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์มีอุปกรณ์ สำคัญดังนี้



รูปที่ 2.3 Diagram การใช้โซลาร์เซลล์ไปใช้งาน [3] http://www.solar-greenpower.com/article/1/solar-cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar module) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆเซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการ โดยการต่อแบบอนุกรมจะเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และการต่อแบบขนานจะเพิ่มพลังงานไฟฟ้า หากสถานที่ตั้งภูมิศาสตร์แตกต่างกันก็จะมีผลให้ปริมาณค่าเฉลี่ยพลังงานสูงสุดในหนึ่งวันไม่เท่ากันด้วย รวมถึงอุณภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิสูงขึ้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจะลดลง

2. เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณที่เหมาะสมกับแบตเตอร์รี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบเตอรรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจาแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้นการทำงานของเครื่องควบคุมประจุ คือ เมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้ว จะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า (และมักจะมีคุณสมบัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงด้วย) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น

3. แบเตอร์รี่ (Batter) ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการ เช่นเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน หรือนำไปประยุกต์ในงานอื่นๆ (ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำมาเก็บไว้เพื่อทำเป็นสถานีชาร์จ EV) ซึ่งแบตเตอรี่มีหลายขนาดให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม

4. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น ชนิด คือ 2Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับทุกชนิด และ Modified Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ไม่มีส่วนประกอบของมอเตอร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็น Electronic ballast

5. ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection) ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อฟ้าผ่า หรือเกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดความต่างศักย์สูง ในระบบทั่วไปมักไม่ใช้อุปกรณ์นี้ จะใช้สำหรับระบบขนาดใหญ่และมีความสำคัญเท่านั้น รวมถึงต้องมีระบบสายดินที่มีประสิทธิภาพด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวนจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

ความเข้มของแสง

กระแส (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูงกระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่ได้แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 1,000 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60องศากับพื้นโลกความเข้มของแสงจะมีค่าประมาณเท่ากับ ประมาณ 75mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 750W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่ากับกับ AM2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

อุณหภูมิ

กระแสไฟจะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า จะลดลงเมื่ออุภหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5 1% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาของแสงอาทิตย์คือ ณ อุภหภูมิ องศา 25C เช่นกำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage) ที่ 21V ณ อุณหภูมิ องศา 25C ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ องศา 25 C จะเท่ากับ 21V ถ้าสูงกว่าอุณหภูมิ องศา 25Cเช่น อุณหภูมิ องศา 30C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% (0.5% x 5 องศา C) นั่นคือแรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ Voc จะลดลง 0.525V(21V x 2.5%) เหลือเพียง 20.475 V (21V-0.525V) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

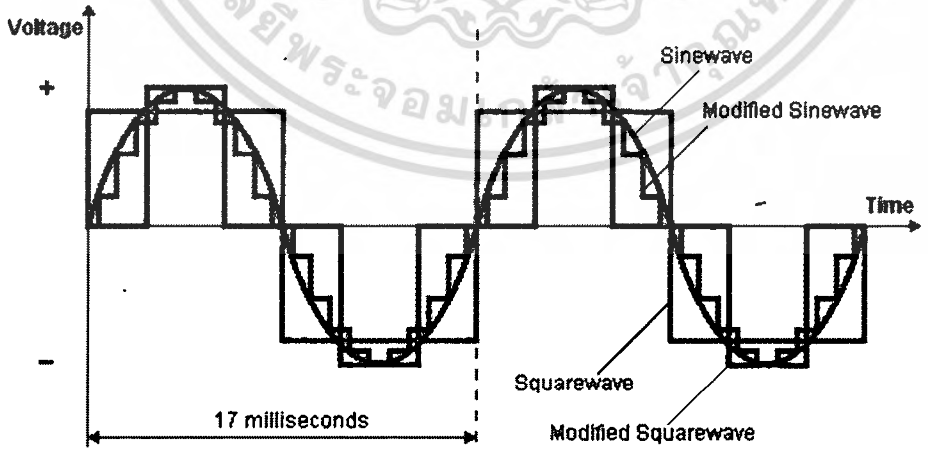
โดยปกติแล้ว แผงโซลาร์เซลล์ จะผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมา ในรูปแบบของไฟกระแสตรง (Direct Current) แต่เครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ จะเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220V ดังนั้น อุปกรณ์ที่แปลงไฟฟ้า จากไฟ DC ให้กลายเป็นระบบไฟฟ้าแบบ AC 220V อุปกรณ์ตัวนี้เราเรียกว่า Inverter อินเวอร์เตอร์

การทำงานของอินเวอร์เตอร์ คือจะรับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง DC เข้าไปสู่ตัวเครื่องอินเวอร์เตอร์ ไม่ว่าการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ไฟฟ้าที่เข้าอินเวอร์เตอร์ จะผ่านวงจรไฟฟ้าภายใน ที่ประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการ แปลงแรงดันให้สลับกันไปม่า ระหว่างความต่างศักย์ ที่เป็นบวกและลบ จนได้เป็นพลังงานไฟฟ้า ที่เป็นไฟกระแสสลับ โดยมีจำนวนครั้งที่สลับไปมาเท่ากับ 100-120 ครั้งต่อวินาที (ความถี่ 50-60 Hz) แล้วแต่การออกแบบวงจรภายใน โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผลิต และใช้กันอยู่ในประเทศไทย โดยทั่วไป มีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ อยู่ที่ 220-230 โวลท์ (V) ความถี่ 50 เฮริตส์)Hz)

2.3 รูปแบบของรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้า

1) **รูปคลื่นโมดิฟายซานย์เวฟ (Modified-Sine wave) ตามรูปที่ 2.4**

ซึ่งจุดที่เปลี่ยนระหว่างคลื่นบวกกับลบ จะมีความชันน้อยกว่า ส่วนใหญ่แล้ว จะเจอกับอินเวอร์เตอร์ที่มีราคาถูก หาซื้อได้โดยทั่วไป อินเวอร์เตอร์ที่มีแรงดันขาออก เป็นแบบสองลูกคลื่นนี้ จะนำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า ที่ไม่ค่อยมีผลกับรูปแบบของลูกคลื่นมากนัก เช่น หลอดไฟ เป็นต้น แต่ถ้านำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า ที่มีส่วนประกอบของเส้นลวดพัน เช่น มอเตอร์พัดลม จะทำให้เกิดเสียงฮัม และความร้อนจากตัวมอเตอร์ ส่งผลให้มอเตอร์เสียหายได้ เนื่องจากรูปแบบลูกคลื่น ไม่สอดกับหลักการทำงานภายใน ของตัวมอเตอร์

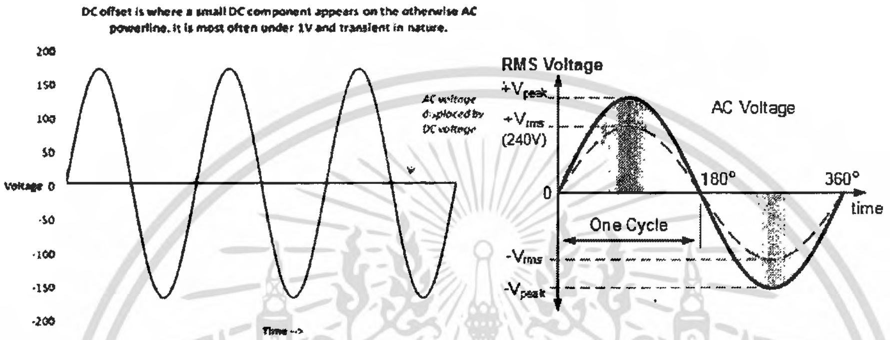


รูปที่ 2.4 Modified Sine wave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) รูปคลื่นเพียวซายน์เวฟ (Pure-Sine Wave)

อินเวอร์เตอร์ที่ผลิตรูปคลื่นแบบนี้ จะมีราคาที่สูงกว่า เพราะรูปคลื่นซานย์ตามรูปที่ 2.5 จะรองรับการนำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกชนิด โดยไม่ทำให้เกิดปัญหา และมีรูปร่างของคลื่นที่ผลิตได้ เหมือนกับรูปคลื่นไฟฟ้าตามบ้านทุกประการ การนำเอาท์พุตของอินเวอร์เตอร์ เพียวซายน์เวฟ ไปจ่ายให้กับพัดลม พัดลมจะทำงานปกติ ไม่เกิดเสียงฮัมแต่อย่างใด



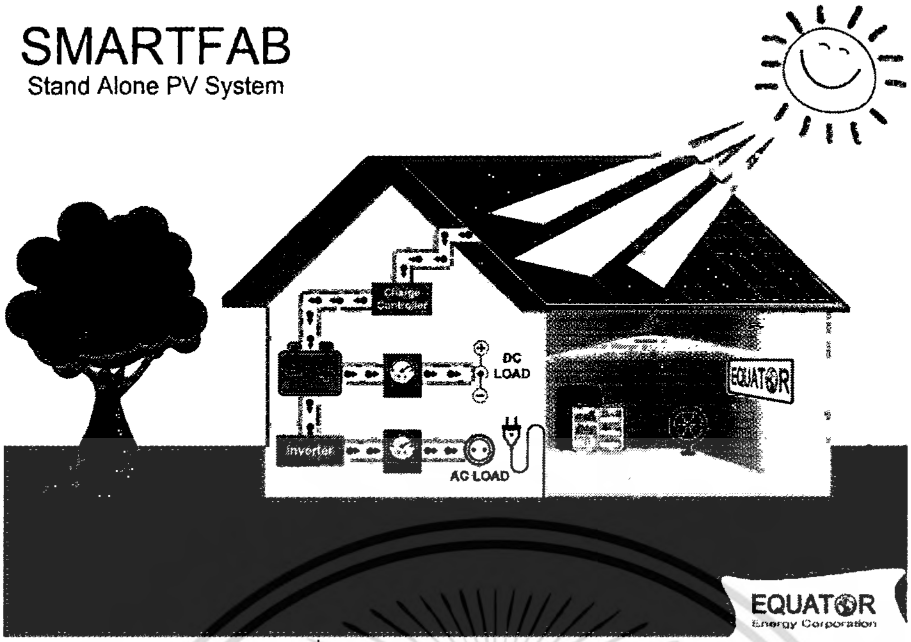
รูปที่ 2.5 Pure-Sine Wave

อินเวอร์เตอร์แบ่งตามระบบที่ติดตั้ง

1. ระบบแสตนด์อโลน (Stand Alone System) ตามรูปที่ 2.6

Stand Alone System ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบแสตนด์อโลน เป็นระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดผลิตไฟฟ้าใช้เอง เป็นสถานที่ ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ ไม่มีการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า ส่วนใหญ่แล้ว การฟลิตไฟฟ้าระบบนี้จะมีแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับกำเนิดไฟฟ้า สามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าแบบ DC ที่มีแรงดันไฟฟ้าที่เท่ากัน หรือสามารถแปลงไฟฟ้า ด้วยอินเวอร์เตอร์ จากไฟกระแสตรง เป็นไฟกระแสสลับ เพื่อใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่ใช้ตามบ้านเรือน ขนาด 220V ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 Stand Alone System

<u>ระบบแสตนด์อโลน มีการต่อไฟฟ้าตามแบบต่างๆ ดังนี้</u>

1. ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง DC ไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ สามารถต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง DC เช่น ระบบปั๊มน้ำกระแสตรง แรงดัน 12V หรือ 24V ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ใช้งานตอนกลางวันเท่านั้น

2. ต่อเข้ากับแบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้า DC

ไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ จะต่อเข้ากับแบตเตอรี่ และจ่ายไฟให้กับโหลดกระแสตรง ข้อดีของการต่อระบบแบบนี้ คือเมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ เราก็ยังสามารถใช้พลังงานไฟฟ้า จากแบตเตอรี่ จ่ายให้กับโหลดได้ สิ่งที่ต้องระวังคือการชาร์จไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่มากเกินไป อาจทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็ว และระวังการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ อย่าให้คลายประจุมากเกินกว่า สเปคของเบตเตอรี่ ซึ่งทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วเช่นกัน

การต่อแบบระบบนี้เป็นที่นิยมกันทั่วไป ใช้กับงานหรือเรือขนาดเล็ก กระท่อมขนาดเล็ก หรือระบบส่องสว่าง หรือไฟกระพริบงานจราจร

3. ต่อเข้าเครื่องควบคุมประจุ เพื่อจ่ายไปยังแบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้า DC

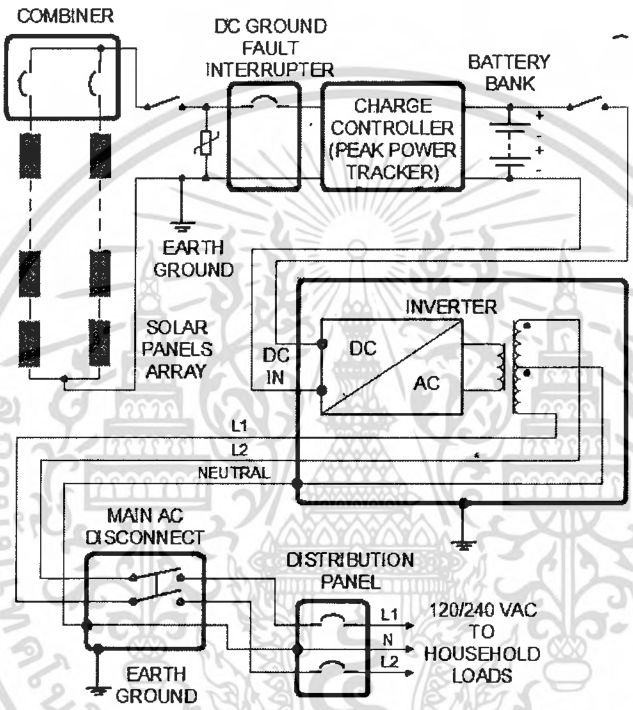
ไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ จะต่อเข้ากับเครื่องควบคุมการชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ และจ่ายไฟให้กับโหลดกระแสตรง ระบบนี้สามารถควบคุมการไหลของประจุไฟ ที่เข้าไปเก็บในแบตเตอรี่ได้ และจะหยุดการชาร์จ เมื่อไฟที่เก็บในแบตเตอรี่ มีแรงดันเกินกว่าที่ตั้งค่ากำหนดไว้ จึงทำให้แบตเตอรี่มีอายุที่ยาวนานมากขึ้น

