

การกรอกรายละเอียดในแบบฟอร์มนี้ ต้องดำเนินการให้ครบถ้วนตามความเป็นจริง หากตรวจสอบพบว่ามีกรปิดหรือเป็นเท็จ
คอบช. ขอสงวนสิทธิ์ที่จะไม่พิจารณาสนับสนุนและจะเป็นผู้ไม่มีสิทธิ์รับทุน คอบช. เป็นเวลา 3 ปี

แบบ คอบช. 1ย/1ด

แบบเสนอโครงการวิจัย (Research Project)

ประกอบการเสนอของบประมาณของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2560

ยื่นเสนอขอรับทุนในกลุ่มเรื่อง.....ความมั่นคงและปัญหาชายแดนใต้.....
กรอบวิจัย...การวิจัยและพัฒนาเพื่อดำรงสภาพและ/หรือเพิ่มประสิทธิภาพสิ่งอุปกรณ์ทางทหาร ได้แก่.....
.....อาหาร ยุทโธปกรณ์ในอัตรานอกอัตราราชการ พลังงาน กระสุน วัตถุระเบิด.....
กรอบวิจัยย่อย..... - ไม่มี -

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) นวัตกรรมเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงสำหรับงานพิสูจน์หลักฐาน.....
.....อาชญากรรม.....

(ภาษาอังกฤษ) .Innovative Device for Latent Fingerprints Development: Criminal
.Investigation Aspect.....

ส่วน ก : องค์ประกอบของข้อเสนอโครงการวิจัย

1. ผู้รับผิดชอบประกอบด้วย

1.1 หัวหน้าโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขมฤทัย ถามะพัฒน์
หน่วยงาน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1020 00449 66 6

สถานที่ติดต่อ 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ จ.กรุงเทพฯ 10140

โทรศัพท์ 02-470-8961

โทรศัพท์เคลื่อนที่ 081-582-9944

โทรสาร 02-427-8785

E-mail kheamrutai.tha@kmutt.ac.th หรือ s903607@yahoo.com

ความรับผิดชอบ สร้างเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงสำหรับงานพิสูจน์หลักฐาน
อาชญากรรม จัดอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับ
เจ้าหน้าที่กลุ่มงานตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุ กองพิสูจน์หลักฐาน และ
ศูนย์พิสูจน์หลักฐานที่ 1-10

สัดส่วนที่รับผิดชอบ 55%

1.2 ผู้ร่วมงานวิจัย

1.2.1 นางสาวชุตินา อุดมภ์

ตำแหน่ง อาจารย์

หน่วยงาน สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 2405 00257 79 8

สถานที่ติดต่อ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร จ.กรุงเทพฯ 10120

โทรศัพท์ 02-287-9600 ต่อ 2204

E-mail chutima.o@rmutk.ac.th

ความรับผิดชอบ จัดหาอุปกรณ์และออกแบบวงจรไฟฟ้า

สัดส่วนที่รับผิดชอบ 15%

1.2.2 พ.ต.ท.หญิง ศิริประภา รัตต์ญญู

ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ (สบ 3)

หน่วยงาน กลุ่มงานตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 8406 00161 05 3

สถานที่ติดต่อ อาคาร 9 ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน จ.กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 02-205-1739

โทรสาร 02-205-1739

E-mail au.rattanyu@gmail.com

ความรับผิดชอบ จัดอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับเจ้าหน้าที่กลุ่มงานตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุ กองพิสูจน์หลักฐาน และศูนย์พิสูจน์หลักฐานที่ 1-10 ร่วมกับหัวหน้าโครงการ

สัดส่วนที่รับผิดชอบ 15%

1.2.3 พ.ต.อ.หญิง สุรินทร์ ชมเสาร์หัต

ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ (สบ 4)

หน่วยงาน กลุ่มงานผู้เชี่ยวชาญ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1899 00111 07 2

สถานที่ติดต่อ อาคาร 9 ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน จ.กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 02-205-1021

E-mail chomsaohus@gmail.com

ความรับผิดชอบ ตรวจสอบพิสูจน์รูปแบบของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนวัตถุพยาน

สัดส่วนที่รับผิดชอบ 15%

1.3 หน่วยงานหลัก

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ จ.กรุงเทพฯ 10140

โทรศัพท์ 02-470-8876 โทรสาร 02-427-8785

1.4 หน่วยงานสนับสนุน

กองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติ

อาคาร 9 ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน จ.กรุงเทพฯ

10330

2. ประเภทการวิจัย

การพัฒนาทดลอง

3. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์

4. มาตรฐานการวิจัย (ถ้ามี) - ไม่มี -

5. คำสำคัญ (Keyword) ของการวิจัย

(ภาษาไทย) รอยลายนิ้วมือแฝง / พื้นผิวที่เป็นโลหะ / การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า / เซลล์ไฟฟ้าเคมี / ปฏิกริยารีดอกซ์ / เครื่องต้นแบบ

(ภาษาอังกฤษ) Latent Fingerprints / Metallic Surfaces / Electrodeposition / Electrochemical Cell / Redox Reaction / Prototype

6. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

หลังจากที่ประเทศไทยได้ผ่านปัญหาความขัดแย้งทางการเมืองที่ยืดเยื้อ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นในการลงทุนจากภาคเอกชนทั้งในและต่างประเทศ และการบริโภคของประชาชน ทำให้เศรษฐกิจในประเทศถดถอย ค่าใช้จ่ายในการอุปโภคและบริโภคประจำวันเพิ่มสูงขึ้น และเกิดปัญหาการว่างงานเป็นจำนวนมาก นำไปสู่ปัญหาอาชญากรรมและปัญหาอาชญากรรม เช่น การทำร้ายร่างกาย การข่มขืน การปล้นทรัพย์ การฆ่าชิงทรัพย์ เป็นต้น ซึ่งกระทบต่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ประชาชนขาดคุณภาพชีวิตที่ดี เกิดความหวาดระแวง ไม่เชื่อใจกัน เกิดพฤติกรรมการเลียนแบบกัน และเกิดความเสื่อมโทรมทางสังคมและศีลธรรม [1-2] เมื่อพิจารณาปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นดังกล่าวข้างต้นจากมุมมองทางด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านความมั่นคง และด้านกระบวนการยุติธรรม พบว่าปัญหาเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการก่อการร้ายหรือสงครามกลางเมืองที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นดังที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้กำลังประสบอยู่ [3] ซึ่งเป็นปัญหาวิกฤตด้านความมั่นคงที่สลับซับซ้อนเชื่อมโยงถึงกันในทุกมิติทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ ทั้งด้านการเมือง เศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม

นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 สถานการณ์การก่อเหตุรุนแรงในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ และ 4 อำเภอของจังหวัดสงขลาได้ทวีความรุนแรงขึ้นตามลำดับ จากสถิติการก่อเหตุและการสูญเสียในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 - 2553 [4] พบว่ามีกรก่อเหตุรวมทั้งสิ้น 11,371 เหตุ จำแนกเป็นเหตุยิง 6,064 เหตุ คิดเป็น 53.33 % เหตุระเบิด 1,941 เหตุ คิดเป็น 17.07 % และเหตุวางเพลิง 1,463 เหตุ คิดเป็น 12.87 % นอกจากนั้นจากสถิติการจับกุมปราบปรามอาวุธปืนผิดกฎหมาย อาวุธสงคราม และวัตถุระเบิด ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2550 [5] พบว่ามีจำนวนมากขึ้นทุกปี และคาดว่าเมื่อเข้าสู่ประชาคมอาเซียนพื้นที่ชายแดนซึ่งเคยเป็นพื้นที่ปิด จะถูกเปลี่ยนสภาพไปสู่พื้นที่เปิดกว้างเพื่อการติดต่อคมนาคม การค้า และการท่องเที่ยวมากขึ้น โอกาสที่จะก่อภัยรูปแบบใหม่ๆ มีโอกาสสูงมากขึ้น และการใช้พื้นที่ชายแดนใต้เป็นแหล่งซุกซ่อน ลำเลียง และพักอาวุธต่างๆ จะมีมากขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการจัดตั้งศูนย์นิติวิทยาศาสตร์ในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ (ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 10) ขึ้นเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551 เพื่อเป็นหน่วยงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ สามารถตรวจพิสูจน์ของกลางได้ครอบคลุมในทุกเรื่อง จากสถิติการตรวจพิสูจน์ปี พ.ศ. 2552 มีการตรวจพิสูจน์ของกลางที่เกิดเหตุกว่า 8,869 เหตุ ศาลรับฟังพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ และพิจารณาลงโทษจากพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ 15 คดี ส่วนใหญ่เป็นการเก็บพยานหลักฐานและตรวจโดยเจ้าหน้าที่ถึง 11 คดี ส่วนของกระทรวงยุติธรรมเพียง 4 คดี [5]

ในการเก็บพยานหลักฐานเพื่อสืบสวนหาตัวผู้กระทำผิดมารับโทษตามกฎหมายนั้น ต้องอาศัยการเก็บรวบรวมพยานหลักฐานต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องหรือเชื่อมโยงกัน สามารถนำไปสู่การยืนยันตัวผู้กระทำผิดได้ ซึ่งขั้นตอนในการเก็บรวบรวมพยานหลักฐานนั้นมีความสำคัญมาก จึงต้องมีการพัฒนาวิธีการตรวจพิสูจน์หลักฐานด้วยเทคโนโลยีและการใช้ความรู้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพราะพยานหลักฐานแต่ละชิ้นนั้นสามารถระบุตัวผู้กระทำผิดและขั้นตอนในการกระทำผิดได้ โดยพยานหลักฐานที่สามารถพบได้ในสถานที่เกิดเหตุ ได้แก่ คราบเลือด คราบอสุจิ คราบน้ำลาย รอยฟัน เส้นผม และรอยลายนิ้วมือ เป็นต้น แต่พยานหลักฐานที่มีความสำคัญและพบมากที่สุดในสถานที่เกิดเหตุ คือ รอยลายนิ้วมือ (fingerprints) ซึ่งสามารถนำมาตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลเพื่อยืนยันตัวผู้กระทำผิดได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เพราะลายนิ้วมือของมนุษย์มีลักษณะ

