

1. ชื่อโครงการ (ไทย) โครงสร้างควอนตัมนาโนกลุ่มแอนติโมนีสำหรับการพัฒนาตัวตรวจจับแสงอินฟราเรด
(อังกฤษ) Antimony-based Quantum Nanostructures for the Development of Infrared Detectors

2. งบประมาณรวม 20 ล้านบาท / ระยะเวลาโครงการ 5 ปี

3. คณะผู้วิจัย

3.1	หัวหน้าโครงการ	ศ. ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว	สังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.2	ผู้ร่วมโครงการ	รศ. ดร. สมชัย รัตนธรรมพันธ์	สังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.3	ผู้ร่วมโครงการ	รศ. ดร. ทรงพล กาญจนชูชัย	สังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.4	ผู้ร่วมโครงการ	นาย ศุภโชค ไทยน้อย	สังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.5	ผู้ร่วมโครงการ	ผศ. ดร. สุวิทย์ กิระวิทยา	สังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3.6	ผู้ร่วมโครงการ	ดร. สุวัฒน์ โสภิตพันธ์	สังกัด ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์

4. บทคัดย่อ (รายละเอียดโครงการในภาพรวม 5 ปี)

ผู้วิจัยได้บุกเบิกจัดตั้งห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี 1975 [1] เพื่อศึกษาวิจัยสิ่งประดิษฐ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์ ไดโอด โฟโตไดโอด [2] และ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากผลิตซิลิกอน [3] ซึ่งเป็นเซลล์แสงอาทิตย์รุ่นที่หนึ่งในช่วงปี 1975-1985 และศึกษาวิจัยไดโอดเปล่งแสง [4] เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิกอน [5] ซึ่งเป็นเซลล์แสงอาทิตย์รุ่นที่สองในช่วงปี 1985-1995 เซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองรุ่น ได้รับการพัฒนาจนนำไปสู่การผลิตเชิงอุตสาหกรรมทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ตั้งแต่ปี 1985 ได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ สารประกอบกึ่งตัวนำกลุ่ม III-V (แกเลียมอาร์เซไนด์) ด้วยเทคนิค Liquid Phase Epitaxy (LPE) [6] เพื่อประดิษฐ์สร้าง ทรานซิสเตอร์ที่ใช้กับควมถี่สูง [7] และเลเซอร์ไดโอด [8] จนปี 1993 ได้มีการติดตั้งเครื่องมือวิจัยใหม่มูลค่า 25 ล้านบาท ได้แก่ Molecular Beam Epitaxy (MBE) จึงเริ่มมีการศึกษาโครงสร้างควอนตัมนาโน (Quantum Nanostructures) ของอินเดียมอาร์เซไนด์ (InAs) ทั้งควอนตัมเวลล์ (Quantum Wells: QWs) [9, 10] และควอนตัมดอต (Quantum Dots: QDs) [11, 12] ในช่วง ปี 2000 เป็นต้นมาจึงเริ่มมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์รุ่นที่สามที่ใช้โครงสร้างควอนตัมนาโน เช่น ควอนตัมดอตโซลาร์ เซลล์ (Quantum Dot Solar Cells) [13-16]

ในปี 2009 ได้มีการติดตั้งเครื่อง Molecular Beam Epitaxy ชุดใหม่มูลค่ากว่า 25 ล้านบาท และในปี 2012 (เดือน เมษายน) ได้มีการติดตั้งแหล่งกำเนิดสารแอนติโมนี (Antimony: Sb) ในเครื่อง MBE ชุดใหม่นี้เพื่อศึกษาวิจัยโครงสร้างควอนตัมนาโนของสารในกลุ่มแอนติโมนี ได้แก่ GaSb, InSb, InAsGsb, InGaSb ซึ่งมีจุดเด่นที่ให้ความคล่องตัวของอิเล็กตรอนสูง มาก [17] ส่วนใหญ่มีค่าแถบพลังงานแคบ จึงมีการตอบสนองต่อแสงอินฟราเรดได้ดี [18]

ในงานวิจัยของโครงการนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างควอนตัมนาโนของสารประกอบกึ่งตัวนำกลุ่มแอนติโมนี ซึ่งเป็นข้อมูลทางวิชาการที่ใหม่สามารถนำไปตีพิมพ์เป็นผลงานทางวิชาการระดับนานาชาติได้ โดยมีเป้าหมายเพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาตัวตรวจจับแสงอินฟราเรดที่ใช้โครงสร้างควอนตัมนาโนของสารประกอบกึ่งตัวนำ กลุ่มแอนติโมนีที่มีผลตอบสนองได้ดีกับแสงที่มีความยาวคลื่นยาว ๆ ขนาดหลาย ๆ ไมครอนได้