การต่อแบบระบบนี้เป็นที่นิยมกันทั่วไป เป็นการใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ หลังจากผ่านเครื่องควบคุมประจุแล้ว อุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นแบบกระแสตรง DC 12V หรือ 24V เช่นปั๊มน้ำ หรือหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ต่อเข้าเต็มระบบ เครื่องควบคุมประจุแบตเตอรี่ อินเวอร์เตอร์ แปลงไฟฟ้าเป็น AC

ไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ จะต่อเข้ากับเครื่องควบคุมการชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ และต่อไฟให้กับอินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงไฟจากไฟฟ้ากระแสตรง เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านได้ โดยไฟกระแสตรงที่ออกจากแบตเตอรี่ ก็ยังสามารถจ่ายให้กับโหลดกระแสตรงได้อีกด้วย ตามรูปที่ 8 ระบบแบบนี้มีข้อดีคือ มีความยืดหยุ่นในการหาเครื่องใช้ไฟฟ้ามาใช้งาน เพราะโดยทั่วไปแล้วเครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ จะใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ AC 220V เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าบ้าน เช่น พัดลม คอมพิวเตอร์ ทีวี และใช้ระบบไฟส่องสว่างกับไฟกระแสตรงก็ได้



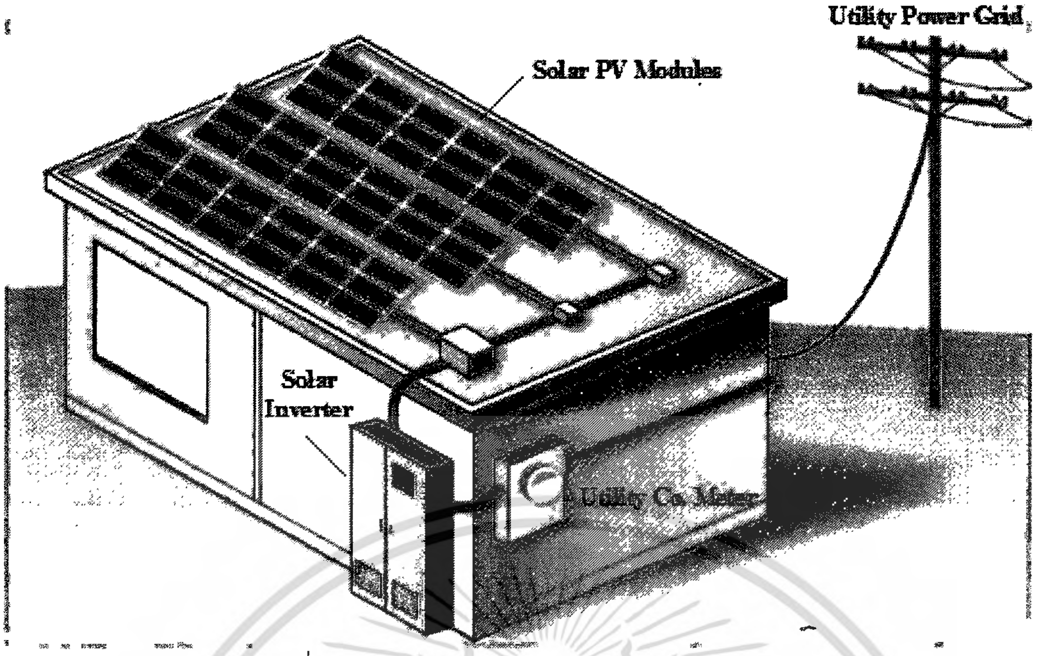
รูปที่ 2.7 Diagram แสดงการต่อไฟแบบระบบแสตนด์อโลน

การต่อแบบระบบนี้เป็นที่นิยมกันทั่วไป ใช้กับบ้านพักอาศัยที่ห่างไกลผู้ผลิตไฟฟ้า ทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าใช้ได้เอง รวมทั้ง ประยุกต์ใช้กับในพื้นที่ ที่ไม่ต้องการลากสายไฟฟ้า เพราะมีต้นทุนเรื่องสายไฟฟ้าที่มีราคาสูงได้อีกด้วย

2. ระบบออนกริด (On-grid System)

On-grid System ติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบออนกริด เป็นระบบโซลาร์เซลล์ แบบต่อเข้ากับระบบสายส่งจากการไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าระบบนี้ จะมีแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับกำเนิดไฟฟ้า จ่ายไฟให้กับกริดไทอินเวอร์เตอร์ แปลงจากไฟกระแสตรง เป็นไฟกระแสสลับ ต่อกับระบบไฟฟ้าภายในบ้าน ร่วมกับระบบไฟจากการไฟฟ้า ตามรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงการต่อไฟแบบระบบ On grid

จุดเด่นของระบบออนกริด บ้านที่ติดตั้งระบบออนกริด จะมีแหล่งจ่ายไฟ 2 ทาง ทางหนึ่งจากการไฟฟ้า และอีกทางหนึ่งจากโซลาร์เซลล์ ระบบไฟที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์ จะแปลงไฟโดยอินเวอร์เตอร์ และสามารถต่อไฟร่วมกับ ระบบไฟจากการไฟฟ้าได้ ไม่ต้องทำระบบสลับไฟใดๆทั้งสิ้น สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิด โดยไม่ใช้แบตเตอรี่

ระบบนี้ไม่ต้องคำนึงว่า Load ในบ้านใช้งานมากน้อยเพียงใด ระบบไฟโซลาร์เซลล์ จะช่วยลดค่าไฟลงบางส่วนเท่านั้น ตามกำลังที่ผลิตได้ หากใช้ไฟมากกว่าระบบโซลาร์ผลิตได้ จะไปดึงไฟจากการไฟฟ้านำมาใช้ ระบบนี้สามารถติดชุดใหญ่ หรือชุดเล็ก ตามงบประมาณ แต่ควรคำนวณขนาดให้เหมาะสม

อินเวอร์เตอร์ แบบออนกริด จะทำงานเมื่อมีไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ และมีไฟจากการไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบโซลาร์เซลล์ เป็นไฟฟ้าที่ได้มาใช้ฟรี ตอนเย็นใกล้ค่ำโวลท์ของแผงโซลาร์จะลดลงเรื่อยๆ เมื่อต่ำถึงเกณฑ์ที่กำหนด อินเวอร์เตอร์จะปิดตัวลงอัตโนมัติ รอรุ่งเช้าของวันใหม่ เมื่อมีแสงสว่าง โวลท์ของแผงโซลาร์จะค่อยๆสูงขึ้น ทำให้อินเวอร์เตอร์กลับมาทำงานอีกครั้ง

จุดด้อยของระบบออนกริด ระบบไฟจะไม่สามารถใช้งานกลางคืนได้ กลางคืนจะใช้ไฟจากการไฟฟ้า สำหรับตอนกลางวัน หากไฟจากการไฟฟ้าดับลง อินเวอร์เตอร์จะหยุดการทำงานไปด้วย ถึงแม้ว่าแผงโซลาร์ยังสามารถผลิตไฟได้ก็ตาม เพื่อป้องกันไฟย้อนไปดูดเจ้าหน้าที่ ที่กำลังซ่อมบำรุง

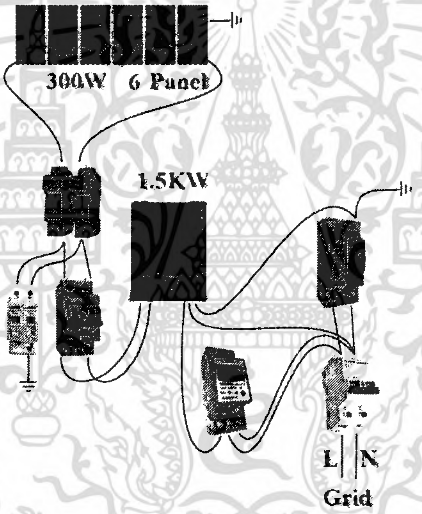
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานระบบนี้ เหมาะสำหรับสถานที่มีไฟฟ้าใช้ ต้องการประหยัดค่าไฟ หรือลดค่าไฟฟ้า และไม่ควรติดตั้งตัวใหญ่เกินการใช้งาน เนื่องจากไฟที่เหลือใช้ จะจ่ายคืนให้กับการไฟฟ้า(นำไปขายให้บ้านอื่น) ทางการไฟฟ้าจะไม่คำนวณเงินคืนให้ แต่จะคิดเงินเฉพาะส่วนที่เราใช้ไฟจากการไฟฟ้า

อุปกรณ์สำหรับ On-grid System

เป็นอุปกรณ์เบื้องต้น สำหรับการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ แบบเชื่อมต่อสายส่งการไฟฟ้า ตามรูปที่ 10

- กริดไทอินเวอร์เตอร์
- แผงโซลาร์เซลล์
- กล่องเบรกเกอร์ คอนโทรล DC AC Surge Protection
- อุปกรณ์ยึดแผงโซลาเซลล์บนหลังคา
- สายไฟโซลาร์เซลล์ PV1-F ข้อต่อสาย MC4



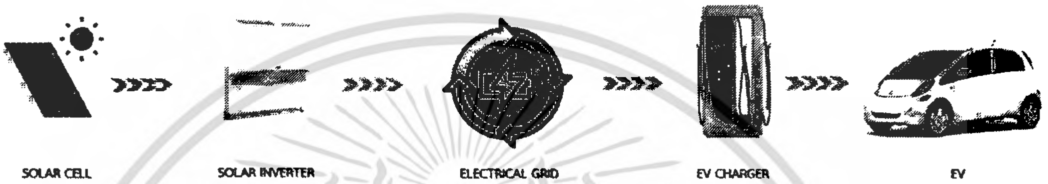
รูปที่ 2.9 อุปกรณ์เบื้องต้น สำหรับการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ทำการออกแบบ และจัดซื้ออุปกรณ์

ปัจจุบันได้ทำการประมูลจัดซื้อจัดจ้างครุภัณฑ์เป็นที่เรียบร้อย แต่เนื่องด้วยต้องทำให้การจัดซื้อเป็นไปตามระเบียบราชการจึงทำให้มีความล่าช้าในประการประมูล ซึ่งวัสดุและครุภัณฑ์ที่ทาการจัดซื้อเป็นไปตามเอกสารแนบ โดยอุปกรณ์หลักคือ Solar cell panel, Solar inverter, EV Charger ตามรูปที่ 3.1 และอุปกรณ์อื่นๆ ตามเอกสารแนบ



รูปที่ 3.1 ระบบหลักของ EV station

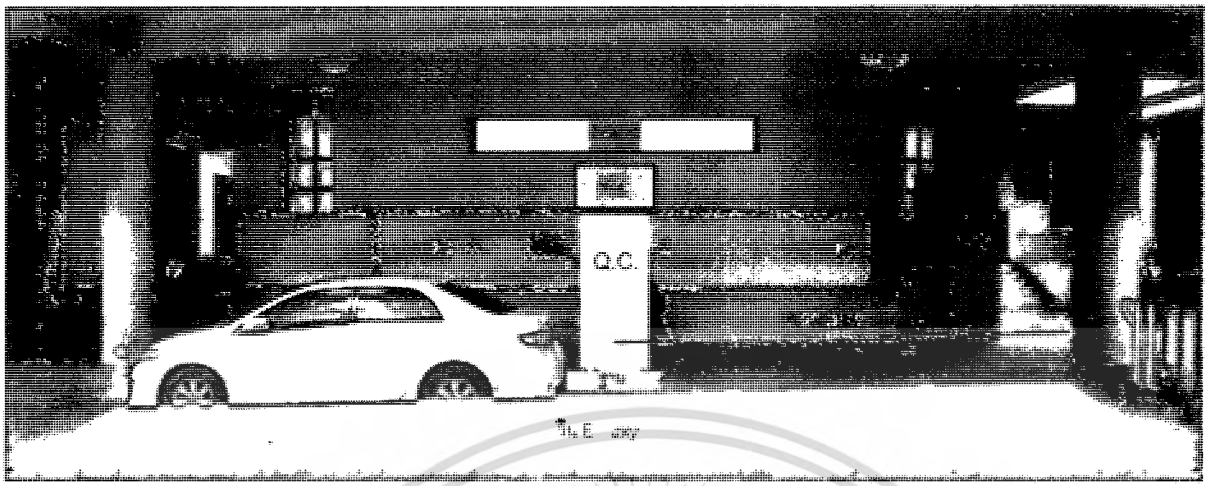
โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งสำหรับชุด EV station เป็นตามตารางที่ 3.1

รายการวัสดุ อุปกรณ์ Charger Station KMITL

Solar System		
รายการ	รายการอุปกรณ์	ยี่ห้อ
1	Solar panels	SERAPHIM
2	Solar Inverter	ABB
3	AC Breaker	Mitsubishi Electric
4	AC Surge	Phoenix contact
5	AC Cable	Phelps dodge
6	PV Fuse	Bussmann Eaton
7	PV Surge	Phoenix contact
8	PV Cable	Bangkok Cable
9	PV Connectors	Multi contact
10	GND Cable	Phelps dodge
11	Flexible Conduit	Union
12	IMC	Arrow
13	Solar mounting	PLP / Clenergy
14	Combiner Box	KJL / BSMP
EV Charger		
15	Quick charger, La FON QC50-3 (CHAdeMO, CCS2, T2socket)	
16	Protection DB (ตู้ควบคุมไฟฟ้า)	
17	PC Computer + OCPP Server software	
18	Mobile application	