พิเศษที่ไม่เหมือนกัน แม้กระทั่งฝ่าแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกันซึ่งมีดีเอ็นเอ (DNA) ที่เหมือนกัน แต่มีลายนิ้วมือที่แตกต่างกัน และลายนิ้วมือจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงรูปแบบ (ridge) ตั้งแต่เกิดจนตาย [6] โดยรอยลายนิ้วมือที่พบในสถานที่เกิดเหตุสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ รอยลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (visible fingerprints หรือ VFPs) และรอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นหรือมองเห็นด้วยตาเปล่าไม่ชัดเจน (latent fingerprints หรือ LFPs) [7] ซึ่ง VFPs เกิดจากนิ้วมือที่เปื้อนเลือดหรือสีไปสัมผัสกับวัตถุเกิดเป็นรอยลายนิ้วมือบนพื้นผิววัตถุ นั้น หรืออาจเกิดจากการประทับนิ้วมือบนวัตถุผิวนิ่ม (plastic fingerprints) เช่น ดินน้ำมัน ซ็อกโกแลตก้อน และปูนที่ยังไม่แห้ง ทำให้มองเห็นรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิววัตถุได้อย่างชัดเจน ส่วน LFPs เกิดจากคราบเหงื่อและคราบไขมันที่ถูกขับออกจากต่อมเหงื่อและต่อมไขมันที่อยู่บนเส้นขนของลายนิ้วมือ เมื่อนิ้วมือไปสัมผัสกับวัตถุจะทำให้คราบเหงื่อและคราบไขมันติดอยู่ที่พื้นผิววัตถุ นั้น และเนื่องจากคราบเหงื่อและคราบไขมันมีลักษณะใสไม่มีสี ทำให้ลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิววัตถุ นั้นไม่ชัดเจน จึงมองเห็นรอยลายนิ้วมือไม่ชัดหรือไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งรอยลายนิ้วมือที่พบบนพยานหลักฐานที่รวบรวมได้ในสถานที่เกิดเหตุส่วนใหญ่เป็นลายนิ้วมือประเภท LFPs โดย LFPs เป็นที่ยอมรับในทางกฎหมายในการนำมาใช้ตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลซึ่งเป็นที่แพร่หลายอย่างมากในทุกประเทศทั่วโลก

วัตถุพยานหลักฐานส่วนใหญ่ที่พบในสถานที่เกิดเหตุจะเป็นวัตถุที่มีส่วนประกอบของโลหะ เช่น ปืน ปลอกกระสุนปืน มีด กุญแจ และอาวุธพกพาต่างๆ วิธีการตรวจหา LFPs บนวัตถุที่มีส่วนประกอบของโลหะที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ วิธีการปิดผงฝุ่น การใช้ไอระเหยจากกาว (super glue) และการแช่ในสารละลายนินไฮดริน (ninhydrin) ซึ่งการปิดผงฝุ่นต้องใช้ความชำนาญในการปิด โดยปิดวนตามเส้นลายนิ้วมือ และไม่ใช้ผงฝุ่นในการปิดมากเกินไป เพราะผงฝุ่นมักฟุ้งกระจายในอากาศส่งผลเสียต่อระบบทางเดินหายใจ และ LFPs ที่ปรากฏไม่มีความคมชัดเนื่องจากการฟุ้งกระจายของผงฝุ่นและลบเลือนได้ง่าย ส่วนวิธีการใช้ไอระเหยจากกาวต้องใช้ระยะเวลาในการตรวจหา LFPs นานครึ่งชั่วโมงถึงหนึ่งชั่วโมงตามขนาดของวัตถุ และกาวที่เคลือบบนคราบต่างๆ มีสีขาว ทำให้รอยลายนิ้วมือที่ปรากฏไม่มีความคมชัด และในบางครั้งต้องใช้วิธีนี้ร่วมกับวิธีอื่นๆ ด้วย เช่น หลังจากใช้การไอระเหยจากกาวแล้วต้องทำการปิดผงฝุ่นซ้ำลงไปบนคราบที่คาดว่าเป็นรอยลายนิ้วมือ เพื่อให้ได้รอยลายนิ้วมือที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น สำหรับการแช่ในสารละลายมีขั้นตอนในการเตรียมสารหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนใช้เวลาานาน สารเคมีที่ใช้มีอันตรายและมีต้นทุนสูง ส่วนประกอบบางส่วนบนลายนิ้วมืออาจเกิดการละลายไปในสารละลายทำให้รอยลายนิ้วมือที่ปรากฏไม่มีความคมชัด ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาวิธีการตรวจหา LFPs ด้วยเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้ภาพรอยลายนิ้วมือปรากฏชัดเจนนมากที่สุด

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ขอขบประมาณสนับสนุนการวิจัยในหัวข้อเรื่อง “การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะ” และได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558 ในกลุ่มเรื่อง “ความมั่นคงและปัญหาชายแดนใต้” แผนงาน “การวิจัยและพัฒนาเพื่อดำรงสภาพและ/หรือเพิ่มประสิทธิภาพสิ่งอุปกรณ์ทางทหาร ได้แก่ อาวุธ ยุทโธปกรณ์ในอัตราและนอกอัตรา พลังงาน กระสุน วัตถุระเบิด” เพื่อคิดค้นวิธีการตรวจหา LFPs ซึ่งเป็นวิธีการใหม่ที่ใช้เวลารวดเร็วในการตรวจหา ไม่ใช่สารเคมีที่เป็นพิษต่อผู้ตรวจพิสูจน์และสิ่งแวดล้อม และต้นทุนต่ำ โดยนำวิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (electrodeposition) บนพื้นผิววัสดุโลหะหรือวัสดุตัวนำไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ โดยการเคลือบอนุภาคทองแดง (Cu) บนวัตถุพยานในส่วนที่เป็นเส้นร่องเพื่อให้เกิดรอยลายนิ้วมือปรากฏขึ้น และนำเอาวิธีการนี้มาพัฒนาเป็นเครื่องต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการ สำหรับใช้ในศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 10 ซึ่งตั้งอยู่ที่จังหวัดยะลา และกองพิสูจน์หลักฐานกลาง พร้อมทั้งพัฒนาเครื่องต้นแบบแบบพกพา (portable) สำหรับให้เจ้าหน้าที่ตรวจพิสูจน์หลักฐานนำไปใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือบนวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ และถ่ายภาพรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏส่งให้ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน เพื่อเปรียบเทียบกับลายพิมพ์นิ้วมือของอาชญากรที่วาระอาญาจักรที่มีอยู่บนฐานระบบตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (Automated

Fingerprint Identification System หรือ AFIS) ของกองทะเบียนประวัติอาชญากรได้ทันที ถึงแม้ว่าลายนิ้วมือที่ได้มานั้นจะปรากฏเพียงบางส่วน กล่าวคือ ลายนิ้วมือที่ต้องสงสัยไม่สมบูรณ์ อาจมีเพียงครึ่งเดียว ระบบ AFIS ก็สามารถนำลายนิ้วมือที่ไม่สมบูรณ์นั้นมาหาจุดลักษณะสำคัญของลายเส้นมาค้นกับข้อมูลประวัติอาชญากรได้ โดยใช้เวลาเพียงไม่นานก็สามารถค้นหาได้ [8] ทำให้เกิดความรวดเร็วในการระบุและควบคุมตัวผู้ต้องสงสัย ซึ่งการมีเครื่องต้นแบบแบบพกพานอกจากจะทำให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการตรวจหา LFPs แล้ว ยังช่วยป้องกันการเลือนหายของ LFPs อันเนื่องจากระยะเวลาและการกระทำของสิ่งมีชีวิตและธรรมชาติได้อีกด้วย



แบบตั้งโต๊ะสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ



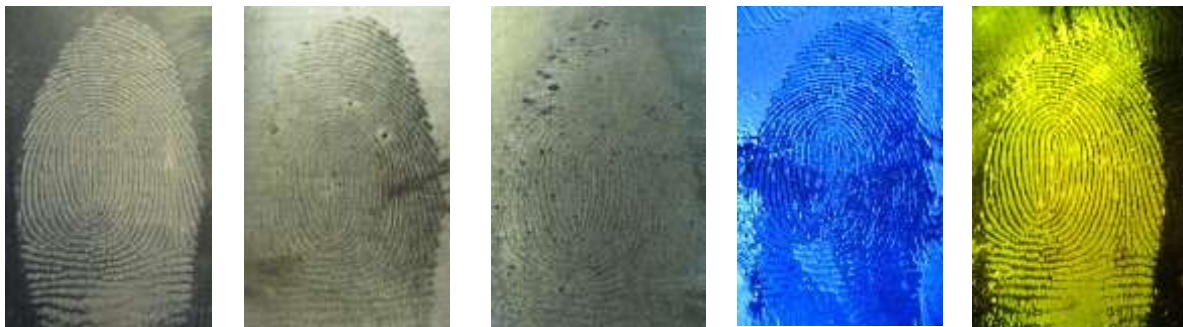
แบบพกพาสำหรับใช้ในสถานที่เกิดเหตุ

รูปที่ 1 เครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะแบบตั้งโต๊ะสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการและแบบพกพาสำหรับใช้ในสถานที่เกิดเหตุ ซึ่งเป็นผลสัมฤทธิ์จากโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะ” ที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558 ในกลุ่มเรื่อง ความมั่นคงและปัญหาชายแดนใต้

ทั้งนี้โครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะ” ที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558 ในกลุ่มเรื่อง “ความมั่นคงและปัญหาชายแดนใต้” นั้น มีผลสัมฤทธิ์เป็นไปตามที่กำหนดไว้ได้เป็นอย่างดี

กล่าวคือ สามารถพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะระดับห้องปฏิบัติการและแบบพกพาสำหรับใช้ในสถานที่เกิดเหตุ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งสามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจหา LFPs โดยใช้เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นกับวิธีการที่นิยมใช้ในปัจจุบันของกองพิสูจน์หลักฐานกลาง ได้แก่ การปิดผงฝุ่นดำ การอบชุบเปอร์กลูรวมกับการปิดผงฝุ่นดำ การอบชุบเปอร์กลูและฉายแสงโพลิไลท์ และการอบชุบเปอร์กลูรวมกับการย้อมสีโรดามีน 6 จี (rhodamine 6G หรือ R6G) ผลการทดลองพบว่ารอยลายนิ้วมือที่ปรากฏขึ้นบนแผ่นวัสดุชนิดต่างๆ ภายหลังจากการตรวจหาโดยใช้เครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้น มีความคมชัดทุกกรณี กล่าวคือ ไม่ว่าจะ LFPs จะมีอายุเท่าไร ก็สามารถตรวจหา LFPs ได้ ในขณะที่วิธีการปิดผงฝุ่นดำ การอบชุบเปอร์กลูและฉายแสงโพลิไลท์ และการอบชุบเปอร์กลูรวมกับการปิดผงฝุ่นดำ สามารถทำหารอยลายนิ้วมือปรากฏขึ้นได้ แต่รูปแบบไม่สมบูรณ์และขาดความคมชัด โดยเฉพาะเมื่อ LFPs มีอายุเวลานาน จะมีก็เพียงแค่วิธีการอบชุบเปอร์กลูรวมกับการย้อมสี R6G ที่สามารถทำให้ LFPs ที่ปรากฏมีความคมชัดเทียบเท่ากับวิธีการเคลือบด้วยไฟฟ้า (รูปที่ 2 แสดงภาพตัวอย่างผลการตรวจหา LFPs ที่มีอายุ 45 วัน บนแผ่นทองเหลืองโดยใช้วิธีการต่างๆ) อย่างไรก็ตามการอบชุบเปอร์กลูรวมกับการย้อมสี R6G นั้นใช้เวลาในการตรวจหานาน มีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ซับซ้อน และจำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรือสารหลายชนิด จึงสามารถสรุปได้ว่าการตรวจหา LFPs โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยใช้เครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้น ให้ประสิทธิภาพดีเทียบเท่าและดีกว่าวิธีส่วนใหญ่ที่กองพิสูจน์หลักฐานใช้ในปัจจุบันสำหรับตรวจหา LFPs บนพื้นผิววัสดุที่เป็นโลหะ โดยจำนวนขั้นตอน เวลา เครื่องมือ และสารที่ต้องใช้ในการตรวจหา LFPs ด้วยวิธีการปิดผงฝุ่นดำ การอบชุบเปอร์กลูรวมกับการปิดผงฝุ่นดำ การอบชุบเปอร์กลูและฉายแสงโพลิไลท์ การอบชุบเปอร์กลูรวมกับการย้อมสี R6G และการเคลือบด้วยไฟฟ้า สรุปไว้ดังแสดงในตารางที่ 1