รูปที่ 4.1 เครื่อง MBE ชุดแรกที่ใช้ในการพัฒนา
โครงสร้าง Quantum Dots ของ InAs



รูปที่ 4.2 เครื่อง MBE ชุดที่สองที่ใช้ในการติดตั้งแหล่ง
กำเนิดสารแอนติโมนีที่จะใช้เป็นแกนหลักทาง
งานวิจัยในโครงการใหม่นี้

โครงสร้างควอนตัมนาโนของสารประกอบกึ่งตัวนำกลุ่มแอนติโมนีสามารถใช้ออกแบบให้มีการตอบสนองต่อคลื่นแสงอินฟราเรดในช่วง Mid Infrared (3-5 μm) ได้ [19] ซึ่งเป็นหน้าต่างแสงในช่วงอินฟราเรดที่สำคัญ ทำให้สามารถพัฒนาตัวตรวจจับแสงอินฟราเรด (Infrared Detectors) ที่มีศักยภาพในการทำงานที่อุณหภูมิห้อง ทดแทนตัวตรวจจับแสงอินฟราเรดที่ทำจาก HgCdTe ที่ต้องหล่อเย็นที่อุณหภูมิต่ำที่ 77 °K หรือ 4.2 °K การพัฒนาตัวตรวจจับแสงอินฟราเรดดังกล่าวจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการตรวจจบบภาพในที่มืด ซึ่งมีประโยชน์ในงานด้านการทหาร การรักษาความมั่นคงของประเทศ เช่น ปัญหาความไม่สงบในภาคใต้ สามารถใช้ในการตรวจสอบทรัพยากรธรรมชาติจากอากาศยาน เช่น สภาพป่าไม้ การเผาป่าที่เป็นปัญหาทางภาคเหนือของประเทศ สามารถใช้ในด้านอุตสาหกรรมและการแพทย์อย่างกว้างขวางด้วย

ในโครงการวิจัยนี้ใช้ทีมงานวิจัยของห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นแกนนำ โดยมีความร่วมมือกับห้องปฏิบัติการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ เช่น กลุ่มวิจัยของ Dr. Chantal Fountaine ที่ LAAS, CNRS ประเทศฝรั่งเศส [20] ผู้เชี่ยวชาญด้าน MBE ได้แก่ Dr. Karl Eberl ซึ่งเคยเป็นหัวหน้ากลุ่มวิจัย MBE ที่ Max Planck Institute ที่ Stuttgart และปัจจุบันเป็น CEO ของบริษัท MBE Komponenten GmbH ประเทศเยอรมัน [21] การร่วมมือกับกลุ่มวิจัยที่มีชื่อเสียงในระดับโลกของ Prof. Yasuhiko Arakawa ที่ U. of Tokyo ประเทศญี่ปุ่น [22] และ Prof. Charles Tu ที่ UC San Diego ประเทศสหรัฐอเมริกา [23]

ในการดำเนินการวิจัยนี้ได้เชิญ ดร. สุวัฒน์ โสภิตพันธ์ จากศูนย์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์แห่งประเทศไทย (Thailand Microelectronic Center: TMEC) เข้าร่วมในทีมวิจัยด้วย [24] เพื่อนำต้นแบบของตัวตรวจจับแสงอินฟราเรดที่พัฒนาในช่วงท้ายของโครงการไปผลิตแบบจำนวนมากเพื่อใช้งานในภาคสนาม และได้รับความร่วมมือจาก ดร. นพดล นันทวงศ์ จาก NECTEC ในการวิเคราะห์โครงสร้างควอนตัมนาโนและผลตอบสนองผ่านอินฟราเรดของสิ่งประดิษฐ์ที่ทดลองสร้างขึ้น และได้เชิญ ดร. สุวิทย์ ภิระวิทยา จาก มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อช่วยศึกษาวิจัยในด้านการวิเคราะห์ทั้งในเชิงฟิสิกส์และวิศวกรรม ของสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้โครงสร้างควอนตัมนาโน ทั้ง ดร. สุวัฒน์ และ ดร. สุวิทย์ เคยเป็นนิสิตที่จบปริญญาเอกจาก จุฬาฯ ในโครงการ “ศิษย์ก้นกุฏิ” และรับทุน คปก. เคยมีประสบการณ์ทำวิจัยในประเทศเยอรมันที่ยาวนาน เช่น ที่ Max Planck Institute จึงเป็นบุคลากรที่จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศในระยะยาว ตามเจตนารมณ์ของโครงการ “ศิษย์ก้นกุฏิ” ที่สร้างทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพได้เองภายในประเทศ