ตาราง 3.1 รายการวัสดุ อุปกรร์ EV charger station KMITL

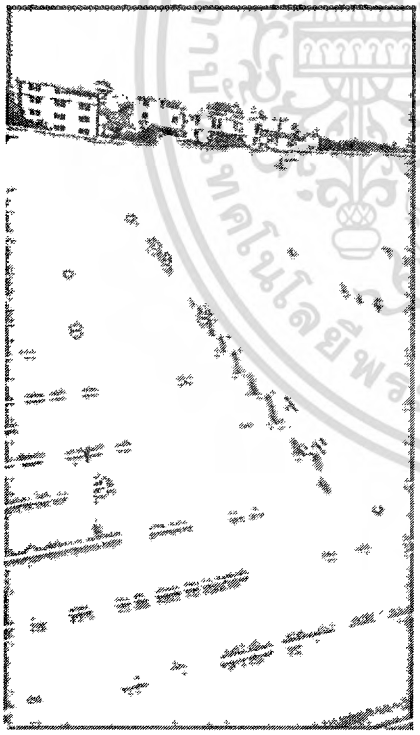
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

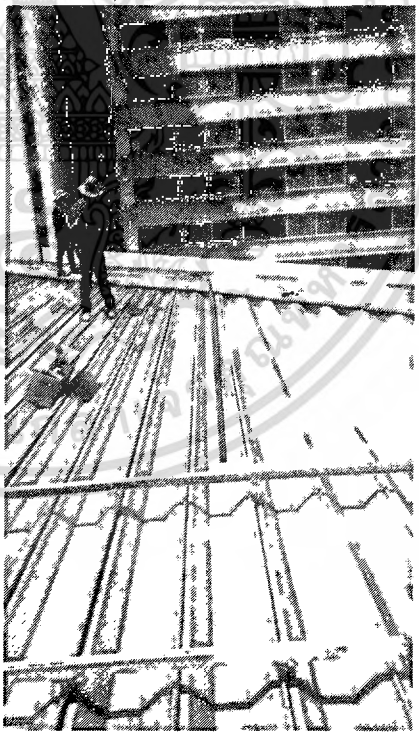


รูปที่ 3.2 การออกแบบโดยรวมของสถานีชาร์จ

3.2 ติดตั้ง แผงโซลาร์เซลล์

ทำการจัดเตรียมพื้นทำความสะอาด รวมถึงวางโครงเหล็กสำหรับการติดตั้ง แผง Solar cell

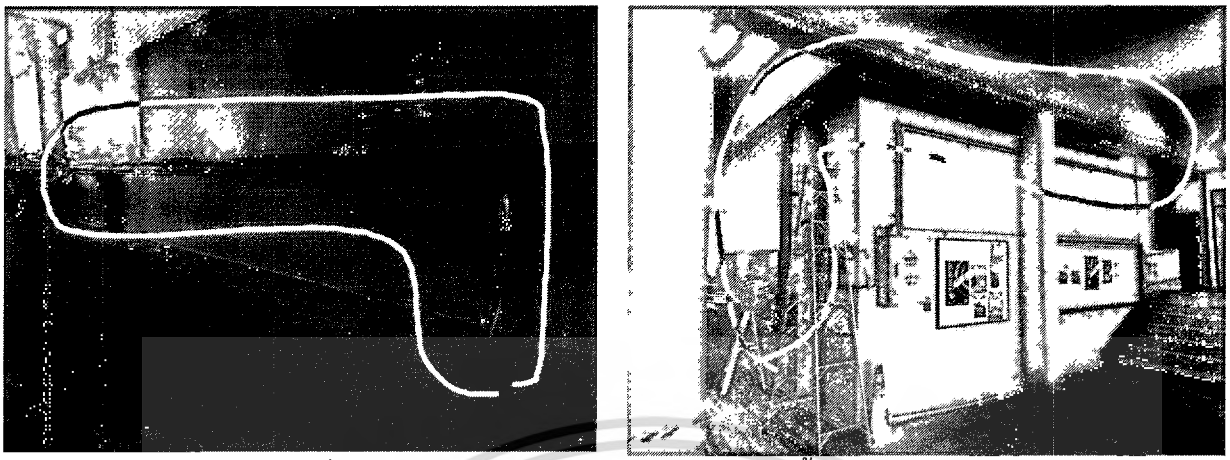




รูปที่ 3.3 จัดการเตรียมพื้นที่สำหรับติดตั้งแผง โซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เตรียมพื้นที่สำหรับการติดตั้ง แท่นชาร์จ ระบบสายไฟต่างๆ และรวมถึง เจาะพื้นสำหรับการวางสายไฟ



รูปที่ 3.4 ท่อและแผงการเดินสายไฟสำหรับติดตั้ง แท่นชาร์จ

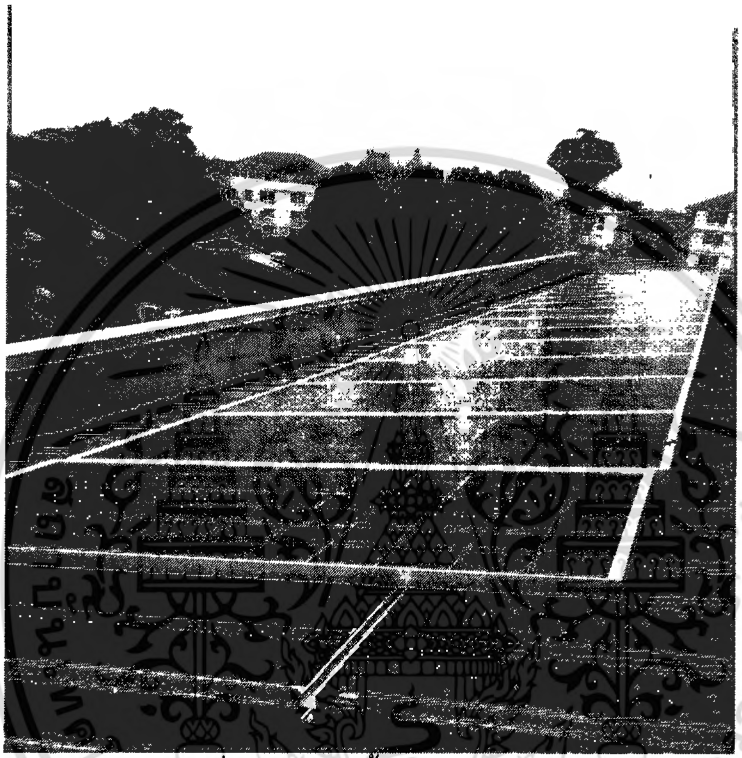
3.4 เตรียมพื้นที่สำหรับการจอด EV ในระหว่างการชาร์จ

รูปที่ 3.5 เทพื้นบริเวณที่จอดรถด้วย Epoxy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

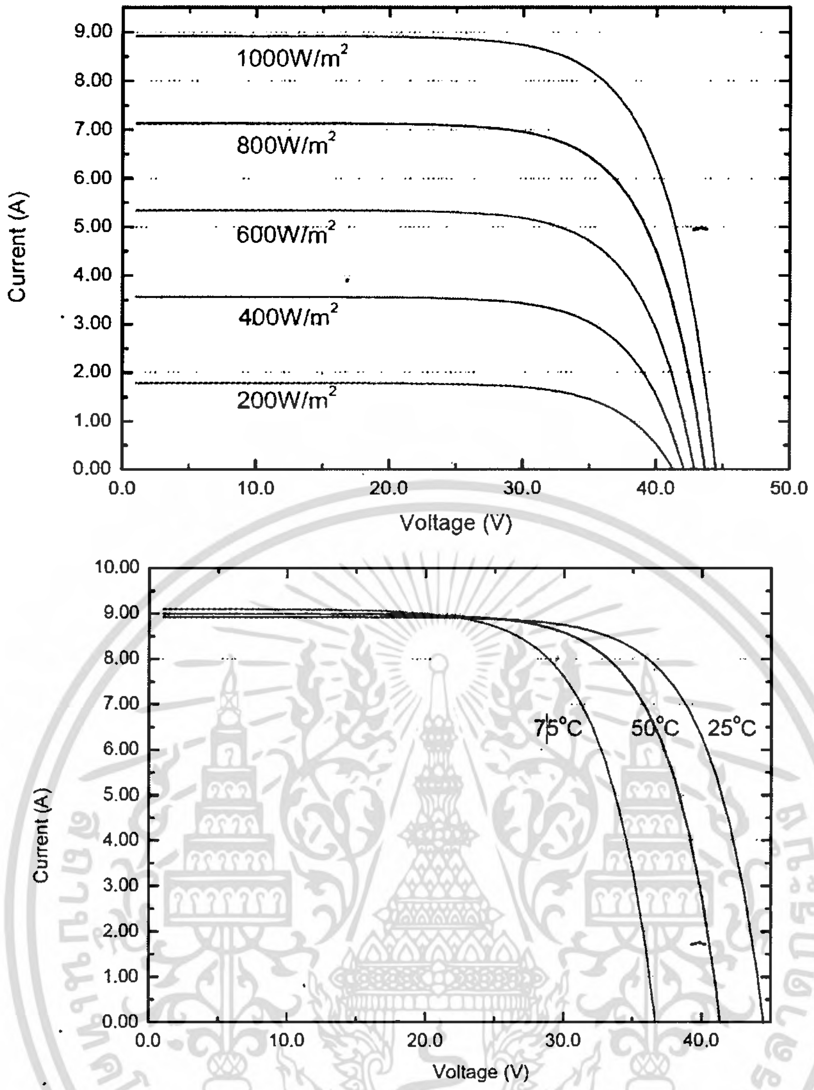
บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลการติดตั้ง แผง Solar cell เราได้ทำการติดตั้งแผง Solar ที่หนังคา อาคารเรียนรวม 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยที่แผงทั้งหมดสามารถผลิตไฟฟ้าได้ โดยใช้แผงของ Solar panels SERAPHIM 6 INCH 72 CELLS 310-325 W (SRP-310-6PA-DG)



รูปที่ 4.1 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 I-V Curve (SRP-310-6PA-DG)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบระบบและการใช้งาน

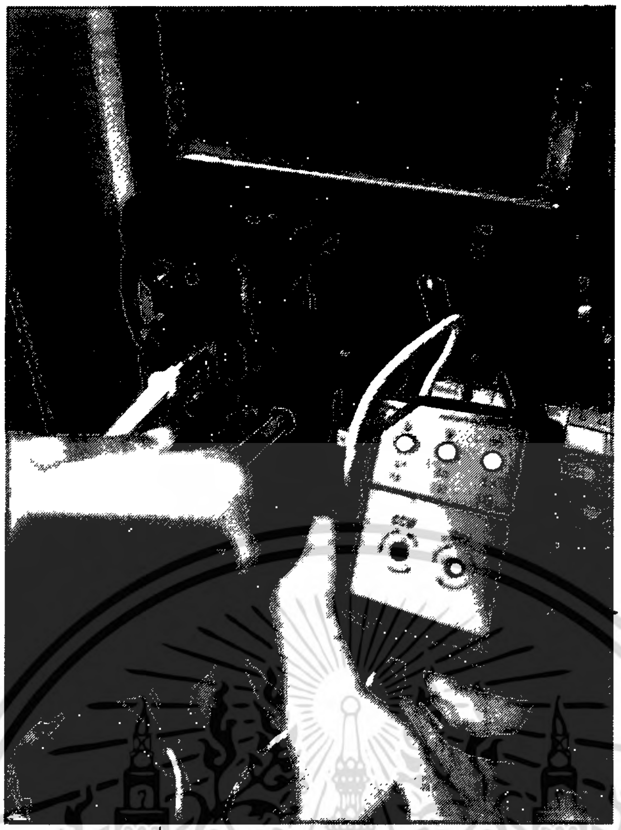
หลังจากที่ระบบทั้งหมดเสร็จสิ้นแล้วก็ทำการทดสอบใช้งานจริงกับรถพลังงานไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งสามารถใช้งานได้อย่างมีสิทธิภาพตามหลักการ Quick Charge

รูปที่ 4.3 การติดตั้งแท่นชาร์จ และ การทดสอบใช้งานจริง

4.3 การทดสอบภาระโหลดทางไฟฟ้า

หลังจากที่ได้ทำการติดตั้ง Solar Cell ณ หน้าอาคารเรียน 12 ชั้นคณะวิศวกรรมแล้ว แสดงในรูปที่ 1 ทางทีมวิจัยก็ได้ทำการทดสอบในส่วนของภาระทางไฟฟ้า ของ EV station เนื่องจากการทำงานของ Station ควรจะไม่ดึงโหลดจนไปทำให้กระแสไฟฟ้าที่ใช้ปกติในอาคารมีปัญหา ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่า EV station สามารถทำงานร่วมกลับโหลดหลักของตึกได้ โดยไม่ได้รบกวนการใช้งานปกติดังนั้นในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 วัดปริมาณโหลดทางไฟฟ้า

การทดสอบภาระโหดลดโดยรวมของอาคารรวมกับระบบ EV charger

อาคารมีหม้อแปลงไฟฟ้า จ่ายไฟเข้าอาคารทั้งหมด 2 เครื่อง มีขนาดพิกัดเท่ากัน ดังนี้

หม้อแปลง ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาดพิกัด 1,500 kVA.

HI Voltage	LOW Voltage
PRI VOLT : 24,000	PRI VOLT : 416/240
PRI AMP : 36.08	PRI AMP : 2,081.85
ขนาดพิกัดหม้อแปลง Low Voltage แรงดัน 416/240 V. กระแสสูงสุด 2,081.85 Amp.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตู้ MDB incoming มีขนาด 2,500 Amp. ภาระโดยรวมของคารนี้มีดังนี้

1.ปลั๊ก, แสงสว่าง เฉลี่ยในช่วงเวลาปกติ ในช่วง Maximum current กระแสรวมอยู่ที่ 207-400 Amp

2. ลิฟท์ กระแสรวมไม่เกิน 125 Amp

3.ปั๊มน้ำ กระแสรวมไม่เกิน 125 Amp

กระแสโดยรวมเท่ากับ 700 Amp.

ในส่วนของ EV charger มีภาระโหลดโดยรวมขณะมีการชาร์จรถ ดังนั้น

1. Quick Charge กระแสสูงสุด 80 Amp.
2. Lighting กระแสรวมไม่เกิน 16 Amp.

กระแสโดยรวมทั้งหมด 96 Amp.