รอยลายนิ้วมือที่ปรากฏขึ้นภายหลังจากการตรวจหาด้วยวิธี



การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า
(ด้วยเครื่องที่พัฒนาขึ้น)

การปิดผงฝุ่นดำ

การอบชุบเปอร์กลู
รวมกับการปิดผงฝุ่นดำ

การอบชุบเปอร์กลู
และฉายแสงโพลิไลท์

การอบชุบเปอร์กลู
รวมกับการย้อมสี

R6G

รูปที่ 2 ตัวอย่างภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏขึ้นหลังจากการตรวจหาโดยใช้วิธีการปิดผงฝุ่นดำ การอบชุบเปอร์กลูรวมกับการปิดผงฝุ่นดำ การอบชุบเปอร์กลูและฉายแสงโพลิไลท์ การอบชุบเปอร์กลูรวมกับการย้อมสี R6G และการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยใช้เครื่องที่พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 1 สรุปขั้นตอน เวลา เครื่องมือ และสารที่ต้องใช้ในการตรวจหา LFPs ด้วยวิธีการอบชุบเปอร์กลู ร่วมกับการปิดผงฝุ่นดำ การอบชุบเปอร์กลูและฉายแสงโพสิไลท์ การอบชุบเปอร์กลูร่วมกับการย้อมสีR6G และการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยใช้เครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้น

วิธีการ	ขั้นตอน	เวลาที่ใช้ในการตรวจหา LFPs (นาที)	เครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้	สารที่จำเป็นต้องใช้
อบชุบเปอร์กลูร่วมกับการปิดผงฝุ่นดำ	อบชุบเปอร์กลู ปิดผงฝุ่น และลอกเทป	31	ตู้อบชุบเปอร์กลู และ แปรงปิดผงฝุ่น	Cyanoacrylate ผงฝุ่นดำ
อบชุบเปอร์กลูและฉายแสงโพสิไลท์	อบชุบเปอร์กลู ฉายแสงโพสิไลท์ และถ่ายภาพ	40	ตู้อบชุบเปอร์กลู และ เครื่องโพสิไลท์	Cyanoacrylate
อบชุบเปอร์กลูร่วมกับการย้อมสีR6G	อบชุบเปอร์กลู หยดสาร Rhodamine 6G ล้างด้วยน้ำ DI ที่ไว้ในตู้ดูดควัน ฉายแสงโพสิไลท์ และถ่ายภาพ	60	ตู้อบชุบเปอร์กลู ตู้ดูดควัน และ เครื่องโพสิไลท์	Cyanoacrylate Rhodamine Crystal Isopropanol Methyl Ethyl Ketone
การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (วิธีการที่คิดค้นขึ้นโดยใช้เครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้น)	จุ่มแซ่วัตถุพยานในสารละลายถ่ายภาพ	2	เครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงที่ประดิษฐ์ขึ้น	สารละลายอิเล็กโทรไลต์



ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏหลังจากการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยใช้เครื่องที่พัฒนาขึ้น



ภาพรอยลายนิ้วมือในโหมดสีแบบ grayscale



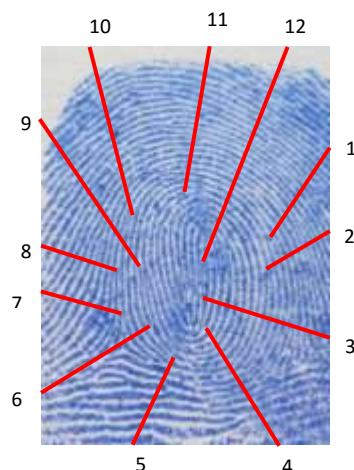
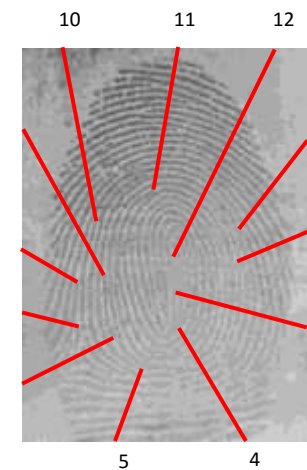
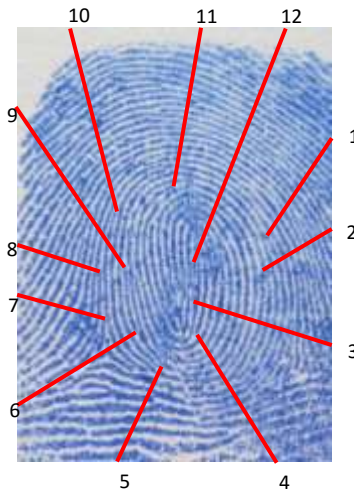
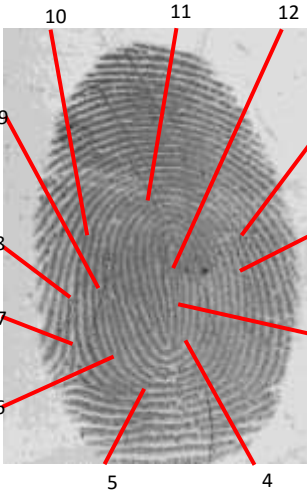
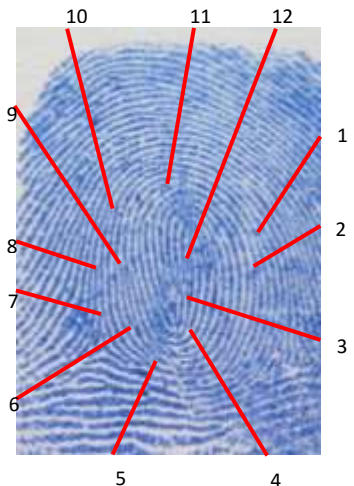
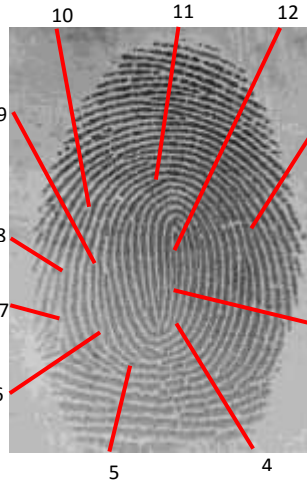
ภาพรอยลายนิ้วมือหลังจากปรับให้เป็นสีตรงกันข้าม

รูปที่ 3 การเปลี่ยนสีภาพถ่ายโดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CC สำหรับการชี้จุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุดตำหนิ

ลายนิ้วมือที่ปรากฏหลังการชุบโลหะ
ด้วยไฟฟ้าเป็นเวลา 2 นาที



ภาพถ่ายหลังปรับสีและกลับขาว-ดำ เปรียบเทียบการชี้จุด
ลักษณะสำคัญพิเศษกับภาพลายนิ้วมือตัวอย่าง



รูปที่ 4 ตัวอย่างรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏขึ้นบนแผ่นวัสดุต่างๆ และผลการชี้จุดลักษณะสำคัญพิเศษ
โดย พ.ต.อ.หญิง สุรินทร์ ชมเสาร์หัด

นอกจากนั้นยังได้นำภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏขึ้นภายหลังการตรวจหาโดยใช้เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น มาชี้จุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุดตำหนิ (special characteristic of minutiae) ซึ่งใช้ยืนยันอัตลักษณ์บุคคลได้ โดย พ.ต.อ.หญิง สุรินทร์ ชมเสาร์หัท นักวิทยาศาสตร์ (สบ 4) กลุ่มงานตรวจลายนิ้วมือแฝง กองพิสูจน์หลักฐานกลาง เนื่องจากการตรวจหา LFPs โดยวิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า นั้น เป็นการเคลือบอะตอมของโลหะบนพื้นผิวของวัตถุพยานบริเวณที่ปราศจากคราบเหงื่อ/คราบไขมันจากต่อมเหงื่อและต่อมไขมันที่อยู่บนเส้นขนของลายนิ้วมือ ซึ่งก็คือบริเวณที่ไม่มี LFPs ประทับอยู่นั่นเอง ดังนั้นภายหลังการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า จึงเห็นรอยลายนิ้วมือปรากฏขึ้นอย่างชัดเจน และสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่รอยลายนิ้วมือที่ปรากฏขึ้นมานี้ส่วนที่มีสีดำจะเป็นส่วนของเส้นร่อง ดังนั้นจึงต้องทำการเปลี่ยนให้ส่วนที่มีสีดำเป็นส่วนของเส้นขนแทน (เช่นเดียวกับวิธีการหา LFPs ด้วยวิธีการอื่นๆ ที่กองพิสูจน์หลักฐานใช้อยู่ในปัจจุบัน) โดยนำภาพถ่ายของรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏขึ้น มาให้สีในโทนเทา (grayscale) และทำการปรับภาพให้บริเวณที่มีสีขาวเป็นสีดำและบริเวณที่มีสีดำเป็นสีขาวด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CC ก็จะได้ภาพรอยลายนิ้วมือที่ลายเส้นสีดำคือเส้นขน และลายเส้นสีขาวคือส่วนของเส้นร่องของลายนิ้วมือ (ดังแสดงในรูปที่ 3) หลังจากนั้นจึงนำภาพที่ผ่านการปรับภาพขาว-ดำแล้ว ไปชี้จุดลักษณะสำคัญพิเศษ รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายผลการชี้จุดลักษณะสำคัญพิเศษ พบว่าทุกภาพสามารถชี้จุดลักษณะสำคัญพิเศษได้อย่างน้อย 12 จุด ซึ่งเป็นจำนวนจุดที่ยอมรับในระดับสากลให้เป็นพยานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในชั้นศาลได้ (สำหรับศาลไทยใช้ 10 จุด) ดังนั้นจึงพิสูจน์ให้เห็นว่าการตรวจหา LFPs บนวัตถุพยานที่เป็นโลหะโดยอาศัยเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น สามารถตรวจหา LFPs บนพื้นผิววัสดุโลหะหรือวัสดุตัวนำไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้เป็นพยานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในชั้นศาลเพื่อสืบหาตัวผู้กระทำผิดต่อไปได้