เมื่อรวมโหลดโดยรวมของอาคารกับโหลดโดยรวมของ EV Charger แล้วมีค่าเท่ากับ

กระแสโดยรวมของอาคาร = 700 Amp.

กระแสโดยรวมของ EV Charger = 96 Amp.

กระแสรวมเท่ากับ 700+96 =796 Amp.

สรุป : ขนาดหม้อแปลงขนาด 1,500 kVA. และ MCBB Incoming ขนาด 2,500 Amp. เพียงพอกับภาวะโหลดของอาคารและส่วนของ EV charger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการนี้เราได้พัฒนาสถานีชาร์จพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าและระบบกริด (Electrical station from solar energy for Electrical Vehicle and Grid system) โดยเราทำการติดตั้งแผง Solar Cells ที่หลังคา อาคารเรียนรวม 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยแผงนี้จะทำการผลิตไฟฟ้าแล้วส่งไปยังแท่นชาร์จพลังงานไฟฟ้าเวลาใช้งาน และ ไฟฟ้าที่เหลือจาการใช้งานจะถูกส่งเข้าไปยังระบบกริดอีกด้วย โดยงานที่จะทำใน Phase ต่อไปคือการจัดทำระบบแบตเตอรี่ในการเก็บพลังงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน รวมถึง Software ในการจัดการระบบบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 สรุป ผลลิตที่ได้จากงานวิจัย

6.1 ระบบ Solar cell ที่สามารถทำงานได้ สองระบบ คือการนำไปใช้ในการชาร์พยานพาหะไฟฟ้า และระบบการผลิตไฟฟ้าเข้าสู่ระบบกริด

6.2 องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบยานพาหะไฟฟ้า ที่สามารถนำไปต่อใช้และใช้จริงได้ในอนาคต

6.3 ระบบการจัดการสถานีชาร์จสำหรับการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] H, Toliyat, "DSP-Based Electromechanical Motion Control", CRC Press, 2003.

[2] H. Moghbelli, R. Vartanian, "Implementation of the Movable Photovoltaic Array to Increase Output Power of the Solar Cells", Proceedings of the International Conference on Renewable Energy for Developing Countries, Apr. 2006, Washington DC, USA.

[3] L.D. Partain ‘Solar Cells and Their Applications ‘John Wiley & Sons‘New York.1995.

[4] M.R.Patel ‘Wind and Solar Power Systems‘CRC Press‘1995.

[5] C. Hua and C.Shen ‘ "Control of DC/DC Converter for Solar Energy System With Maximum Power Tracking" ‘ IECON 23rd International Conference on Industrial Electronics ‘ Control and Instrumentation ‘ Vol.2‘pp.827–832 ‘1997.

[6] M.A. Green ‘Solar Cells ‘Prentice-Hall‘Inc ‘Englewood Cliffs ‘1982.

[7] http://www.redrok.com/images/sunpath.gif

[8] http://store.solar-electric.com/

[9] H. Moghbelli, et al, "Investigation of Solar Energy Applications with Design and Implementation of Photovoltaic Traffic Light Signal System for Qatar (Student Project)", UREP 4-17-71 Technical report, QNRP, Oct. 2008.

[10] „Global wind energy council (GWEC) global wind 2007 Report- Second Edition", May 2008. http://www.gwec.net/fileadmin/documents/test2/gwec-08-update_FINAL.pdf

[11] http://www.climate.org/2002/topics/green/wind.shtml

[12] Robert B. Schainker,, Executive Overview: Energy Storage Options for a Sustainable Energy Future", IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2004, USA, Vol. 2, pp. 2309-2314.

[13] http://www.solar-greenpower.com/article/1/solar-cell

[14] http://www.solar-greenpower.com/article/1/solar-cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	-		
งบดำเนินงาน	-		
ค่าตอบแทน	480,000	480,000	-
ค่าใช้สอย	2,202,000	2,202,000	-
ค่าวัสดุ	529,200	529,200	-
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	2,466,800	2,466,800	-
รวม	5,678,000	5,678,000	-
หมายเหตุ รายละเอียดค่าใช้จ่ายตามเอกสารแนบ			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wibool Piyawattanametha, PhD

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)

Group Leader, Advanced Light Microscopy

1 Soi Chalong Krung1, Ladkrabang, Bangkok, 10520 Thailand, T: +66 (0)2-329-8000

Email: wibool@gmail.com and wibool.pi@kmitl.ac.th

Adjunct Professor, Institute for Quantitative Health Science & Engineering, Michigan State University

220 Trowbridge Rd, East Lansing, MI 48824, USA, T: +1 517-355-1855

Email: piyawatt@msu.edu

EDUCATION

University of California, Los Angeles, USA **(2000 – 2004)**
Doctor of Philosophy in Electrical Engineering

University of California, Los Angeles, USA **(1997 – 1999)**
Master of Science in Electrical Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand **(1990 – 1994)**
Bachelor of Electronics Engineering (Magna cum laude)

ACCOMPLISHMENTS/AWARDS

- Recognized on Times Higher Education Ranking Website as a notable KMITL Alumni (https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/king-mongkuts-institute-technology-ladkrabang)
- Awarded 3rd prize from the International Contest of Applications in Nano-micro Technology (ICAN) 2018, Hong Kong, China
- Awarded Gold Medal Award for Smart Road surface Monitoring System via Cloud Computing from the 46th International Exhibition of Inventions of Geneva 2018, Geneva, Switzerland
- Awarded Bronze Medal Award for smart emergency vehicle notification APP and traffic clearing system via cloud computing from the 46th International Exhibition of Inventions of Geneva 2018, Geneva, Switzerland
- Awarded Special prize for smart emergency vehicle notification APP and traffic clearing system via cloud computing from Korea Invention Promotion Association 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Awarded Recognition Award for Smart Road surface Monitoring System via Cloud Computing from National Research Council of Thailand 2018, Bangkok, Thailand
- Awarded Recognition Award for smart emergency vehicle notification APP and traffic clearing system via cloud computing from National Research Council of Thailand 2018, Bangkok, Thailand
- Awarded 2nd prize from the International Contest of Applications Nano-micro Technology (ICAN) 2017, Beijing, China
- Awarded Silver Prize in Leaders in Innovation Fellowships 2017, the Royal Academy of Engineering, London, United Kingdom
- Awarded 2nd prize from the International Contest of Applications Nano-micro Technology (ICAN) 2016, Paris, France
- Awarded Leaders in Innovation Fellowships 2017 from the Royal Academy of Engineering, London, United Kingdom
- Awarded the Newton Fund Researcher Links in 2015 from the British Council, United Kingdom
- Awarded 3rd prize from the International Contest of Applications Nano-micro Technology (ICAN) 2015, Anchorage, Alaska, USA
- Awarded Fraunhofer-Bessel Research Award in 2014 from the Alexander von Humboldt Foundation, Berlin, Germany
- Awarded Young Scientists Award 2013 from the World Economic Forum (WEF), Geneva, Switzerland– given to top 40 young scientists under the age of 40 who plays transformation role in integrating scientific knowledge and technological innovation to improve the state of the world
- Awarded an excellent paper award from the International Workshop on Image Electronics and Visual Computing (IIEJ) 2014, Bangkok, Thailand
- Awarded 2nd prize from True Innovation, Bangkok, Thailand 2012
- Awarded Erasmus Mundus Grant 2012 from the European Commission
- Awarded 2nd prize from the Global Entrepreneurship Competition (GEC) 2011, Barcelona, Spain
- Outstanding paper award from Transducers 2011, Beijing, China, 2011
- Awarded 1st prize from the Global Social Venture Competition (GSVC) 2011, Bangkok, Thailand
- Achieved over 2600 citations with h-index of 25
- Served as a Director of Advanced Imaging Research Center at the Faculty of Medicine, Chulalongkorn University (2010-14)
- Contributed to seven book chapters and filed 5 patents in micro- and nano-systems and biomedical imaging technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Presented at over 300 professional meetings including invited talks at various world class research institutes
- Served as a principal investigator (PI) in the following funding agencies since 2009 (US$ 3+ million):
  - National Research Council (NRC)
  - Chulalongkorn University
  - National Science and Technology Development Agency (NSTDA)
  - Office of the Higher Education Commission (OHEC)
  - Thailand Research Fund (TRF)
- Served as a founding member and an executive committee member of the Global Young Academy (GYA) and Thai Young Scientists Academy (TYSA) in 2010
- Elevated to be senior members of The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) in 2010, The Optical Society of America (OSA) in 2011, and The Society of Photo-Optical Instrumentation Engineering (SPIE) in 2012
- Served as a co-investigator in:
  - National Cancer Institute (NCI), USA-funded Network for Translational Research Award (US$ 17+ million) to develop an endoscopic confocal microscope, ultrasound transducers, and nanoparticle-based wide-field spectral imaging devices, for molecularly-targeted disease detection in the gastrointestinal tract from 2005 to 2013
  - Howard Hughes Medical Institute (HHMI), USA-funded for Deep Brain Imaging Award (US$ 5+ million) to develop ultraportable 2-photon microendoscopes for mouse brain imaging from 2006 to 2010
- Served as a technical and program reviewer for:
  - Department of Defense (DOD), USA
  - National Institutes of Health (NIH), USA
  - National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Thailand
  - Thailand Research Fund (TRF)
- Served as a technical program committee member and a technical program chair for:
  - SPIE Photonics West Optical MEMS and Miniaturized Systems Conference from 2007 until present (chair)
  - IEEE NANOMED Conference in 2012 until present (chair)
  - IEEE CYBER Conference in 2012 (chair)
  - International Conference on Beneficial Microbes (ICOBM) in 2016 (chair)
  - IEEE Optical MEMS and Nanophotonics (OMN) Conference from 2015 until present (committee)
  - IEEE Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (NEMS) from 2012 until present (committee)
  - International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE) from 2008 - 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Served as a co-editor and a technical reviewer for:
  - Journal of Micro/Nanolithography, MEMS and MOEMS (JM3) in 2014 (guest editor)
  - PLOS ONE from 2012 to present (reviewer)
  - International Journal of Cancer (IJC) from 2011 until present (reviewer)
  - Journal of Biomedical Science and Engineering (JBiSE) from 2008 until present (reviewer)
  - IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics (*JSTQE*) from 2006 until present (reviewer)
  - IEEE Journal of Microelectromechanical Systems (*JMEMS*) from 2005 until present (reviewer)
  - IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing from 2012 until present (reviewer)
  - Springer International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery 2012 until present (reviewer)
- Authored and co-authored over 80 manuscripts published in peer-reviewed conference proceedings and journals such as *IEEE*, *OSA*, *SPIE*, Elsevier, and *Nature Publishing Group*
- Taught classes or gave lectures at various institutes (UCLA, Stanford University, HKUST, TECHNION, Peking University, National Taiwan University, National Tsing Hua University, Tokyo University, etc.)

PROFESSIONAL EXPERIENCE

Michigan State University **(2018 – Present)**
Adjunct Professor, Institute for Quantitative Health Science & Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) **(2014 – Present)**
Group Leader of Light Microscopy, Vice Director of the KMITL Research and Innovation Division (2015-16)

Fraunhofer IPMS **(2014 – Present)**
Technology Consultant

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) **(2014 – 2016)**
Vice Director of Research and Innovation

National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC) **(2009 – 2014)**
Group Leader of Light Microscopy

Chulalongkorn University, Faculty of Medicine **(2009 – Present)**
Director of Advanced Imaging Research (AIR) Center

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Adjunct Professor, Department of Internal Medicine

Stanford University **(2007 – 2009)**

Physical Science Research Associate

Departments of Applied Physics, Biology, Electrical Engineering, and Pediatrics

- Demonstrated the first clinical use of a novel handheld Dual-Axes Confocal microscope (10-mm diameter) in live human patients in skin, with the ultimate goal to examine for monitoring sub-mucosa cancer progression and drug delivery through skin
- Demonstrated the first Dual-Axes Confocal endoscope (< 5 mm diameter) for GI tract imaging
- Demonstrated the first use of MEMS based portable two-photon fluorescence microendoscope (< 3.5 grams) for deep brain imaging in live awaking mice to correlate their behaviors to brain activities

Stanford University **(2005 – 2006)**

Post-doctoral research scholar

Departments of Applied Physics, Biology, Electrical Engineering, and Pediatrics

- Led a team of four to develop two novel miniaturized medical microendoscope and endoscope by combining MEMS, micro-optics, and beam scanning microscopy. Those microendoscopes/endoscopes are:
    - Two-photon microendoscope: to be used in small animal imaging
    - Dual-axes confocal endoscope: to be used in human patients
- Co-developed the first compact 2-D MEMS scanners with high speed and large angular rotation for endoscopic imaging applications
- Optimized micro-fabrication process of MEMS scanners to increase production yield, production efficiency, and increase scanner performance
- Lectured in MEMS/Optics classes at Stanford University

University of California, Los Angeles **(1997 – 2004)**

Graduate student researcher

- Demonstrated the first 2-D MEMS scanners based for an Ultrahigh Resolution Optical Coherence Tomography (UHR-OCT) imaging endoscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Designed, fabricated, and demonstrated the first 2-D MEMS scanners with electrostatic angular vertical comb (AVC) actuators based on surface and bulk micromachined techniques for endoscopic imaging application
- Demonstrated the first MEMS based Non-Interferometric Differential Confocal Scanning Optical Microscope
- Co-developed the first linearization control method for electrostatically actuated surface micromachined 2-D scanner
- Lectured in a MEMS fabrication/design class to undergraduate and graduate students at UCLA

Schlumberger Limited **(1994 – 1997)**

Field Engineer (FE)

- Provided oil and gas reservoir evaluation engineering services by using electrical wireline logging technology to localize the hydrocarbon layers of the subsurface reservoir
- Managed and led a team of 4 members to provide these services
- Responsible for engineering services valued at $300,000 - $500,000 per month
- Collected and analyzed technical data and coordinated engineering project activities with major clients e.g. Exxon-Mobil, Unocal, and TOTAL

Research

1. Publication refereed

a. Journal

[1] I. L. Jung, D. Lopez, Z. Qiu, and W. Piyawattanametha, "2-D MEMS Scanner for Handheld Mutispectral Dual-Axis Confocal Microscopes," IEEE Journal of Micro Electromechanical Systems (JMEMS), May 24, 2018, vol. PP, no. 99, pp. 1-8.

[2] Z. Qiu and W. Piyawattanametha, "New Endoscopic Imaging Technology Based on MEMS Sensors and Actuators," Micromachines 2017, 8(7), 210; doi:10.3390/mi8070210.

[3] Z. Qiu and W. Piyawattanametha, "MEMS-Based Medical Endomicroscopes," Journal of Selected Topics in Quantum Electronics.(JSTQE), Vol.21, No.4, August 16, 2015, DOI 10.1109/JSTQE.2015.2389530.

[4] N. Khemthongcharoen, A. Ruangpracha, P. Sarapukdee, S. Rattanavarin, R. Jolivot, U. Jarujareet, K. Plaimas, P. Bhattarakosol, S. Patumraj, and W. Piyawattanametha, "Novel p16 binding peptide development for p16-overexpressing cancer cell detection using phage display," Journal of Peptide Science, Vol. 21, Issue 4, April 2015, pp. 265-273.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[5] Z. Qiu and W. Piyawattanametha, "MEMS based fiber optical microendoscopes," Displays, Vol. 37, April 2015, pp 41-53.

[6] C. B. Wong, B. Y. Khoo, S. Sasidharan, W. Piyawattanametha, S. Kim, N. Khemthongcharoen, M. Y. Ang, L. O. Chuah, and M. T. Liong, "Inhibition of Staphylococcus aureus by crude and fractionated extract from lactic acid bacteria," Beneficial Microbes, March 2015, 1;6(1):129-39.

[7] C. Zhao, Y. K. Lee, R Xu, C. Liang C, D. Y. Liu, W. Ma, W. Piyawattanametha, Y. Zohar, "Isolation of circulating tumor cells under hydrodynamic loading using microfluidic technology," Advances in Mechanics, 2014, 44: 201412.

[8] N. Khemthongcharoen, S. Rattanavarin, R. Jolivot, and W. Piyawattanametha, "Advances in imaging probes and optical microendoscopic imaging techniques for early in vivo cancer assessment (invited paper)," Journal of Advanced Drug Delivery Reviews, July 30, 2014, Vol. 74, pp. 53-74.

[9] K. Kongsmak, P. Pungpit, M. R. Kano, S. Komai, W. Piyawattanametha, and O. Phanraksa, "Perceptions of Research Excellence in Thailand and Japan," Science Technology and Innovation Policy Review, ISSN: 2093-3053, October 2013, Vol. 4, No. 2.

[10] W. Piyawattanametha, H. Ra, Z. Qiu, S. Friedland, J. T. C. Liu, K. Loewke, G. S. Kino, O. Solgaard, T. D. Wang, M. J. Mandella, and C. H. Contag, "*In Vivo* Near-infrared Dual-Axis Confocal Microendoscopy in the Human Lower Gastrointestinal Tract," Journal of Biomedical Optics 17(2), February 2012, 021102:1-4.

[11] C. L. Hoy, O. Ferhanoglu, M. Yildirim, W. Piyawattanametha, H. Ra, O. Solgaard, and A. Ben-Yakar, "Optical design and imaging performance testing of a 9.6-mm diameter femtosecond laser microsurgery probe," *Optics Express* **19**, 10536 - 10552 (2011).

[12] K. Loewke, D. Camarillo, W. Piyawattanametha, M. J. Mandella, C. H. Contag, S. Thurn, and K. Salisbury, "*In Vivo* Micro-Image Mosaicing," The IEEE Transactions on Biomedical Engineering, January 2011, Vol. 58, No. 1, pp. 159-171.

[13] W. Piyawattanametha, H. Ra, E. Gonzalez, M. J. Mandella, G. S. Kino, O. Solgaard, D. Leake, R. L. Kaspar, A. Oro, and C. H. Contag, "*In vivo* imaging of human and mouse skin with a dual-axis confocal fluorescence microscope," Journal of Investigative Dermatology, January 2011, 131, 1061-1066.

[14] J. T. C. Liu, M. J. Mandella, N. O. Loewke, H. Haeberle, H. Ra, W. Piyawattanametha, O. Solgaard, G. S. Kino, and C. H. Contag, "Micromirror-scanned dual-axis confocal microscope utilizing a gradient-index relay lens for image guidance during brain surgery," Journal of Biomedical Optics, Aril 2010, vol. 15, pp. 026029.

[15] W. Piyawattanametha and T. D. Wang, "MEMS-Based Dual Axes Confocal Microendoscopy (Invited Paper)," The IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics (JSTQE), July-August 2010, Vol. 16, Issue 4, pp. 804-814.

[16] W. Piyawattanametha, H. Ra, M. J. Mandella, K. Loewke, T. D. Wang, G. S. Kino, O. Solgaard, and C. H. Contag, "3-D Near Infrared Fluorescence Imaging using a MEMS-based Miniature Dual-Axes Confocal Microscope,"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics (JSTQE), Sept-Oct 2009, Vol. 15, Issue 5, pp. 1344-1350.

[17] W. Piyawattanametha, E. D. Cocker, L. D. Burns, R. P. J. Barretto, J. C. Jung, H. Ra, O. Solgaard, and M. J. Schnitzer, "*In vivo* brain imaging using a portable 2.9 gram two-photon microscope based on a microelectromechanical systems scanning mirror," Optics Letters, August 1, 2009, Vol. 34, No. 15, pp. 2309-2311.

[18] E. Gonzalez, H. Ra, R. P. Hickerson, Q. Wang, W. Piyawattanametha, M. J. Mandella, G. S. Kino, D. Leake, A. A. Avilion, O. Solgaard, T. C. Doyle, C. H. Contag, and R. L. Kaspar, "siRNA silencing of keratinocyte-specific GFP expression in a transgenic mouse skin model," Gene Therapy (2009), Vol. 16, May 28, 2009, pp. 963-972.

[19] E. Gonzalez, H. Ra, R. P. Hickerson, Q. Wang, W. Piyawattanametha, M. J. Mandella, G. S. Kino, D. Leake, A. A. Avilion, O. Solgaard, T. C. Doyle, C. H. Contag, and R. L. Kaspar, "Characterization of a transgenic GFP mouse skin model for development of siRNA delivery technologies," Journal of Investigative Dermatology, April 2009, 129, S90.

[20] C. L. Hoy, N. J. Durr, P. Chen, W. Piyawattanametha, H. Ra, O. Solgaard, and A. Ben-Yakar, "Miniaturized probe for femtosecond laser microsurgery and two-photon imaging," Optics Express, Vol. 16 (2008), Issue 13, pp. 9996-10005.

[21] H. Ra, W. Piyawattanametha, M. J. Mandella, P. L. Hsiung, J. Hardy, T. D. Wang, C. H. Contag, G. S. Kino, and O. Solgaard, "Three-dimensional *in vivo* imaging by a handheld dual-axes confocal microscope," Optics Express, Vol. 16 (2008), Issue 10, pp. 7224-7232.

[22] H. Ra, W. Piyawattanametha, Y. Taguchi, D. Lee, M. J. Mandella, G. S. Kino, C. H. Contag, and O. Solgaard, "Two-dimensional MEMS scanner for dual-axes confocal microscopy," IEEE Journal of Micro Electromechanical Systems (JMEMS), Vol. 16, August 2007, pp. 969-976.

[23] A. D. Aguirre, P. R. Herz, Y. Chen, J. G. Fujimoto, W. Piyawattanametha, L. Fan, and M. C. Wu, "Two-axis MEMS Scanning Catheter for Ultrahigh Resolution Three-dimensional and *En Face* Imaging," Optics Express, Vol. 15 (2007), Issue 5, pp. 2445-2453.

[24] J. T. C. Liu, M. J. Mandella, H. Ra, L. K. Wong, P. Hsiung, T. D. Wang, G. S. Kino, W. Piyawattanametha, C. H. Contag, and O. Solgaard, "A miniature near-infrared dual-axes confocal microscope utilizing a two-dimensional MEMS scanner," Optics Letters: Vol. 32 (2006), Issue 3, pp. 256-258.

[25] W. Piyawattanametha, R. P. J. Barretto, T. H. Ko, B. A. Flusberg, E. D. Cocker, H. Ra, D. Lee, O. Solgaard, and M. J. Schnitzer, "Fast-scanning two-photon fluorescence imaging based on a microelectromechanical systems two-dimensional scanning mirror," Optics Letters, Vol. 31, No. 12, July 1, 2006, pp. 2018-2020.

[26] B. A. Flusberg, E. D. Cocker, W. Piyawattanametha, J. C Jung, E. L. M. Cheung, and M. J. Schnitzer, "Fiber-optic Fluorescence Imaging (Invited Paper)," Nature Methods: 2, 941 - 950 (2005).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[27] W. Piyawattanametha, P. Patterson, D. Hah, H. Toshiyoshi, and M. C. Wu, “Surface- and Bulk- Micromachined Two Dimensional Scanner Driven by Angular Vertical Comb Actuators,” IEEE Journal of Micro Electromechanical Systems (JMEMS), Vol. 14, Issue 6, December 2005, pp.1329 – 1338.

[28] M. Fujino, Pamela R. Patterson, H. Nguyen, W. Piyawattanametha, and M. C. Wu, “Monolithically Cascaded Micromirror Pair Driven by Angular Vertical Combs for Two-Axis Scanning,” IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 10, No. 3, May/June 2004, pp. 492-497.

[29] H. Nguyen, D. Hah, P. R. Patterson, R. Chao, W. Piyawattanametha, and M. C. Wu, “Angular Vertical Comb Driven Tunable Capacitor with High Tuning Capabilities,” IEEE Journal of Micro Electromechanical Systems (JMEMS), June 2004, Vol. 3, No. 3, pp. 406-413.

[30] H. Toshiyoshi, W. Piyawattanametha, C. -T. Chan, and M. C. Wu, “Linearization of Electrostatically Actuated Surface Micromachined 2-D Optical Scanner,” IEEE Journal of Microelectromechanical Systems (JMEMS), June 2001, Vol. 10, No. 2, pp. 205-214.

b. Conference

[1] W. Piyawattanametha, “Virtual biopsies with handheld dual-axis confocal microendoscope,” World Congress on Medical Physics & Biomedical Engineering, Prague, Czech Republic, June 3-8, 2018.

[2] W. Piyawattanametha, “Fiber-optical microendoscopy based on MEMS scanning technology (invited),” Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro-nano Technology 2018, Hongkong, China, June 24-27, 2018.

[3] W. Piyawattanametha, “Multi-spectral MEMS based dual-axis microendoscope (invited),” IEEE Nanoelectromechanical Systems (NEMS), Singapore, April 22-26, 2018.

[4] W. Piyawattanametha, “Multi-spectral MEMS scanner based dual-axis microendoscope (invited),” Focus on Microscopy, Singapore, March 25-28, 2018.

[5] W. Piyawattanametha, “The Global State of Young Scientists in ASEAN: What is the next step? (invited),” The International Workshop on Asian Young Academies, The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, Israel, February 11-13, 2018.

[6] Z. Qiu, N. Loewke, W. Piyawattanametha, I. W. Jung, T. Teraphongphom, R. Ertsey, F. Schonig, S. Rogalla, S. Friedland, M. J. Mandella, D. Lopez, E. Rosenthal, and C. Contag, “MEMS based multi-spectral dual-axis confocal microendoscope for clinical applications (invited),” Photonics West 2018, San Francisco, CA, USA, January 30 - February 1, 2018.

[7] T. Marumo, G. Murashova, D. Agnew, F. Schonig, M. J. Mandella, W. Piyawattanametha, Z. Qiu, M. Dantus, and C. H. Contag, “Design of MEMS based handheld multi-photon and second harmonic generation imaging system for early detection and imaging guided surgery of oral cancer (invited),” Photonics West 2018, San Francisco, CA, USA, January 30 - February 1, 2018.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[8] S. Suwan and W. Piayawattanametha, "A handheld Escherichia coli Detection System," International Workshop on Advanced Image Technology, Chiangmai, Thailand, January 7-10, 2018.

[9] M. Dumripatanachod and W. Piyawattanametha, "Automated Paptest Diagnosis with Artificial Neural Network," The 2017 International Conference on Embedded Systems and Intelligent Technology a Theme on "Smart Embedded Systems for Industry 4.0," Bangkok, Thailand, August 2-4, 2017.

[10] K. Phasuk, C. Pipitsombat, S. Pattanasak, and W. Piyawattanametha, "A fast Escherichia Coli Detector for Water Inspection," The 16th International Conference on Environment Engineering, Science, and Management, Bangkok, Thailand, May 17-18, 2017.

[11] K. Phasuk, S. Suwan, and W. Piyawattanametha, "Development of E. coli detection," The 5th Higher Education Research Promotion Congress, Udonthani, Thailand, March 2-4, 2017.

[12] C. Pipitsombat, K. Phasuk, S. Suwan, and W. Piyawattanametha, "Evaluation of rapid detection system for Escherichia coli in water samples," The 8th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON 2016), Luang Prabang, Lao People's Democratic Republic, December 6-8, 2016.

[13] M. Dumripatanachod and W. Piyawattanametha, "Wide-field high-resolution fiber bundle based Endomicroscope for Cervical epithelium cells imaging," The 8th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON 2016), Luangprbang, Lao People's Democratic Republic, December 6-8, 2016.

[14] M. Dumripatanachod and W. Piyawattanametha, "Centralized Pap Test Diagnosis with Artificial Neural Network and Internet of Things," The 10th IEEE International Conference on Nano/Molecular Medicine and Engineering (NanoMed), Macau, China, October 30 – November 2, 2016.

[15] S. Pattanasak and W. Piyawattanametha, "Virtual biopsies with a MEMS scanner based confocal microscope," IEEE Nanoelectromechanical Systems (NEMS) 2016, Matsushima, Sendai, Japan, April 17-20, 2016.