ดังนั้นจุดมุ่งหมายของโครงการวิจัยนี้ คือ การสร้างเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะสำหรับงานพิสูจน์หลักฐานอาชญากรรม ใน 2 รูปแบบ คือ 1) แบบตั้งโต๊ะสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ และ 2) แบบพกพา สำหรับให้เจ้าหน้าที่ตรวจพิสูจน์หลักฐานนำไปใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือบนวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ ให้เพียงพอต่อความต้องการของสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจทั่วทั้งประเทศไทย ซึ่งเป็นการต่อยอดผลสัมฤทธิ์ที่ได้รับจากโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะ” ที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558 ในกลุ่มเรื่อง ความมั่นคงและปัญหาชายแดนใต้ เกิดเป็นนวัตกรรมไทยที่คิดค้นโดยคนไทยเพื่อพัฒนาสังคมไทย โดยคณะผู้วิจัยได้สอบถามไปยังหน่วยตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงทุกศูนย์พิสูจน์หลักฐานของสำนักงานตรวจพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (รูปที่ 5) พบว่าจำนวนความต้องการเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะสำหรับงานพิสูจน์หลักฐานอาชญากรรมในแต่ละหน่วยงานแสดงดังตารางที่ 2 ประกอบด้วยเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะแบบตั้งโต๊ะสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ จำนวน 80 เครื่อง และเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะแบบพกพา จำนวน 119 เครื่อง ซึ่งหากมีวิธีการตรวจหา LFPs ที่มีประสิทธิภาพ สามารถจับกุมผู้ก่อการร้ายโดยเฉพาะใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ รวมถึงผู้ก่ออาชญากรรมอื่นๆ มารับโทษได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วแล้ว จะก่อให้เกิดความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน นำมาซึ่งสันติสุข ประชาชนเกิดความเชื่อมั่นและมีทัศนคติที่ดีต่อหน่วยงานภาครัฐ



ด่วนที่สุด บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ พชก.

โทร. ๐๒-๒๐๕-๑๗๕๙

ที่ ๐๐๓๒.๒๓๓ / ๕๕๗

วันที่ ๒๙ มิถุนายน ๒๕๕๙

เรื่อง สอบถามความต้องการจำนวนเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง

เรียน ผบก.ศพฐ.๒, ๓, ๕ และ ๑๐

รอง ผบก.ศพฐ. ๓, ๔, และ ๖-๙

ด้วย พชก. ได้ร่วมมือกับภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดย ผศ.ดร.เชมฤทัย ตามะพัฒน์ ในการประดิษฐ์ “นวัตกรรมเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง” โดยการนำเอาวิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (Electrodeposition) ที่อาศัยหลักการของเซลล์ไฟฟ้าเคมี ประเภทเซลล์อิเล็กโทรไลต์ มาประยุกต์ใช้ในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นโลหะ เช่น ปลอกกระสุนปืน เป็นต้น โดยได้รับทุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ในการทำการวิจัย ทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสม จนประดิษฐ์เครื่องมือขึ้นมาใน ๒ รูปแบบ คือ แบบตั้งโต๊ะ และแบบพกพาไปในสถานที่เกิดเหตุได้ เพื่อให้ พชก., ศพฐ. ๑-๑๐ และ พชจ. ในพื้นที่สามารถนำไปใช้งานได้ และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝง จากวัตถุพยานที่มีพื้นผิวเป็นโลหะ โดยขณะนี้ได้ผลิตเครื่องมือดังกล่าวมาเป็นตัวอย่างอย่างละชุด และทดสอบการใช้งานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

พชก. จึงขอให้ท่านสอบถามความต้องการของหน่วยตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงในสังกัด เช่น กสก.พชจ. ว่าต้องการหน่วยละเท่าใดตามบัญชีแนบท้าย เพื่อจะได้ประสานไปยัง ผศ.ดร.เชมฤทัย ตามะพัฒน์ เสนอของบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๐ ในการสร้างเครื่องมือ ดังกล่าว แจกจ่ายไปยัง ศพฐ. ๑-๑๐ และ พชจ. ทั้งนี้ได้แนบภาพถ่ายเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง ทั้งแบบตั้งโต๊ะและแบบพกพา รวมทั้งหนังสือสอบถามจำนวนความต้องการ มาพร้อมหนังสือฉบับนี้แล้ว และจะมีการจัดฝึกอบรมการใช้เครื่องมือ ให้ทราบในภายหลัง

จึงเรียนมาเพื่อขอทราบจำนวนความต้องการเครื่องมือ ทั้งในส่วนแบบตั้งโต๊ะและพกพา โดยแจ้งความต้องการมายัง พ.ต.ท.หญิง สิริประภา รัตติคุณ นวท.(สบ๓)กสก.พชก. ทางโทรศัพท์ ๐๘๖-๕๑๒-๕๔๖๓ หรือทางอีเมล ที่ au.rattanyu@gmail.com ภายใน วันที่ ๓๐ มิ.ย. ๒๕๕๙

พล.ต.ต.

(วิชาชัย เมฆประเสริฐสุข)

ผบก.พชก.

รูปที่ 5 บันทึกข้อความสอบถามความต้องการจำนวนเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงสำหรับใช้ในหน่วยงาน
สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ

ตารางที่ 2 สรุปจำนวนความต้องการเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะแบบตั้งโต๊ะ สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ และแบบพกพาสำหรับให้เจ้าหน้าที่ตรวจพิสูจน์หลักฐานนำไปใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือบนวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ ของศูนย์พิสูจน์หลักฐานต่างๆ ทั่วประเทศ

หน่วยงาน	จำนวนความต้องการ (เครื่อง)	
	แบบตั้งโต๊ะ	แบบพกพา
กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	-	4
ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 1 (ครอบคลุม 9 จังหวัด)	10	12
ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 2 (ครอบคลุม 8 จังหวัด)	8	14
ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 3 (ครอบคลุม 8 จังหวัด)	9	10
ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4 (ครอบคลุม 12 จังหวัด)	12	13
ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 5 (ครอบคลุม 8 จังหวัด)	8	11
ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 6 (ครอบคลุม 9 จังหวัด)	9	10
ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 (ครอบคลุม 8 จังหวัด)	9	18
ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 8 (ครอบคลุม 7 จังหวัด)	7	8
ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 9 (ครอบคลุม 4 จังหวัด)	5	10
ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 10 (ครอบคลุม 3 จังหวัด)	3	9
รวม	80	119

7. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อสร้างเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะแบบตั้งโต๊ะสำหรับใช้ใน ห้องปฏิบัติการ และแบบพกพาสำหรับให้เจ้าหน้าที่ตรวจพิสูจน์หลักฐานนำไปใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือบนวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ ให้กับกองพิสูจน์หลักฐานกลางและศูนย์พิสูจน์หลักฐานทั้ง 10 ศูนย์ ทั่วประเทศ
- 2) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้ให้แก่เจ้าหน้าที่กลุ่มงานตรวจสถานที่เกิดเหตุ กองพิสูจน์หลักฐานกลางและศูนย์พิสูจน์หลักฐานทั้ง 10 ศูนย์

8. ขอบเขตของการวิจัย

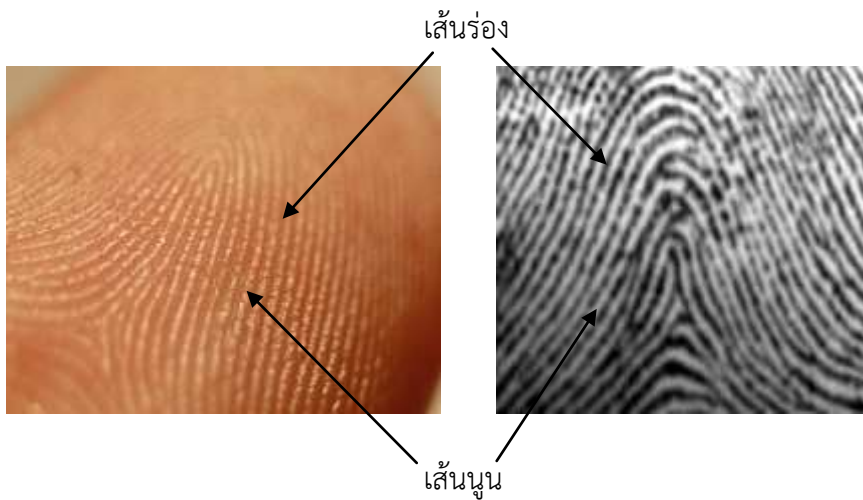
- 1) จัดหาวัสดุอุปกรณ์และสร้างเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะแบบตั้งโต๊ะสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการจำนวน 80 เครื่อง และเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะแบบพกพาสำหรับใช้ในสถานที่เกิดเหตุ จำนวน 119 เครื่อง
- 2) ถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับตัวแทนเจ้าหน้าที่ตรวจพิสูจน์หลักฐานของกองพิสูจน์หลักฐานกลางและศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 1-10 เพื่อให้สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดต่อและสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในการสร้างเครื่องมือได้ด้วยตนเอง

9. ทฤษฎี สมมติฐานและ/หรือกรอบแนวความคิดของการวิจัย

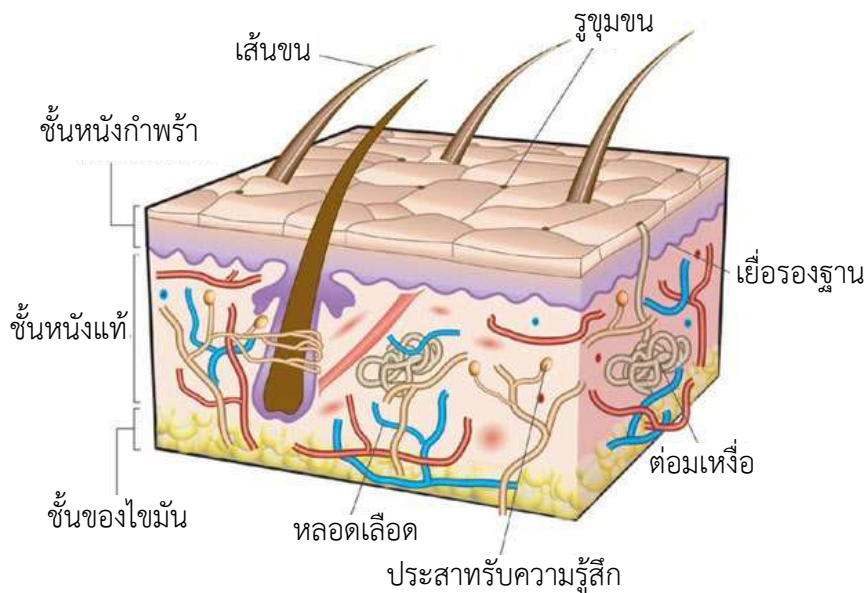
9.1 ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