[16] W. Piyawattanametha, "A handheld confocal microscope for 3D biopsies," Photonics West 2016, San Francisco, CA, USA, February 13-18, 2016.

[17] M. Dumripatanachod and W. Piyawattanametha, "A Fast Depixelation Method of Fiber Bundle Image for an Embedded System," The 7th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON 2015), Pattaya, Thailand, November 25-27, 2015.

[18] C. Pipitsombat and W. Piyawattanametha, "A Portable Escherichia Coli Detection Platform for Water Inspection," The 7th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON 2015), Pattaya, Thailand, November 25-27, 2015.

[19] S. Pattanasak and W. Piyawattanametha, "Three-dimensional microscopy of biopsies with a handheld confocal microscope," Microscopy Conference 2015, Gottingen, Germany, September 6-11, 2015.

[20] W. Piyawattanametha, "Three-dimensional microscopy of biopsies with a handheld confocal microscope," IEEE Optical MEMS and Nanophotonics 2015, Jerusalem, Israel, August 2-6, 2015.

[21] S. Pattanasak and W. Piyawattanametha, "Light microendoscopy with MEMS technology (invited)," IEEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nanoelectromechanical Systems (NEMS) 2015, Xian, China, April 7-11, 2015.

[22] C. Pipitsombat and W. Piyawattanametha, "Fiber-optical endoscopy with MEMS scanner technology," Photonics West 2015, San Francisco, CA, USA, January 31 – February 5, 2015.

[23] W. Piyawattanametha, "Portable holographic imager for biological samples," The 7th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON 2014), Fukuoka, Japan, November 26-28, 2014.

[24] W. Piyawattanametha, "High-resolution Imaging with MEMS based handheld confocal microscope," the International Workshop on Image Electronics and Visual Computing (IIEEJ), Samui, Thailand, October 7-10, 2014.

[25] W. Piyawattanametha, "Confocal microendoscopy (invited)," International Coastal Biology Congress 2014, Yantai, China, September 26-30, 2014.

[26] W. Piyawattanametha, "MEMS based fiber-optical microendoscopy," IEEE Optical MEMS and Nanophotonics 2014, Glasgow, Scotland, August 17-21, 2014.

[27] W. Piyawattanametha, "Image Mosaicing Technique and Real-Time Imaging with MEMS based Handheld Confocal Microscope (invited)," The 18th International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC 2014), Khon Kaen, Thailand, July 30 – August 1, 2014.

[28] W. Piyawattanametha, "Light microendoscopy for early cancer detection (invited)," The 1st International Conference on Beneficial Microbes (ICOBM 2014), Penang, Malaysia, May 27-29, 2014.

[29] W. Piyawattanametha, "Light microendoscopy (invited)," The 2nd Optical Science of Dynamically Correlated Electrons (DYCE 2013), Kashiwa, Japan, December 17-18, 2013.

[30] W. Piyawattanametha, "A review: Endoscopic imaging probe based on MEMS technology for nanomedicine (invited)," The 7th IEEE International Conference on Nano/Molecular Medicine and Engineering (NanoMed) 2013, Phuket, Thailand, November 10-13, 2013.

[31] W. Piyawattanametha, "Advance in Light Microendoscopy (invited)," The 6th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON 2013), Krabi, Thailand, October 23-25, 2013.

[32] W. Piyawattanametha, "A review of MEMS scanner based endoscopic optical imaging probe (invited)," IEEE Optical MEMS and Nanophotonics 2013, Kanazawa, Japan, August 18-22, 2013.

[33] S. Rattanavarin, P. Sarapukdee, N. Khemthongcharoen, U. Jarujareet, R. Jolivot, I. L. Jung, D. Lopez, M. J. Mandella and W. Piyawattanametha, "MEMS multispectral confocal probe," the 16th International conference on Solid-State Sensors, Actuators, and Microsystems (Transducers 2013), Barcelona, Spain, June 16-20, 2013.

[34] P. Sarapukdee, S. Rattanavarin, N. Khemthongcharoen, U. Jarujareet, R. Jolivot, I. L. Jung, D. Lopez, and W. Piyawattanametha, "Handheld multispectral dual-axis confocal microscope for cervical cancer screening," Photonics West 2013, San Francisco, CA, USA, February 2-7, 2013.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[35] N. Khemthongcharoen, A. Ruangphacha, U. jarujareet, S. Niruthisard, W. Piyawattanametha, "Phage-displayed p16INK4a binding peptide scanning from phage display library as a HPV-related cancer cells tracer," Molecular Medicine Conference 2012 (MMC), Bangkok, Thailand, December 19-22, 2012.

[36] P. Sankatumvong, P. Sarapukdee, S. Rattanavarin, U. Jarujareet, N. Khemthongcharoen, A. Ruangpracha, I. L. Jung, and W. Piyawattanametha, "Characteristics of MEMS scanners with different driving bias," IEEE International Conference on Electron Devices and Solid State Circuit (EDSSC), Bangkok, Thailand, December 3-5, 2012.

[37] N. Khemthongcharoen, A. Ruangphacha, W. Piyawattanametha, "Phage Display Specific p16INK4a Binding Peptide for Ex Vivo Cancer Cells Imaging," The 6th IEEE International Conference on Nano/Molecular Medicine and Engineering (NanoMed 2012), Bangkok, Thailand, November 4-7, 2012.

[38] A. Ruangphacha, N. Khemthongcharoen, W. Piyawattanametha, "Homology modeling characterization of CDK4-roscovitine complexes," 11th International Conference on Bioinformatics (InCoB), Bangkok, Thailand, October 3-5, 2012.

[39] S. Rattanavarin, P. Sarapukdee, U. Jarujareet, N, Khemthongcharoen, A. Ruangpracha, R. Jolivot, I. W. Jung, D. López, M. J. Mandella, and W. Piyawattanametha, "Handheld Multispectral Confocal Microscope for Cervical Cancer Diagnosis," IEEE International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics, Banff, Alberta, Canada, pp. 42-42, August 6-9, 2012.

[40] I. W. Jung, S. Rattanavarin, S. Sarapukdee, M. J. Mandella, W. Piyawattanametha, "2-D MEMS scanner for handheld multispectral confocal microscopes," IEEE International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics, Banff, Alberta, Canada, pp. 238-239, August 6-9, 2012.

[41] S. Rattanavarin, P. Sarapukdee, U. Jarujareet, N. Khemthongcharoen, A. Ruangpracha, M. J. Mandella, and W. Piyawattanametha, "Handheld Cervical Confocal Microscope Based on a MEMS Scanner," The 6th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro/Nano Technologies (APCOT 2012), Nanjing, China, July 8-11, 2012.

[42] U. Jarujareet, N. Khemthongchareon, W. Piyawattanametha, "Micro Objects Detection by a Portable Lensless Imaging Platform", The 6th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro/Nano Technologies (APCOT), Nanjing, China, July 8-11, 2012.

[43] P. Sarapukdee, S. Rattanavarin, U. Jarujareet, N. Khemthongcharoen , A. Ruangpracha, M. J. Mandella, and W. Piyawattanametha, "MEMS-Based Handheld Dual-Axis Confocal Microscope for Cervix Cancer Screening," International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2012), Hua Hin, Thailand, May 16-18, 2012.

[44] W. Piyawattanametha, "Light microendoscopy," Nano-Thailand 2012, Khon Kaen, Thailand, April 9-12, 2012.

[45] U. Jarujareet and W. Piyawattanametha, "2D Correlation Map Based Object Detection in Digital In-line Holography," Nano-Thailand 2012, Khon Kaen, Thailand, April 9-12, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[46] P. Wongsawatsuriyha, N. Khemthongcharoen, and W. Piyawattanametha, "Video Mosaicing for Real-time Field of View Enhancement," IEEE Robotics and Biomimetics (ROBIO), Phuket Island, Thailand, December 7-11, 2011.

[47] W. Piyawattanametha, O. Solgaard, and M. J. Schnitzer, "Cortical blood flow imaging with a portable MEMS based 2-photon fluorescence microendoscope," the 15th International conference on Solid-State Sensors, Actuators, and Microsystems (Transducers 2011), Beijing, China, June 10-14, 2011.

[48] T. Chantakien, P. Raphisak, I. Kumazawa, and W. Piyawattanametha, "MEMS-based handheld single-axis confocal microscope design and experiment," *Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2011 8th International Conference on*, vol., no., pp.38-41, May 17-19, 2011

[49] W. Piyawattanametha and M. J. Schnitzer, "Cortical blood flow imaging with a portable MEMS based 2-photon fluorescence microendoscope," IEEE Nanoelectromechanical Systems (NEMS) 2011, Kaohsiung, Taiwan, February 20-23, 2011.

[50] T. Chantakien, P. Raphisak, I. Kumazawa, and W. Piyawattanametha, "Design and simulate of MEMS based confocal microscope probes," Information and Communication Technology for Embedded Systems (ICTES)," 2011 2nd International Conference, January 27-29, 2011.

[51] W. Piyawattanametha, M. J. Mandella, H. Ra, J. T. C. Liu, S. Friedland, Z. Qiu, G. S. Kino, T. D. Wang, O. Solgaard, and C. H. Contag, "*In Vivo* Skin Microscopy," SPIE Photonics West 2011, Endoscopic Microscopy V, San Francisco, CA, January 25-29, 2011.

[52] W. Piyawattanametha, "Smart microsystems for disease diagnostics," IEEE Optical MEMS and Nanophotonics 2010, Sapporo, Japan, August 9-13, 2010.

[53] W. Piyawattanametha, M. J. Mandella, H. Ra, J. T. C. Liu, S. Friedland, Z. Qiu, G. S. Kino, T. D. Wang, O. Solgaard, and C. H. Contag, "Dual-Axes Confocal Microendoscopy of Gastrointestinal Tract," SPIE Photonics West 2010, Endoscopic Microscopy V, San Francisco, CA, January 23-28, 2010.

[54] W. Piyawattanametha, H. Ra, M. J. Mandella, C. H. Contag and O. Solgaard, "From Bench to Bedside with Advanced Dual-Axes Confocal Microendoscope," IEEE Microelectromechanical Systems (MEMS), Hong Kong, China, January 24-28, 2010.

[55] W. Piyawattanametha and M. J. Mandella, "*In vivo* Imaging with MEMS based Confocal Microscope," IEEE Nanoelectromechanical Systems (NEMS), Xiamen, China, January 20-23, 2010, pp. 146.

[56] W. Piyawattanametha, "Advanced Microendoscopy with Miniaturized Confocal Imaging Systems," IEEE Photonics Society Winter Topicals, Majorca, Spain, January 11-13, 2010.

[57] W. Piyawattanametha, H. Ra, and M. J. Mandella, "*In vivo* Real Time Imaging by a Micromachined based Dual-axes Confocal Microscope," the 3rd IEEE International NanoElectronics Conference (INEC) 2010, Hong Kong, China, January 3-8, 2010, pp. 32.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[58] W. Piyawattanametha, "3-D in vivo imaging with a miniature dual-axes confocal fluorescence microscope," The 4th IEEE International Symposium on Biomedical Engineering, Plaza Athenee, Bangkok, December 14-18, 2009.

[59] "In vivo real time imaging by a micromachined based confocal microscope," the 13th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (MTAS), Jeju, Korea, November 1-5, 2009.

[60] W. Piyawattanametha, E. D. Cocker, L. D. Burns, R. P. J. Barretto, J. C. Jung, H. Ra, O. Solgaard, and M. J. Schnitzer, "A Portable MEMS Based Two-photon Fluorescence Microendoscope for Three-dimensional *in vivo* Imaging," IEEE Optical MEMS and Nanophotonics 2009, Clearwater Beach, Florida, August 17-20, 2009.

[61] W. Piyawattanametha, H. Ra, M. J. Mandella, E. Gonzalez, R. L. Kaspar, G. S. Kino, C. H. Contag, and O. Solgaard, "Dual-Axes Confocal Microscopy for Human Skin Clinical Imaging," IEEE Optical MEMS and Nanophotonics 2009, Clearwater Beach, Florida, August 17-20, 2009.

[62] W. Piyawattanametha, M. J. Mandella, R. Kaspar, and C. H. Contag, "*In vivo* microscopy in mouse models of monogenic skin disease," H. Ra, E. Gonzalez, World Molecular Imaging Congress, Montreal, Canada, September 23-26, 2009.

[63] "Real-time in Vivo Cancer Diagnosis with a Microelectromechanical Systems (MEMS) Based Handheld Dual-Axes Confocal Microscope (*Invited Talk*)," the 4th Medical Biotech Forum 2009, Dalian, China, August 7-11, 2009, pp. 248.

[64] H. Ra, E. Gonzalez, W. Piyawattanametha, M. J. Mandella, R. Kaspar, C. H. Contag, G. S. Kino, and O. Solgaard, "Sequential *in vivo* Molecular Imaging with a Dual-Axes Confocal Microscope," Technical Digest Series of Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO), Baltimore, MD, June 1-6, 2009.

[65] W. Piyawattanametha, H. Ra, M. J. Mandella, J. T. C. Liu, E. Gonzalez, R. Kaspar, G. S. Kino, O. Solgaard, and C. H. Contag, "*In vivo* clinical and intravital imaging with MEMS based Dual-Axes Confocal Microscopes," Optical Society of America, The OSA topical meeting in Novel Techniques in Microscopy, Vancouver, BC, Canada, April 27-29, 2009.

[66] H. Ra, W. Piyawattanametha, E. Gonzalez, R. Kaspar, M. J. Mandella, C. H. Contag, G. S. Kino, and O. Solgaard, "*In vivo* Intravital Imaging with a Dual-Axes Confocal Microscope in Skin," IEEE Lasers and Electro-Optics Society (LEOS) Annual Meeting, Newport Beach, California, November 9-13, 2008, pp. 35-36.

[67] W. Piyawattanametha, M. J. Mandella, H. Ra, J. T. C. Liu, E. Garai, G. S. Kino, O. Solgaard, and C. H. Contag, "MEMS based dual-axes confocal clinical endoscope for real time *in vivo* imaging," IEEE International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics, Freiburg, Germany, August 11-14, 2008, pp. 42-43.

[68] C. L. Hoy, N. J. Durr, P. Chen, D. K. Smith, T. L. Larson, W. Piyawattanametha, H. Ra, B. Korgel, K. Sokolov, O. Solgaard, and A. Ben-Yakar, "Two-photon luminescence imaging using a MEMS-based Miniaturized Probe," Technical Digest Series of Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO), San Jose, CA, May 4-9, 2008, CThG5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[69] W. Piyawattanametha, H. Ra, M. J. Mandella, C. B. Du, C. H. Contag, G. S. Kino, O. Solgaard, and T. D. Wang, "Three-dimensional in-vivo imaging with a miniature dual-axes confocal fluorescence microscope," SPIE Photonics West 2008, Endoscopic Microscopy III (6851-13), San Jose, CA, January 19-24, 2008.

[70] K. E. Loewke, D. Camarillo, W. Piyawattanametha, and K. Salisbury, Jr., "Real-time image mosaicing with a dual-axes confocal microscope," SPIE Photonics West 2008, Endoscopic Microscopy III, Vol. 6851, pp. 68510-19, San Jose, CA, January 19-24, 2008.

[71] C. L. Hoy, N. J. Durr, P. Chen, W. Piyawattanametha, H. Ra, O. Solgaard, and A. Ben-Yakar, "A Miniature microscope for two-photon imaging and femtosecond laser surgery," Frontiers in Optics (FiO), September 16, 2007, San Jose, CA.

[72] W. Piyawattanametha, E. D. Cocker, R. P. J. Barretto, B. A. Flusberg, J. C. Jung, H. Ra, O. Solgaard, and M. J. Schnitzer, "A Portable Two-photon Fluorescence Microendoscope based on a Two-dimensional Scanning Mirror," IEEE/LEOS International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics, Hualien, Taiwan, August 12-16, 2007, pp. 6-7.

[73] W. Piyawattanametha, H. Ra, M. J. Mandella, J. T. C. Liu, L. K. Wong, C. B. Du, T. D. Wang, C. H. Contag, G. S. Kino, and O. Solgaard, "Three-dimensional *in vivo* Real Time Imaging by a Miniature Dual-axes Confocal Microscope based on a Two-dimensional MEMS Scanner," the 14th International conference on Solid-State Sensors, Actuators, and Microsystems (Transducers 2007 & Eurosensors XXI), Lyon, France, June 10-14, 2007, pp. 439-442.

[74] H. Ra, W. Piyawattanametha, M. J. Mandella, J. T. C. Liu, L. K. Wong, T. D. Wang, C. H. Contag, G. S. Kino, and O. Solgaard, "Three-Dimensional *in vivo* Reflectance and Fluorescence Imaging by a Handheld Dual-Axes Confocal Microscope," the Technical Digest Series of Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO), Baltimore, MD, May 7-11, 2007, CTuEE1.

[75] W. Piyawattanametha, H. Ra, M. J. Mandella, J. T. C. Liu, L. K. Wong, C. B. Du, T. D. Wang, C. H. Contag, G. S. Kino, and O. Solgaard, "MEMS Based Dual-Axes Confocal Handheld Microscope for *in vivo* Imaging," SPIE Photonics West 2007, Endoscopic Microscopy III (6432), San Jose, CA.

[76] M. J. Mandella, J. T. C. Liu, W. Piyawattanametha, H. Ra, P. L. Hsiung, L. K. Wong, T. D. Wang, C. H. Contag, and G. S. Kino, "Compact optical design for dual-axes confocal endoscopic microscopes," SPIE Photonics West 2007, Endoscopic Microscopy III (6443), San Jose, CA.

[77] W. Piyawattanametha, B.A. Flusberg, R.P.J. Baretto, J.C. Jung, T.H. Ko, E.D. Cocker, H. Ra, D. Lee, O. Solgaard, and M.J. Schnitzer, "Toward portable two-photon fluorescence micro-endoscopy using a two-dimensional microelectromechanical (MEMS) scanning mirror," 2007 SPIE Photonic West Conference, Multiphoton Microscopy in the Biological Sciences VII, San Jose, CA, January 22, 2007.

[78] H. Ra, W. Piyawattanametha, Y. Taguchi, and O. Solgaard, "Reflectance and fluorescence imaging with a MEMS dual-axes confocal microscope *(Invited Paper)*," Photonics West 2007, Endoscopic Microscopy III (6466), San Jose, CA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[79] W. Piyawattanametha, J. T. C. Liu, M. J. Mandella, H. Ra, L. K. Wong, P. Hsiung, T. D. Wang, G. S. Kino, and O. Solgaard, "MEMS Based Dual-axes Confocal Reflectance Handheld Microscope for *in vivo* Imaging," IEEE/LEOS International Conference on Optical MEMS, Montana, USA, August 21-24, 2006.

[80] H. Ra, W. Piyawattanametha, Y. Taguchi, and O. Solgaard, "Dual-axes Confocal Fluorescence Microscopy with a Two-dimensional MEMS Scanner," IEEE/LEOS International Conference on Optical MEMS, Montana, USA, August 21-24, 2006.

[81] H. Ra, Y. Taguchi, D. Lee, W. Piyawattanametha, and O. Solgaard, "Two-dimensional MEMS Scanner for Dual-Axes Confocal *in vivo* Microscopy," IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 2005, Istanbul, Turkey, January 22-26, 2006.

[82] W. Piyawattanametha, R. P. J. Barretto, T. H. Ko, B. A. Flusberg, E. D. Cocker, H. Ra, D. Lee, O. Solgaard, and M. J. Schnitzer, "Fast-scanning two-photon fluorescence imaging using a microelectromechanical systems two- dimensional scanning mirror," Technical Digest Series of Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) 2006, Long Beach, CA.

[83] A. D. Aguirre, P. R. Herz, Y. Chen, J. G. Fujimoto, W. Piyawattanametha, L. Fan, S. Hsu, M. Fujino, and M. C. Wu, "Ultrahigh resolution OCT imaging with a two-dimensional MEMS scanning endoscope," in Photonics West 2005, Advanced Biomedical and Clinical Diagnostic Systems *III*, Session 11, 5692-49.

[84] L. S. Fan, W. Piyawattanametha, M. Fujino, and M. C. Wu, "Endoscopic three-dimensional OCT imaging with MEMS scanner *(Invited Paper),"* Univ. of California, Los Angeles; A. D. Aguirre, P. R. Herz, Y. Chen, J. G. Fujimoto, Massachusetts Institute of Technology, SPIE Photonics West 2005, MOEMS and Miniaturized Systems *V*, Session 5, 5719-20.

[85] P. R. Patterson, D. Hah, M. Fujino, W. Piyawattanametha, and M. C. Wu, "Scanning micromirrors: an overview *(Invited Paper),"* Optomechatronic Micro/Nano Components, Devices, and Systems, Optics East 2004, Philadelphia, PA, Proceedings of SPIE, vol. #5604.

[86] W. Piyawattanametha, L. Fan, S. Hsu, M. Fujino, M. C. Wu, P. R. Herz, A. D. Aguirre, Y. Chen, and J. G. Fujimoto, "Two-dimensional Endoscopic MEMS Scanner for High Resolution Optical Coherence Tomography," Technical Digest Series of Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) 2004, San Francisco, May 2004, CWS 2.

[87] W. Piyawattanametha, P. Patterson, D. Hah, H. Toshiyoshi, and M. C. Wu, "A 2-D Scanner by Surface and Bulk Micromachined Angular Vertical Comb Actuators," IEEE/LEOS International Conference on Optical MEMS, Waikoloa, HI, August 18-21, 2003, pp. 93-94.

[88] "Cascaded Micromirror Pair Driven by Angular Vertical Combs for Two-Axis Scanning," IEEE/LEOS International Conference on Optical MEMS, Waikoloa, HI, August 18-21, 2003, pp. 99-100.

[89] W. Piyawattanametha, P. Patterson, D. Hah, H. Toshiyoshi, and M. Wu, "A Surface and Bulk Micromachined Angular Vertical Combdrive for Scanning Micromirrors," Optical Fiber Conference 2003, Atlanta, USA, March 2003, pp. 251-252.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[90] H. Nguyen, D. Hah, P. R. Patterson, W. Piyawattanametha, and M. C. Wu, “A Novel MEMS Tunable Capacitor based on Angular Vertical Comb Drive Actuators,” Solid-State Sensor, Actuator, and Microsystems, Hilton Head Island, South Carolina, June 2-6, 2002, pp. 277-280.

[91] W. Piyawattanametha, P. Patterson, G. D. Su, H. Toshiyoshi, and M. C. Wu, “A MEMS Non-Interferometric Differential Confocal Scanning Optical Microscope,” The 8th International conference on Solid-State Sensors, Actuators, and Microsystems (Transducers 2001 & Eurosensors XV), Munich, Germany, June 10-14, 2001, pp. 590-593.

[92] H. Toshiyoshi, W. Piyawattanametha, C. T. Chan, and M. C. Wu, “Linearization and Analysis of Electrostatically Actuated MEMS 2-D Optical Scanner,” Late News Technical Digest of Solid-State Sensor and Actuator Workshop (Hilton Head 2000), South Carolina, CA, USA, June 4-8, 2000, pp. 7-8.

[93] W. Piyawattanametha, H. Toshiyoshi, J. LaCosse, and M. C. Wu, “Surface Micromachined Confocal Scanning Optical Microscope,” Technical Digest Series of Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) 2000, San Francisco, CA, USA, May 7-12, 2000, pp. 447-448.

[94] G. D. Su, W. Piyawattanametha, R. Rollier, L. Fan, and M. C. Wu, “MEMS 2D Scanning Mirror for Dynamic Alignment in Optical Interconnect,” Proceedings of Integrated Photonics Research (IPR’99), Santa Barbara, CA, USA, July 1999.

[95] W. Piyawattanametha, L. Fan, and M. C. Wu, "MEMS Technology for Optical Crosslink for Micro/Nano Satellites," The International Conference on Integrated Nano/Microtechnology for Space Applications (NanoSpace’98), NASA/Johnson Space Center, Houston, TX, USA, November 1-6, 1998.

2. Invited/keynote talks (selected)

[1] “Microendoscopy techniques based on MEMS technology,” APCOT, Hong Kong, China (Keynote).

[2] “MEMS technology for light microscopy,” International Contest of Applications in Nano-micro Technology (ICAN) 2017, Beijing, China (Keynote).

[3] “Light microendosocpy with MEMS technology,” Imperial College, London, July 2016 (Invited).

[4] “Innovation State of Thailand,” Sci Days, Saint Petersburg, Russia, October 21, 2015 (Invited).

[5] ”Recent updates in optical microendosocpy,” Institute of Photonics and Microsystems, Fraunhofer Institute, Dresden, Germany, August 31, 2015.

[6] “Light microendoscopy with MEMS technology,” IEEE Nanoelectromechanical Systems (NEMS) 2015, Xian, China, April 7-11, 2015.

[7] “Confocal microendoscopy,” International Coastal Biology Congress 2014, Yantai, China, September 26-30, 2014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[8] "Image Mosaicing Technique and Real-Time Imaging with MEMS based Handheld Confocal Microscope," The 18th International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC-2014), Khon Kean, Thailand, July 30 – August 1, 2014.

[9] "Light microendoscopy for early cancer detection," The International Conference on Beneficial Microbes (ICOBM) 2014, Penang, Malaysia, May 27-29, 2014.

[10] "MEMS based medical microendoscope," Institute of Photonics and Microsystems, Fraunhofer Institute, Dresden, Germany, March 19, 2014.

[11] "Early cancer detection with photonics technology," The 1st Young Scientists Meeting, Tokyo, Japan, February 13-14, 2014.

[12] "Entrepreneurial Spirits in Thailand," The 1st Workshop for Young Scientists and Engineers, Jerusalem, Israel, November 25-28, 2013.

[13] "Advance in light microendoscopy," Technion, Haifa, Israel, November 24, 2013.

[14] "The Global Young Academy Activities," Regional Meeting of the Global Research Council (GRC), Jeju Island, Korea, November 18-19, 2013.

[15] "MOEMS devices for endoscopic imaging," Samsung Advanced Institute of Technology (SAIT), Seoul, South Korea, August 29, 2013.

[16] "Advanced light microendoscopy," Seoul National University (SNU), Seoul, South Korea, August 28, 2013.

[17] "Early cancer detection with optical imaging," Toyota Technological Institute University, Nagoya, Japan, August 23, 2013.

[18] "Light microendoscopy for cancer detection," National Chiao Tung University, Taipei, Taiwan, July 18, 2013.

[19] "Endoscopic imaging," National Taiwan Unviersity (NTU), Taipei, Taiwan, July 17, 2013.

[20] "Advanced confocal imaging," the 2nd Bio-Photonics Workshop," Taipei, Taiwan, July 17-19, 2013.

[21] "Light microendoscopy," University of Bourgogne, Bourgogne, France, May 7, 2013.

[22] "Confocal microendoscopy and biomarkers," Conference on nanobiology, Okayama, Japan, March 12-13, 2013.

[23] "Advance in light microendoscopy," Bio4Apps 2012, Singapore, November 19-20, 2012.

[24] "Light microscopy," University of Bourgogne, Bourgogne, France, October 16, 2012.

[25] "Review: Microendoscopic imaging," South Africa's Council for Scientific and Industrial and Research (CSIR), Pretoria, South Africa, May 20, 2012.

[26] "Biomedical imaging," 4th Khonkaen University (KKU) International Engineering Conference 2012, May 10-11, 2012.

[27] "Micro- and nano-technology for medical devices, "NSTDA Academy Lecture at NSTDA Science Park, January 19, 2012.

[28] "Biomarkers technology for *in vivo* imaging," Hong Kong University of Science and Technology (HKUST), Kowloon, Hong Kong, November 9, 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[29] "Micro- and nano-technology R&D research in Thailand," ICMAN 2011, Shenzhen, CN November 4-6, 2011.

[30] "Revolutionizing Microscope: Imaging, Analysis, and Application," Thai Society of Microcirculation, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University December 22, 2010.