9.1.1 ลายนิ้วมือ

ลายนิ้วมือ คือ ส่วนที่เป็นสันนูนขึ้นมาตรงบริเวณผิวหนังส่วนนอกสุดของมือและเท้าของคนและสัตว์บางชนิด โดยส่วนที่เป็นสันนูนจะเชื่อมกันเป็นแนวยาวจึงมองเห็นเป็นลายเส้น รูปที่ 6 แสดงเส้นนูน (ridge) และเส้นร่อง (furrow) ที่อยู่บนนิ้วมือ ซึ่งแต่ละคนจะมีรูปแบบและขนาดแตกต่างกันไป ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบตลอดชีวิต แต่ขนาดจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเจริญเติบโต ทำให้เส้นลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวแม้แต่ฝาแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน (identical twins) ก็มีลายนิ้วมือที่ต่างกันได้ ดังนั้นลายนิ้วมือจึงถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์เพื่อช่วยวินิจฉัยโรคทางพันธุกรรม และในด้านนิติวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล



รูปที่ 6 เส้นนูนและเส้นร่องบนนิ้วมือและบนภาพลายพิมพ์นิ้วมือ [9-10]



รูปที่ 7 โครงสร้างชั้นผิวหนัง [11]

การเกิดลายนิ้วมือบนผิวหนังจะเกิดหลังปฏิสนธิ 10 สัปดาห์ โดยผิวหนังของทารกจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ชั้นหนังแท้ (dermis หรือ corium) และชั้นหนังกำพวด (epidermis) (รูปที่ 7) เส้นขนและเส้นร่อนนี้จะปรากฏอยู่ถึงบริเวณชั้นหนังแท้ ซึ่งภายในทั้งหมดเป็นโครงสร้างที่ใช้ในการพิจารณาคุณลักษณะของรูปแบบลายนิ้วมือ และเป็นส่วนที่สัมผัสกับวัสดุช่วยในการจับวัสดุสิ่งของไม่ให้ลื่นหลุด บนเส้นขนมีรูเล็กๆ ซึ่งเป็นรูให้เหงื่อไหลซึม เมื่อนิ้วใดนิ้วหนึ่งจับต้องวัสดุ ลายเส้นขนที่ขึ้นด้วยเหงื่อจึงถูกกดลงบนวัสดุ ทำให้เกิดการจำลองแบบลายเส้นบนนิ้วมือติดอยู่บนพื้นผิววัสดุนั้นโดยลักษณะทั่วไปของลายนิ้วมือจำแนกได้ 3 ประเภทหลัก คือ ประเภทโค้ง (arch) ประเภทมัดหวาย (loop) และประเภทก้นหอย (whorl) [12-15]

รอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุเป็นพยานหลักฐานที่แสดงว่าบุคคลที่เป็นเจ้าของลายนิ้วมือได้เข้าไปในสถานที่เกิดเหตุหรือได้สัมผัสกับวัสดุที่ตรวจพบรอยลายนิ้วมือ ดังนั้นรอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุจึงเป็นพยานวัตถุที่มีค่ามากสำหรับการสืบสวนในคดีอาชญากรรม โดยรอยลายนิ้วมือที่พบในสถานที่เกิดเหตุมี 2 ประเภท คือ

1) รอยลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า รอยลายนิ้วมือแบบ 2 มิติ มักเกิดจากการประทับของนิ้วมือที่ปนเปื้อนฝุ่นเลือดน้ำมันสี แล้วไปสัมผัสกับวัสดุทำให้เกิดเป็นรอยลายนิ้วมือ และรอยลายนิ้วมือแบบ 3 มิติ มักเกิดจากการรอยประทับบนวัสดุผิวนิ่ม เช่น ดินน้ำมัน ขนมหหรือช็อกโกแลต ปูนที่ยังไม่แห้ง ดังแสดงในรูปที่ 8



รอยลายนิ้วมือที่เปื้อนเลือดบนแก้ว



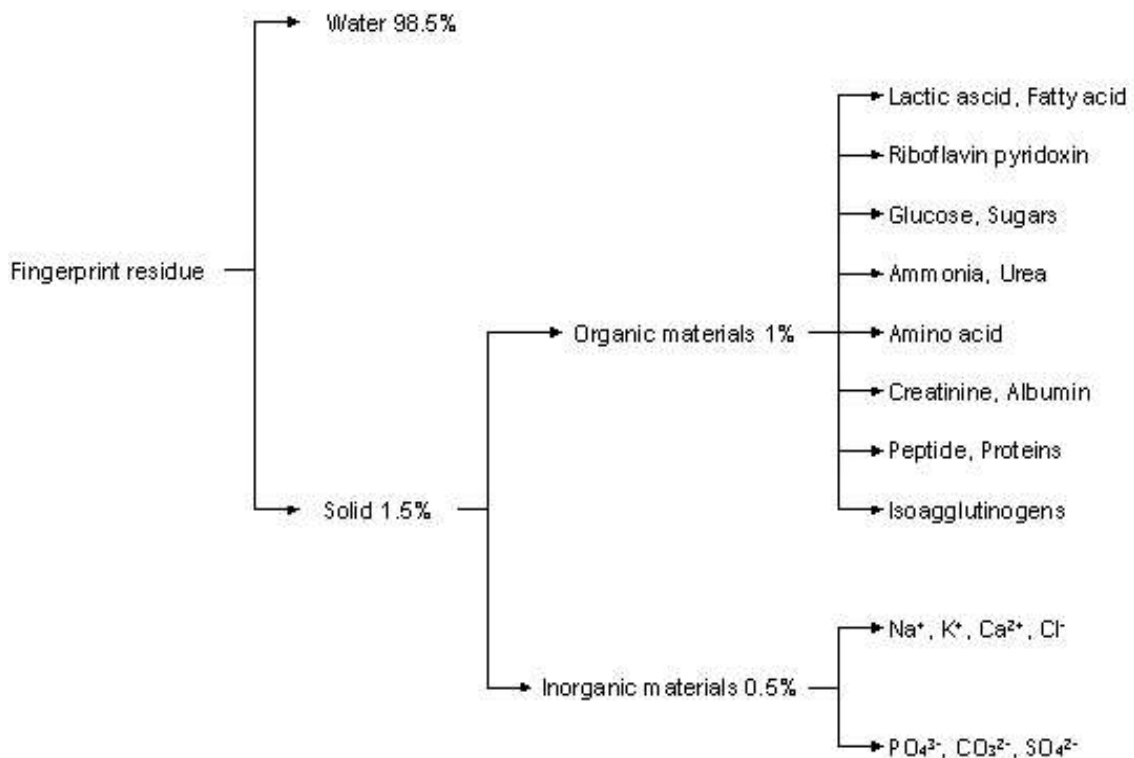
รอยลายนิ้วมือบนดินน้ำมัน



รอยลายนิ้วมือบนขนมห

รูปที่ 8 รอยลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า [16]

2) รอยลายนิ้วมือแฝง เป็นรอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นหรือมองเห็นด้วยตาเปล่าไม่ชัดเจน เกิดจากเหงื่อที่ขับออกทางต่อมเหงื่อบนเส้นขนของลายนิ้วมือ ถ้ามือสัมผัสวัสดุ สารที่ขับออกมาจะถ่ายเทไปที่ผิวของวัสดุที่นิ้วมือจับต้องอยู่ ทำให้เกิดเป็นรอยลายนิ้วมือ โดยสารที่ขับออกมาจากต่อมเหงื่อจะมีลักษณะเป็นน้ำใสๆ ไม่มีสี ประกอบด้วย เกลือ แคลเซียม แมกนีเซียม กรดอะมิโน (โปรตีน) ยูเรีย และกรดแลคติก เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 9 นอกจากนั้นยังมีไขมันที่ขับออกมาอย่างต่อเนื่องจากชั้นผิวหนัง ปริมาณของสารที่ขับออกมาจากต่อมไขมันนั้นจะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล ขึ้นกับอุณหภูมิและสภาพจิตใจ โดยปริมาณของสารที่ขับออกมาจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงหรือความตึงเครียดของจิตใจสูง ปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการหลังเหงื่อก็คือความชื้นในอากาศ ยิ่งอากาศชื้นมากเท่าใด การระเหยของน้ำก็เป็นไปได้น้อยลงเท่านั้น เหงื่อจะออกมากแต่ก็ระเหยไม่ได้ เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเหงื่อ คือ น้ำ ไขมันเบากว่าน้ำจะลอยอยู่ข้างบนของน้ำ และลดอัตราการระเหยของน้ำ หลังจากน้ำระเหยไปแล้วไขมันจะยังคงปรากฏอยู่ และค่อนข้างเหนียว ส่วนของไขมันที่ติดอยู่บนลายนิ้วมือจะทำให้ลายนิ้วมือแฝงปรากฏอยู่ได้นานขึ้น โดยพื้นผิววัสดุที่เรียบและแห้งจะติดลายนิ้วมือได้ดี [17]



รูปที่ 9 ส่วนประกอบของเหงื่อ [17]

9.1.2 การตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง [13-15, 18]

การตรวจหาLFPs ในปัจจุบันมีหลายวิธี เช่น วิธีการปิดผงฝุ่น วิธีการรมสารไอโอดีน (Iodine fuming) วิธีการแช่สารนินไฮดริน (ninhydrin) วิธีการแช่สารซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) วิธีการชุบเปอร์กลู (cyanoacrylate fuming) วิธีการแช่สารผลึกม่วง (crystal violet) วิธีการใช้อะมิโนแบล็ค (amido black) ผงสติ๊กกี้-ไซด์ (sticky-side powder) และการฉายแสงโพลีไลท์ (polilight) ซึ่งมีรายละเอียดคร่าวๆ ดังต่อไปนี้

1) วิธีการปิดผงฝุ่น

วิธีการปิดผงฝุ่น คือ การทำให้ผงฝุ่นติดที่วัตถุด้วยแปรง และปิดกวาดแปรงเบาๆ ผงฝุ่นที่ติดที่ปลายแปรงจะติดลายนิ้วมือโดยติดที่ความชื้นและไขมันของสารที่ขับถ่ายออกมาทางนิ้วมือ หลังจากนั้นใช้แปรงที่ไม่มีผงฝุ่นปิดเอาผงฝุ่นส่วนเกินออก แล้วใช้เทปกาวลอกเพื่อเก็บรักษารอยลายนิ้วมือไว้



รูปที่ 10 ตัวอย่างรอยลายนิ้วมือที่ได้จากวิธีการปิดผงฝุ่น [19]

รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างรอยลายนิ้วมือที่ได้จากการปิดผงฝุ่น วิธีนี้เป็นวิธีทางฟิสิกส์ เพื่อให้ได้ลายนิ้วมือที่มีสีที่แตกต่างจากวัสดุ เหมาะสำหรับวัสดุไม่มีรูพรุน พื้นผิวเรียบเป็นมัน และไม่เปียก เช่น แก้ว กระจก โลหะ และกระเบื้อง ทั้งนี้จะต้องเลือกใช้ผงฝุ่นที่พอเหมาะกับปริมาณ LFPs และเหมาะสมกับพื้นผิววัสดุ ในบางครั้งอาจผสมผงฝุ่นตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เพื่อให้ LFPs ชัดเจนขึ้น แต่วิธีการปิดผงฝุ่นส่งผลเสียต่อระบบทางเดินหายใจ เพราะผงฝุ่นฟุ้งกระจายในอากาศได้ง่ายและอาจทำลาย LFPs ได้หากใช้ผงฝุ่นมากเกินไปหรือปิดผิดวิธี

2) วิธีการรมสารไอโอดีน

วิธีการรมสารไอโอดีน คือ การนำเกลือไอโอดีนที่มีคุณสมบัติระเหิดเป็นก๊าซได้เมื่อได้รับความร้อนเพียงเล็กน้อย ให้ไอของไอโอดีนไปสัมผัสกับวัสดุที่มี LFPs ติดอยู่ สารไอโอดีนจะไปจับกับไขมันหรือสารที่มีความมันในเหงื่อ ทำให้ LFPs ที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมองเห็นได้ชัดเจนขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 11 วิธีนี้เหมาะกับวัสดุประเภทกึ่งรูพรุน กระจก และพื้นผิววัตถุพยานที่มีความเหนอะหนะ แต่ข้อจำกัดของวิธีนี้ คือ ภายหลังจากตรวจหา LFPs ต้องทำการถ่ายภาพทันที เนื่องจากลายเส้นจะค่อยๆ เลือนหายไป



รูปที่ 11 ตัวอย่างรอยลายนิ้วมือที่ได้จากวิธีการรมควันไอโอดีน [20]

3) วิธีการแช่สารนินไฮดริน

นินไฮดรินมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดสีเหลืองอ่อน เมื่อนำนินไฮดรินไปละลายในอะซิโตนจะทำให้ได้น้ำยานินไฮดริน น้ำยานินไฮดรินนี้จะไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนในเหงื่อ ทำให้ LFPs เปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีม่วงปนน้ำเงินดังแสดงในรูปที่ 12 แล้วตรวจเก็บโดยการถ่ายภาพทันที วิธีนี้เหมาะกับวัสดุประเภทกึ่งรูพรุน วัตถุพยานที่เป็นเอกสารหรือกระจก แต่ต้องคำนึงถึงหมึกพิมพ์ที่อยู่ในเอกสารอาจจะเสียหายได้ วิธีนี้ใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ดังนั้นในการตรวจหา LFPs ควรสวมถุงมือ ใส่หน้ากากอนามัย และทำในตู้ดูดควันเท่านั้น



รูปที่ 12 ตัวอย่างรอยลายนิ้วมือที่ได้จากวิธีการจุ่มแช่ในน้ำยานินไฮดริน [20]

4) วิธีการแช่สารซิลเวอร์ไนเตรท

การแช่สารซิลเวอร์ไนเตรทเป็นวิธีการหาเกลือโซเดียมในสารคัดหลั่งที่ขับออกมาจากนิ้วมือ ซึ่งสารคัดหลั่งเหล่านั้นจะทำปฏิกิริยากับซิลเวอร์ไนเตรทแล้วได้ซิลเวอร์คลอไรด์ที่มีสีขาว จะไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องได้รับการกระตุ้นด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหรือแสงแดด จะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลแดง แล้วตรวจเก็บโดยการถ่ายภาพ แต่ข้อเสียสำหรับวิธีนี้ คือ มีหลายขั้นตอน ทำให้ใช้เวลานาน และอาจทำให้หลักฐานที่ตรวจเสียหายไปจากเดิม เหมาะกับวัสดุประเภทกึ่งรูปพรุน

5) วิธีการอบชุบเปอร์กลู

วิธีการอบชุบเปอร์กลูหรือการใช้ไอระเหยจากกาวที่มีส่วนผสมของสารไซยาโนอะ-ไครเลต (cyanoacrylate) เมื่อ cyanoacrylate ester ได้รับความร้อนจะระเหยเป็นไอที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนและน้ำในเหงื่อ ทำให้รอยลายนิ้วมือเปลี่ยนเป็นสีชาวดังแสดงในรูปที่ 13 หาก LFPs ไม่ชัดเจนอาจทำการตรวจเก็บโดยใช้วิธีปิดด้วยฝุ่นผงเคมีร่วมด้วย วิธีการนี้เหมาะกับวัสดุประเภทกึ่งรูปพรุน และไม่มีรูปพรุน เช่น เครื่องหนัง กระจก แก้ว ผ้า และโลหะต่างๆ ที่มีสีดำหรือสีเข้ม เวลาในการตรวจหา LFPs ขึ้นกับขนาดของวัสดุ และต้องทำในตู้อบเท่านั้น



รูปที่ 13 ตัวอย่างรอยลายนิ้วมือที่ได้จากวิธีการใช้ไอระเหยจากกาว [19]

6) วิธีการแช่สารผลึกม่วง

วิธีการแช่สารผลึกม่วงเหมาะสมกับการหา LFPs บนเทปใสหรือเทปพันสายไฟในส่วนด้านที่มีกาว โดยแช่เทปในสารเคมีจนกระทั่ง LFPs ปรากฏแล้วล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างสีส่วนที่เกินออกไป จากนั้นจึงนำเทปไปวางบนด้านมันของกระดาษอัดรูปที่ยังไม่ได้รับแสงซึ่งเปียกหมาดๆ แล้วรีดด้วยความร้อนอ่อนๆ และค่อยๆ ดึงเทปออก รอยลายนิ้วมือที่ปรากฏจะมีสีม่วงดังแสดงในรูปที่ 14 วิธีการนี้ต้องใช้ต้นทุนสูงในการสั่งสารเคมีจากต่างประเทศ และใช้หารอยลายนิ้วมือได้เฉพาะด้านที่เหนียวของเทปเท่านั้น



รูปที่ 14 ตัวอย่างรอยลายนิ้วมือที่ได้จากวิธีการแช่สารผลึกม่วง [21]

7) วิธีการใช้อะมิโนแบล็ค

อะมิโนแบล็คเป็นสีย้อมโปรตีนที่อยู่ในเลือดให้เป็นสีน้ำเงินเข้ม amido black จะไม่ทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบในลายนิ้วมือ วิธีนี้สามารถใช้ได้บนวัสดุพื้นผิวรูพรุนและไม่มีรูพรุนที่เปื้อนเลือด ทำให้ลายนิ้วมือที่เปื้อนเลือดแม้จะมองไม่เห็นก็ทำให้ปรากฏเห็นชัดเจนขึ้น วิธีนี้ต้องใช้ต้นทุนสูงในการสังเคราะห์จากต่างประเทศ และใช้ได้เฉพาะวัสดุที่เปื้อนคราบเลือดเท่านั้น

8) วิธีการใช้ผงสติกกี้-ไซด์

ผงสติกกี้-ไซด์ใช้สำหรับทำลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนียวของเทปเท่านั้น โดยใช้ผงสติกกี้-ไซด์ผสมกับน้ำและสารเคมี Photo-Flo ในปริมาณที่เท่ากัน ใช้แปรงทาบนด้านเหนียวของเทปใสทิ้งไว้ 10-15 วินาที แล้วล้างส่วนเกินออกด้วยน้ำสะอาด จากนั้นทำการถ่ายภาพทันที รูปที่ 15 แสดงภาพถ่ายของรอยลายนิ้วมือที่ได้ วิธีการนี้จะได้เส้นลายนิ้วมือที่ชัดเจนกว่าวิธีการใช้ในสารผลึกม่วง



รูปที่ 15 ตัวอย่างรอยลายนิ้วมือที่ได้จากการใช้ผงสติกกี้-ไซด์ [22]

9) การฉายแสงโพลิไลท์

เครื่องโพลิไลท์เป็นเครื่องมือที่มีน้ำหนักเบา สามารถให้แสงได้หลายสีตั้งแต่ความยาวคลื่น 300-680 nm ภายในเครื่องมือมีฟิลเตอร์ที่กรองแสงขาวให้เป็นแสงสีต่างๆ ตามความต้องการ ซึ่งแต่ละสีของแสงจะเหมาะกับการหา LFPs บนวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวแตกต่างกัน นิยมใช้ตรวจหา LFPs บนคราบโลหิต คราบอสุจิ รอยร่องเท้า และเอกสารต่างๆ หาก LFPs ถูกทิ้งไว้เป็นเวลานานจะไม่สามารถใช้วิธีนี้ได้

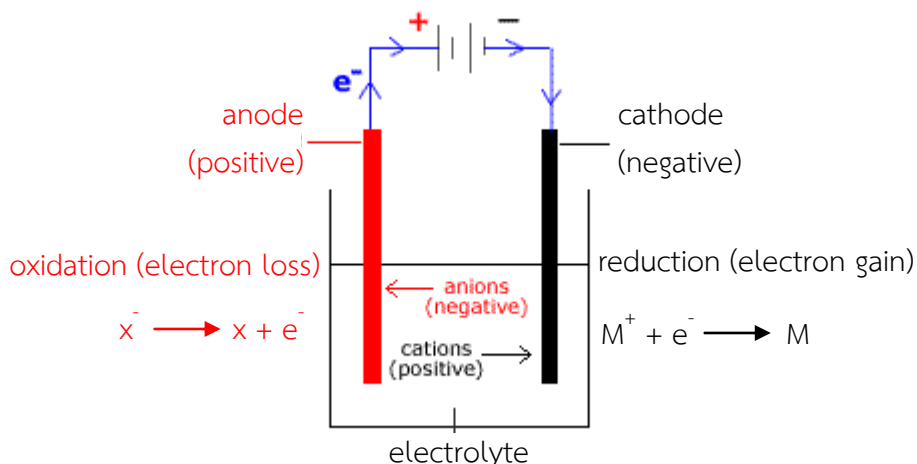
9.1.3 เซลล์ไฟฟ้าเคมี

ในเซลล์ไฟฟ้าเคมี 1 เซลล์ ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าอย่างน้อย 2 ขั้ว จุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งอาจเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์เดียวกันหรือต่างกันได้ ขั้วไฟฟ้า 1 ขั้วในสารละลายอิเล็กโทรไลต์เป็นเพียงครึ่งเซลล์ (half-cell) ของเซลล์ไฟฟ้าเคมี แต่ละครึ่งเซลล์ต้องเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox reaction) ซึ่งก็คือปฏิกิริยารับหรือคายอิเล็กตรอนในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยมีขั้วไฟฟ้าเป็นตัวนำในการรับหรือส่งอิเล็กตรอนนั้น โดยครึ่งเซลล์ที่มีการคายอิเล็กตรอนหรือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ขึ้น เรียกว่า ขั้วแอโนด (anode) และขั้วไฟฟ้าของอีกครึ่งเซลล์ที่มีการรับอิเล็กตรอนหรือเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (reduction reaction) เรียกว่า ขั้วแคโทด (cathode) โดยเซลล์ไฟฟ้าเคมีแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามหน้าที่ของเซลล์ คือ เซลล์กัลวานิก (galvanic cell) หรือเซลล์โวลตาอิก (voltaic cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ให้พลังงานไฟฟ้าด้วยปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้น และเซลล์อิเล็กโทรลิติกหรือเซลล์อิเล็กโทรไลต์ (electrolytic cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอกในการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ปกติเกิดขึ้นเองไม่ได้ เซลล์ไฟฟ้าเคมีหนึ่งๆ อาจทำหน้าที่เป็นเซลล์กัลวานิกหรือเซลล์อิเล็กโทรไลต์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่าวงจรของเซลล์นั้นต้องการใช้แหล่งของพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกหรือไม่ [23] ในโครงการวิจัยนี้จะนำหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์มาใช้ในการตรวจหา LFPs บนพยานวัตถุที่มีโลหะ