[31] "Advanced Confocal Microendoscopy," IAP Young Scientists Conference in the World Economic Forum, Tianjin, September 12-16, 2010.

[32] "Noninvasive dermatologic measurement: from research to clinical," Dermatological Society of Thailand, September 10, 2010.

[33] "Optical Microscopy 101," King Mongkut Institute of Technology Thonburi (KMUTT), August 30, 2010.

[34] "Biological imaging with handheld microscope," King Mongkut Institute of Technology Thonburi (KMUTT), June 11, 2010.

[35] "MEMS based endoscopic imaging," Argonne National Laboratory, Chicago, USA, April 3-7, 2010.

[36] "Cancer Imaging with optical technique," Khonkean University (KKU), April 23, 2010.

[37] "Advanced Imaging with molecular- or bio-markers," NAC 2010, Thailand Science Park, Bangkok, March 28-30, 2010.

[38] "Imaging Systems in Dermatology," Thai Dermatological Society Annual Meeting, Centrara Hotel, March 11-12, Bangkok 2010.

[39] "Advanced Imaging with Nanotechnology," UK-Thailand Nanomedicine Symposium, Siriraj Hospital, Bangkok, March 23-24, 2010.

[40] "Advanced Confocal Imaging," The Fifth National Conference on Optics and Applications (NCOA), Jaopraya Park Hotel, Bangkok, February 5, 2010, pp. 3.

[41] "From Laboratory to Clinic with Endoscopic Imaging," Xiamen University, China, January 20, 2010.

[42] "Photonics in Medical Imaging Technology," Hong Kong University of Science and Technology (HKUST), Kowloon, Hong Kong, January 5, 2010.

[43] "3-D in vivo imaging with a miniature dual-axes confocal fluorescence microscope," The 4th IEEE International Symposium on Biomedical Engineering (ISBME), Plaza Athenee, Bangkok, December 14-18, 2009.

[44] "Biosensors for Medical Device Industry," NECTEC ACE 2009, Thailand Science Park, Convention Center (TSPCC), September 23-25, 2009.

[45] "From lab to hospital with imaging technology," King Mongkut Institute of Technology Thonburi (KMUTT), Thailand, September 2009.

[46] "Dual-Axes Confocal Microscopy for Human Skin Clinical Imaging (*Keynote*)," IEEE Optical MEMS and Nano-photonics 2009, Tampa, Florida, August 17, 2009.

[47] "From Bench to Bedside with Advanced Microscopy," The 4th International Conference on Sensors 2009 (AsiaSense), The Imperial Queen's Park Hotel, Bangkok, Thailand, July 29-31, 2009.

[48] "Advanced Optical Endoscopy and Microendoscopy," Stanford University Photonics Retreat (SUPR), Monterey, CA, April 3-5, 2009.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[49] "Dual-Axes Confocal Microscope for Advanced Clinical Diagnosis," Medical Technology Symposium, Chiangmai University, Chiangmai, Thailand, November 12, 2008.

[50] "Real time *in vivo* cancer diagnosis with a MEMS based Confocal Microscope," the 1st Annual Symposium on Molecular Imaging 2008, Belle Villa Resort Chiangmai, Thailand, November 9-12, 2008.

[51] "*In vivo* drug monitoring and real-time disease diagnosis with a MEMS based handheld Dual-Axes Confocal Microscope," NanoThailand Symposium 2008, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand, November 6-8, 2008.

[52] "From bench to bedside with Advanced Microscopy and Endoscopy," at BIOTEC, a member of NSTDA, Bangkok, Thailand, November 4, 2008.

[53] "Advanced Clinical Imaging (*Invited Talk*)," Ramathibodi University Hospital, Bangkok, Thailand, September 16, 2008.

[54] "Clinical diagnostic with novel medical imaging systems," at Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems, Dresden, Germany, August 18, 2008.

[55] "Novel biomedical imaging and drug monitoring with micro- and nano-technology," Tokyo University, Tokyo, Japan, May 19, 2008.

[56] "MEMS and MOEMS packaging," Topcon Corporation, Tokyo, Japan, May 19, 2008.

[57] "Skin imaging technique with a handheld dual-axes confocal microscope," the International Investigative Dermatology 2008, Kyoto, Japan, May 14, 2008.

[58] "Real time skin microscopy with confocal microscopy," the International Society of Biophysics and Imaging of Skin (ISBS) 2008, Seoul, Korea, May 7-10, 2008.

[59] "Advanced Endoscopy," the Hong Kong University of Science and Technology (HKUST), Kowloon, Hong Kong, September 5, 2007.

[60] "MEMS Applications in Biomedical Imaging," the National Taiwan University (NTU), Taipei, Taiwan, August 17, 2007.

[61] "MEMS based two-photon microendoscope," Stanford Photonics Research Center Symposium (SPRC), Stanford CA, September 18-20, 2006.

[62] "Surface and Bulk Micromachined Two-Dimensional Angular Vertical Comb Actuators Scanner for Endoscopic Ultrahigh Resolution Optical Coherence Tomography Imaging," at Optical Sciences Center, the University of Arizona, October 8, 2004.

3. Media articles and awards (selected)

[1] Listed on Times Higher Education Ranking Website as a notable KMITL Alumni (https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/king-mongkuts-institute-technology-ladkrabang)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[2] Served as a guest news editor for the Nation Newspaper on "World Science Forum looks at bitcoin phenomenon," December 7, 2017. (http://www.nationmultimedia.com/detail/Economy/30333359)

[3] Won the 2nd prize from the International Contest of Applications in Nano-micro Technology (ICAN) 2017, Beijing, China.

[4] Press coverage on the Nation Newspaper on "KMITL Engineering Students Win Award," July 19, 2016. (http://www.nationmultimedia.com/business/KMITL-ENGINEERING-STUDENTS-WIN-AWARD-30290875.html)

[5] Won the 3rd prize from the International Contest of Applications in Nano-micro Technology (ICAN) 2016, Paris, France.

[6] Served as a guest news editor for the Nation Newspaper on "First Science Leadership Programme for ASEAN," July 19, 2016. (http://www.nationmultimedia.com/business/First-Science-Leadership-Programme-for-Asean-30290867.html)

[7] Served as a guest news editor for the Nation Newspaper on "The Indispensable Intertwined Ties in the Digital Era," April 15, 2016. (http://www.nationmultimedia.com/business/The-indispensable-intertwined-ties-in-the-digital--30283845.html)

[8] Won the 3rd prize from the International Contest of Applications in Nano-micro Technology (ICAN) 2015, Anchorage, AK USA.

[9] Won an excellent paper award from the International Workshop on Image Electronics and Visual Computing (IIEEJ), Samui, Thailand, October 7-10, 2014.

[10] Awarded Fraunhofer-Bessel Research Award in 2014 from the Alexander von Humboldt Foundation, Germany.

[11] Interviewed by the Nation Newspaper on "A Classy Way to Success," February 15, 2014. (https://www.pressreader.com/thailand/bangkok-post/20140215/283781376785057)

[12] Selected by the World Economic Forum (WEF), Switzerland in 2013 to be one of the 40 top young scientists under the age of 40 who plays transformation role in integrating scientific knowledge and technological innovation to improve the state of the world, Dalian, China, September 11-13, 2013.

[13] Awarded Erasmus Mundus Grant in 2012 from the European Commission to conduct research in France.

[14] Won the 2nd prize from True Innovation Award, Bangkok, Thailand, December 17, 2012.

[15] Won outstanding paper award from the 16th International Solid-State Sensors, Actuators, and Microsystems Conference 2011 (Transducers 2011), Beijing, China, June 5-9, 2011.

[16] Won the 2nd prize in Global Entrepreneurship Competition (GEC), Barcelona, Spain, June15-16, 2011.

[17] "Microendoscope," I-inspire Journal, Thailand, May 1, 2011.

[18] Won the 1st prize Global Social Venture Competition (GSVC) South East Asia, March 3-4, 2011.

[19] Elected to serve as an executive member of the Global Young Academy (GYA), Berlin, Germany, July 2012.

[20] Co-founded the Global Young Academy (GYA), Berlin, Germany, February 14-16, 2010 (www.globalyoungacademy.net)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[21] Press coverage in the Bangkok Post Newspaper on "New Device Gives Early Diagnosis of Cancers," March 23, 2010. (https://www.pressreader.com/thailand/bangkok-post/20100323/283467842451622)

[22] "MEMS microscope images brains," Research Highlights in Nature Photonics, Volume 3, October 2009.

[23] "Intelligent microendoscope," Chevit-Cheva Channel 3 Program, Thailand, September 30, 2009.

[24] "Tiniest two-photon MEMS microscope performs Brain Imaging," an article in Laser Focus World Magazine, USA, August 1, 2009.

[25] "Cancer Imaging," an interview on the Bangkok Morning Talk, Thailand, Channel 11, June 19, 2009.

[26] "Light microscopy for cancer diagnosis," Matichon Newspaper, Thailand, May 25, 2009

[27] Press coverage in the Bangkok Post Newspaper on "Novel approach to cancer," May 20, 2009.

[28] "Optical microendoscope for cancer detection," Kao-sod Newspaper, Thailand, April 20, 2009.(https://www.pressreader.com/thailand/bangkok-post/20090520/282003258383144)

[29] "Cancer screening with optical microendoscope," Nation Weekend Magazine, Thailand, April 16, 2009.

[30] "Novel imaging instrument for cancer diagnosis," Matichon Newspaper, Thailand, April 7, 2009.

[31] "Optical endoscopist," Health Check Up Channel, Thailand, April 2, 2009.

[32] "Advance optical microscope for cancer detection," Dailynews Newspaper, Thailand, March 30, 2009.

[33] "Novel microendoscope for cancer detection," Naewna Newspaper, Thailand, March 28, 2009.

[34] "Cancer diagnosis with endoscopic imaging," Bangkok Business, Newspaper, Thailand, March 25, 2009.

[35] "Detect cancer with optical microendoscope," Manager Newspaper, Thailand, March 25, 2009.

[36] "Novel microendoscope for early cancer detection," Thairath Newspaper, Thailand, March 25, 2009.

[37] "Early detection of cancer with optical microendoscope," Matichon Newspaper, Thailand, March 25, 2009.

[38] "Cancer detection with optical microendoscope," Voice TV, Thailand, March 24, 2009.

[39] "Innovation that shapes the world," Bangkok Business Newspaper, Thailand, December 30, 2008.

[40] "Confocal Microscopy for medical imaging," an interview on the Bangkok Morning Talk, Channel 11, December 2008.

[41] "Novel Medical Imaging Instrument," Bangkok Business Newspaper, Thailand, November 11, 2008.

[42] "Microtechnology enables endoscopic confocal microscope," SPIE Newsroom 2007.

[43] "Creating a microscope that reads minds," an interview on the American Broadcasting Company (ABC) News, USA, on October 19, 2007. Weblink: http://abclocal.go.com/kgo/story?section=local&id=5716715.

[44] "Microtechnology enables endoscopic confocal microscopy," in the SPIE Newsroom, USA, October 2006,

[45] "MEMS-based scanning device facilitates microendoscopy," an article in Biophotonics International Magazine, September 2006, pp. 27-28. Weblink: http://pyramidal.stanford.edu/publications/Biophotonics-Sept2006-MEMS.pdf.

[46] "Two-dimensional OCT scanner promises *in-situ* diagnosis," an article in Laser Focus World Magazine, USA, July 2004, pp. 47-48.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Patents

[1] W. Piyawattanametha, "E. coli enumeration with fluorescence technique," Thai Patent Application 1701006685, filed, December 7, 2017, Patent Pending.

[2] W. Piyawattanametha, "Integrated wide-field and high-resolution catheter," Thai Patent Application 1301005583, filed September 2013, Patent Pending.

[3] N. Khemthongcharoen, W. Piyawattanametha, A. Ruangphacha, S. Rattanavarin, U. Jarujareet, S. Pathumraj, S. Niruthisard, P. Sarapukdee, and R. Jolivot, "Development of a Fluorescence-labeled p16 peptide for cervical cancer screening," Thai Patent Application 1201003486, filed September 2012, Patent Pending.

[4] S. Rattanavarin, W. Piyawattanametha N. Khemthongcharoen, U. Jarujareet, A. Ruangphacha, and P. Sarapukdee, "Line-scan based dual-axis confocal imaging probe," Thai Patent Application 1201004887, filed September 2012, Patent Pending.

[5] W. Piyawattanametha, "Multi-spectral dual-axis confocal imaging probe," Thai Patent Application 1101000602, filed April 2011, Patent Pending.

5. Book chapters (selected)

[1] "Optical MEMS," Intech Book Chapter 2012, Source: Microelectromechanical Systems and Devices, edited by Nazmul Islam, ISBN 978-953-51-0306-6, Hard cover, 480 pages, Publisher: InTech, Published: March 28, 2012.

[2] "Advances in Bio-Imaging: From Physics to Signal Understanding Issues State-of-the-Art and Challenges," Series: Advances in Intelligent and Soft Computing, Vol. 120, Loménie, Nicolas; Racoceanu, Daniel; Gouaillard, Alexandre (Eds.), 2012, 2012, XXII, 246 p. 129 illus., 84 in color, Softcover, ISBN 978-3-642-25546-5. Weblink: http://www.springer.com/engineering/computational+intelligence+and+complexity/book/978-3-642-25546-5.

[3] "*In Vivo* Clinical Imaging and Diagnosis," McGraw-Hill Book Chapter 2011, James W Tunnell, ISBN: 9780071626835 0071626832, Publisher: McGraw-Hill 2011.

[4] "Miniature Dual Axes Confocal Microscope for *Real Time* in vivo Imaging," Intech Book Chapter 2010, Source: Advances in Solid State Circuit Technologies, edited by: Paul K Chu, ISBN: 978-953-307-086-5, Publisher: INTECH, April 2010.

[5] "Optical MEMS and Nano-Photonics," in *MEMS/NEMS Handbook,* Chinese Science Publishing Company, 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Professional membership

[1] Senior Member of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) in 2010.

[2] Senior Member of the Optical Society of America (OSA) in 2011.

[3] Senior Member of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineering (SPIE) in 2012.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้