เป็นส่วนประกอบ (สามารถนำไฟฟ้าได้) ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะรายละเอียดของเซลล์อิเล็กโทรไลต์เท่านั้น

1) เซลล์อิเล็กโทรไลต์

เซลล์อิเล็กโทรไลต์เป็นเซลล์ที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำให้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเองไม่ได้เกิดขึ้น กระบวนการผ่านกระแสไฟฟ้าภายนอกลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เรียกว่า อิเล็กโทรลิซิส (electrolysis) โดยกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปต้องมีศักย์ไฟฟ้ามากกว่าค่า E_{cell}^0 ของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองไม่ได้ ส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ต่ออยู่กับแหล่งให้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอก ขั้วไฟฟ้าทั้งสองจุ่มในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ชนิดเดียวกัน เมื่อผ่านกระแสไฟฟาลงในสารละลาย การเคลื่อนที่ของไอออนทำให้เกิดการนำไฟฟ้าในสารละลายขึ้น โดยไอออนบวกจะเคลื่อนที่ไปที่ขั้วแคโทดเพื่อรับอิเล็กตรอน ส่วนไอออนลบจะเคลื่อนที่ไปยังขั้วแอโนดเพื่อให้อิเล็กตรอน ดังแสดงในรูปที่ 16 การดำเนินไปของปฏิกิริยาไม่ต่อเนื่องสม่ำเสมอ ขึ้นกับพลังงานไฟฟ้าในรูปของศักย์ที่ได้รับ [23] การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ขั้วไฟฟ้าจะทำให้ได้ผลผลิตต่างๆ กัน ขึ้นกับชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์



รูปที่ 16 เซลล์อิเล็กโทรไลต์

การเกิดปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าเท่านั้น โดยไอออนจากสารละลายอิเล็กโทรไลต์ต้องมีการเคลื่อนย้ายหรือถูกนำพามาถึงผิวหน้าของขั้วไฟฟ้า ก่อนที่จะเกิดกระบวนการส่งผ่านประจุหรืออิเล็กตรอนข้ามรอยต่อระหว่างสารละลายกับผิวหน้าของขั้วไฟฟ้า

2) การนำพาไอออนในสารละลาย [23]

ไอออนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในสารละลายถูกพาไปยังผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าได้ด้วยกลไก 3 กลไก คือ ไมเกรชัน (migration) การแพร่ (diffusion) และคอนเวกชันหรือการพา (convection) กระบวนการนำพาไอออนทั้ง 3 กระบวนการนี้ เกิดขึ้นกับทั้งขั้วแอโนดและแคโทด โดยไมเกรชันเป็นการเคลื่อนที่ของไอออนภายใต้อิทธิพลของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในสารละลายนั้น โดยไอออนบวกเคลื่อนเข้าหาขั้วลบ และไอออนลบเคลื่อนไปทางขั้วบวก ดังรูปที่ 16 ความเร็วของการเคลื่อนที่ของไอออนเข้าหาหรือออกจากผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามแต่ศักย์ที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้านั้น ซึ่งมีผลทำให้การไหลของกระแสในวงจรของเซลล์เพิ่มหรือลดตามไปด้วย นอกจากนี้ถ้ามีไอออนอื่นที่มีประจุชนิดเดียวกับไอออนที่ต้องการอยู่ในสารละลายด้วย จะเกิดการแย่งกันเคลื่อนที่แบบไมเกรชัน ทำให้การไหลของกระแสในวงจรอันเนื่องมาจากไอออนที่ต้องการลดลงไปด้วย สำหรับการแพร่เป็นการเคลื่อนที่ของไอออนหรือโมเลกุลในสารละลายจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า จนกว่าจะไม่เกิดความแตกต่างของความ

เข้มข้น โดยอัตราความเร็วของการแพร่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นที่ต่างกัน และ **คอนเวกชัน** คือ การที่ไอออนในสารละลายถูกพาเข้าหาหรือออกจากผิวหน้าขั้วไฟฟ้า อันเป็นผลจากความแตกต่างของอุณหภูมิ หรือความหนาแน่นของสารละลายหรือเนื่องจากกลไกภายนอก กลไกการนำพาไอออนจากสารละลายเข้าหรือออกจากผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทั้ง 3 รูปแบบ สามารถเกิดขึ้นเองกับไอออนในสารละลายหรือถูกกำหนดให้เป็นไปตามรูปแบบที่ต้องการ

3) กระบวนการที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้า [23]

ไม่ว่าไอออนในสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะเคลื่อนที่มายังผิวหน้าของโลหะด้วยกระบวนการไมเกรชัน การแพร่ หรือการพา กระบวนการที่เกิดขึ้นตรงผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างขั้วไฟฟ้ากับสารละลายอิเล็กโทรไลต์มี 2 กระบวนการ คือ กระบวนการฟาราเดอิก (faradaic process) หรือ กระบวนการนอนฟาราเดอิก (nonfaradaic process) โดยถ้าไอออนหรือประจุที่ตรงผิวหน้าขั้วไฟฟ้าสามารถข้ามรอยต่อระหว่างสารละลายกับผิวหน้าขั้วไฟฟ้า และมีปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้น ซึ่งเป็นไปตามกฎของฟาราเดอิก จะเรียกกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ว่า กระบวนการฟาราเดอิก แต่ถ้าไอออนหรือประจุที่ถูกพาไปที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้า ถูกดูดซับไว้ที่บริเวณรอยต่อของสารละลายกับขั้วไฟฟ้าเท่านั้น ไม่มีปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้น โดยประจุที่ถูกดูดซับไว้มีการเรียงตัวตรงบริเวณรอยต่อนั้น ในระหว่างเกิดการเรียงตัวมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสหรือศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้น แต่ก็เป็นเพียงชั่วขณะที่การเรียงตัวไม่ยุติ เรียกกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ว่า กระบวนการนอนฟาราเดอิก

สำหรับเซลล์ไฟฟ้าเคมีหนึ่งๆ กระบวนการที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าจะเป็นฟาราเดอิกหรือนอนฟาราเดอิก ขึ้นกับสถานะของการวิเคราะห์ว่ามีอุณหภูมิหรือจลน์ที่เหมาะสมกับการที่จะเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ขึ้นตรงผิวหน้าขั้วไฟฟ้านั้นได้หรือไม่

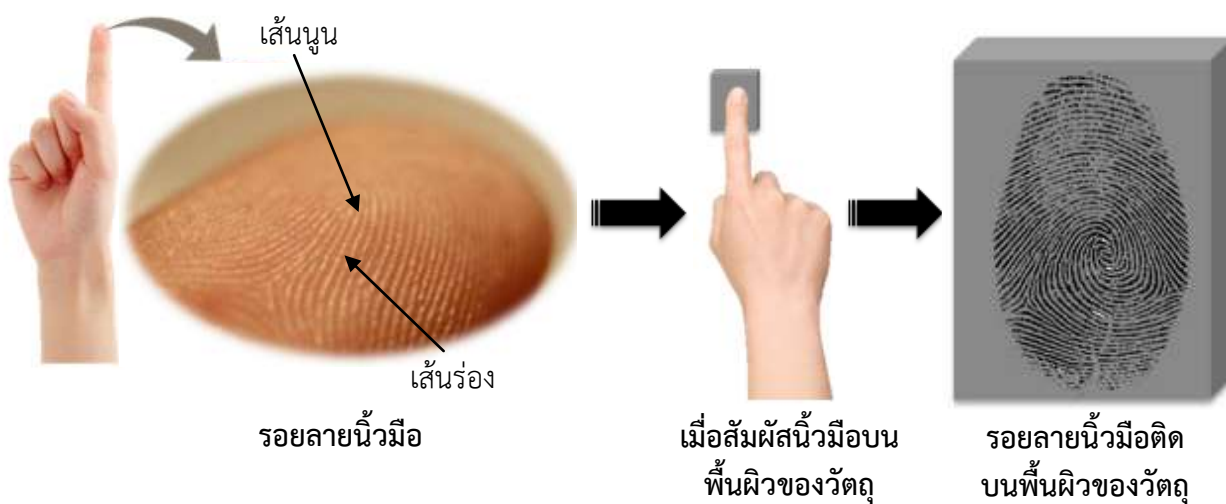
9.1.4 การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า [23-26]

ในด้านการวิเคราะห์เซลล์อิเล็กโทรไลต์ถูกใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารที่ต้องการ โดยเทคนิควิธีการวิเคราะห์แบบต่างๆ เช่น โวลแทมเมตรี (cyclic voltammetry) และอิเล็กโทรแกรวิเมตรี (electrogravimetry) เป็นต้น ในทางการค้ามีการนำเซลล์อิเล็กโทรไลต์มาใช้ประโยชน์ในการชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า การแยกหรือสังเคราะห์โลหะที่ต้องการ เช่น การสังเคราะห์โลหะอะลูมิเนียม การเกาะของโลหะเงินหรือทองบนขั้วไฟฟ้า การชุบผิวของโลหะด้วยไฟฟ้า เป็นต้น ในโครงการวิจัยนี้จะอาศัยวิธีการชุบผิวของโลหะด้วยไฟฟ้ามาใช้ในการตรวจหา LFPs บนโลหะ ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า

การชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้าเป็นวิธีการเคลือบผิวโลหะด้วยโลหะอื่น โดยมีวัตถุประสงค์ต่างๆ กัน เช่น การเคลือบผิวโลหะด้วยทองเพื่อความสวยงาม และการเคลือบผิวเหล็กด้วยดีบุกเพื่อป้องกันการเกิดสนิม เป็นต้น เป็นวิธีที่อาศัยเทคนิคในเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ทำให้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีหรือทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ และค่า E_{cell}^0 ติดลบ ซึ่งการเคลือบด้วยไฟฟ้า ประกอบด้วย **ขั้วไฟฟ้าร่วม** เป็นขั้วที่ทำหน้าที่ส่งผ่านอิเล็กตรอนหรือกระแสไฟฟ้าไปยังขั้วไฟฟ้าทำงาน โดยขั้วไฟฟ้าร่วมจะต่อเข้ากับขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า **ขั้วไฟฟ้าทำงาน** เป็นขั้วไฟฟ้าที่ค่าศักย์ไฟฟ้ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลง โดยโลหะที่ต้องการถูกเคลือบจะทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน และจะต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า และ **สารละลายอิเล็กโทรไลต์** คือ สารที่เป็นของเหลว นำไฟฟ้าได้ เพราะมีไอออนเคลื่อนที่ไปมาอยู่ในสารละลาย โดยสารละลายอิเล็กโทรไลต์ทำหน้าที่ในการส่งผ่านอิเล็กตรอนจากขั้วไฟฟ้าทำงานไปยังขั้วไฟฟ้าร่วม หากต้องการเคลือบโลหะด้วยโลหะตัวอย่างชนิดใด จะต้องมีไอออนของโลหะตัวอย่างนั้นอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ด้วย

ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เมื่อการพอกพูนของสารตัวอย่างบนขั้วไฟฟ้าทำงานเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะลดลงเป็นศูนย์หรือมีค่าคงที่ที่น้อยมากแม้ยังมีการให้พลังงานไฟฟ้าแก่เซลล์ ดังนั้นปฏิกิริยาหรือการไหลของกระแสไฟฟ้าย่อมไม่เกิดเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งควรต้องมีการนำโลหะที่ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าทำงานออกจากวงจรก่อนนำแหล่งพลังงานไฟฟ้าออก เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการผกผันของปฏิกิริยา ซึ่งจะทำให้สารตัวอย่างที่จับที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลับละลายไปในสารละลายใหม่ โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อลักษณะการพอกพูนของสารตัวอย่างบนโลหะที่ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน ได้แก่ ความหนาแน่นของกระแสที่เกิดขึ้นระหว่างการวิเคราะห์ โดยทั่วไปพลังงานศักย์ที่ให้กับเซลล์ไม่ควรมากจนทำให้ความหนาแน่นของกระแสมากกว่า 0.1 A/cm^2 การเกิดกระแสมากเกินไปเหมือนเป็นการเร่งการพอกพูนของสารตัวอย่าง ทำให้การเคลือบสารตัวอย่างบนโลหะไม่เรียบ การเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายระหว่างการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า จะช่วยเร่งอัตราการเคลือบได้ ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะและสภาวะการเกิดปฏิกิริยาของแต่ละสารตัวอย่างด้วย

9.2 แนวความคิดของการวิจัย

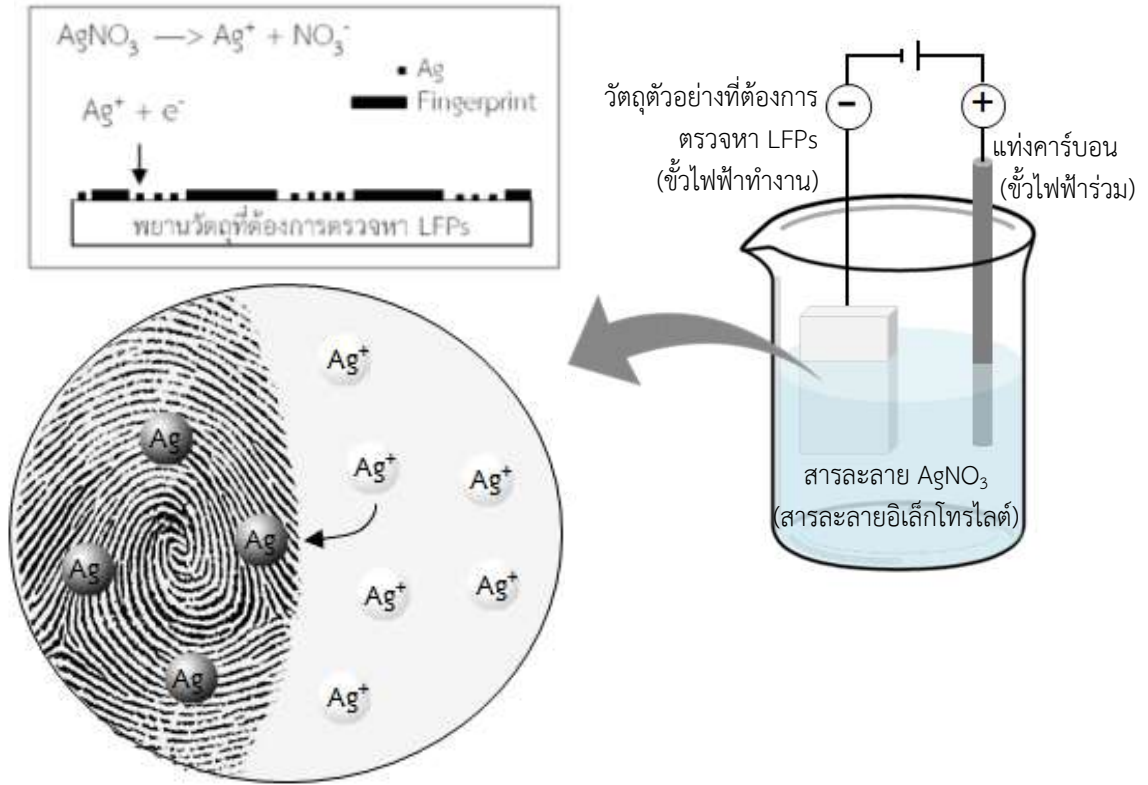


รูปที่ 17 การติดของลายนิ้วมือบนพื้นผิวของวัตถุ: รอยลายนิ้วมือบนวัตถุเกิดจากการกดทับของเส้นนูน ส่วนที่เป็นเส้นนูนจะติดบนพื้นผิวของวัตถุ แต่ส่วนที่เป็นเส้นร่องจะไม่ติดบนพื้นผิวของวัตถุ ทำให้เกิดเป็นรูปแบบของรอยลายนิ้วมือ

จากหัวข้อที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าเมื่อนิ้วมือไปสัมผัสกับพื้นผิวของวัตถุที่เป็นโลหะ เช่น ปลอกกระสุนปืน ปืน และอาวุธต่างๆ สารคัดหลั่งจากต่อมเหงื่อ (eccrine gland) และต่อมไขมัน (sebaceous gland) ที่อยู่บนเส้นนูนของลายนิ้วมือจะติดบนพื้นผิวของวัตถุ โดยส่วนที่เป็นเส้นร่องจะไม่ติดบนพื้นผิวของวัตถุ ดังแสดงในรูปที่ 17 ดังนั้นเมื่อพิจารณารูปแบบของรอยลายนิ้วมือที่ติดบนพื้นผิวของวัตถุในรูปที่ 17 พบว่าส่วนที่เป็นส่วนที่เป็นเส้นร่องคือส่วนที่เป็นพื้นผิวของวัตถุนั่นเอง

เนื่องจากองค์ประกอบของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่างๆ ที่อยู่ในเหงื่อ เช่น น้ำ เกลือ กรดอะมิโน แคลเซียม แมกนีเซียม และกรดแลคติก เป็นสารที่มีลักษณะใสไม่มีสี ดังนั้นจึงไม่สามารถมองเห็นรอยลายนิ้วมือบนพื้นผิวของวัตถุได้ด้วยตาเปล่าหรือเห็นไม่ชัดเจน คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำหลักการของวิธีการชุบเคลือบโลหะด้วยไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการตรวจหา LFPs โดยติดตั้งชุดการทดลองดังแสดงในรูปที่ 18 ซึ่งชุดการทดลองจะอยู่ในรูปของเซลล์ไฟฟ้าเคมี ประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้าทำงาน (ขั้วแคโทด) ขั้วไฟฟ้าร่วม (ขั้วแอโนด) และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยจะให้ตัวอย่างวัตถุที่เป็นตัวนำซึ่งมี LFPs ติดอยู่ที่ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน ส่วนขั้วไฟฟ้าร่วมจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านเท่านั้น โดยไม่มีส่วนร่วม

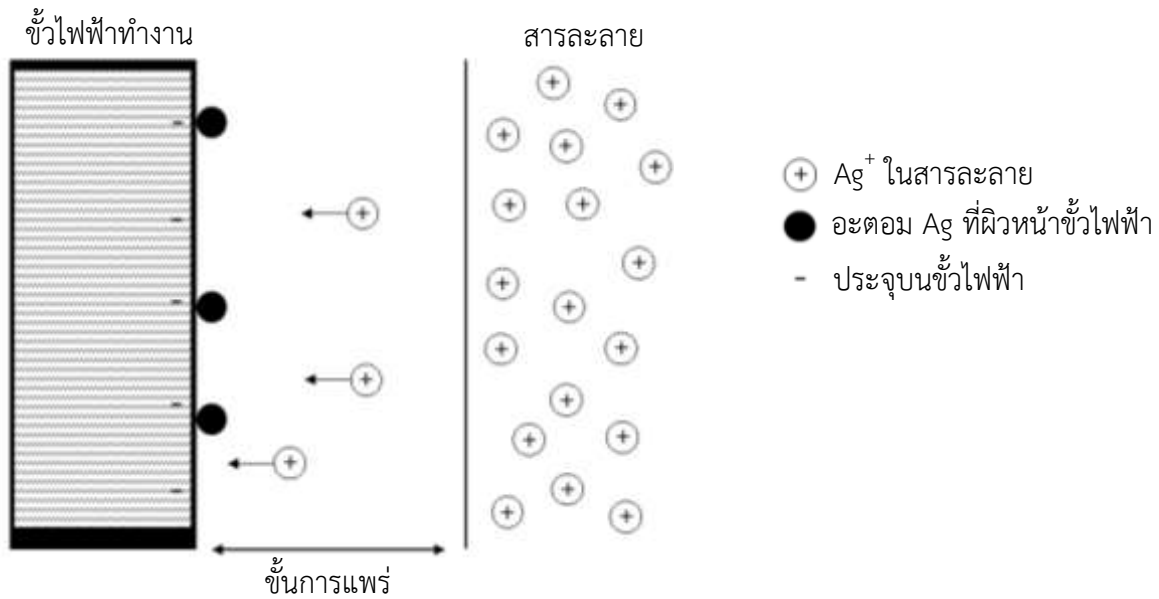
ในการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นจึงเลือกใช้ขั้วไฟฟ้าเฉื่อย (inert electrode) เช่น แพลทินัม (Pt) แกรไฟต์ (C) เป็นต้น [27] สำหรับโครงการวิจัยนี้จะเลือกใช้แกรไฟต์หรือแท่งคาร์บอน เนื่องจากมีราคาถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแพลทินัม ขั้วไฟฟ้าทั้งสองนี้จะต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า และใช้สารละลาย AgNO_3 เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เนื่องจากหาง่าย มีราคาไม่แพง นอกจากนั้นเมื่อ Ag^+ รั่วอิเล็กตรอน จะกลายเป็นโลหะเงิน (Ag^0) ที่มีสีเทา ทำให้อรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏภายหลังจากการชุบด้วยไฟฟ้ามีความชัดเจน



กลไกการเกิดรอยลายนิ้วมือบนวัตถุตัวอย่าง

รูปที่ 18 หลักการตรวจหา LFPs โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

พิจารณารูปที่ 18 ผง AgNO_3 เมื่อละลายในน้ำจะแตกตัวเป็น Ag^+ และ NO_3^- และเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าตรงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับเซลล์ ในสารละลายซึ่งประกอบด้วย Ag^+ ในความเข้มข้นที่มากกว่าที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงาน (ซึ่งก็คือพยานวัตถุที่ต้องการตรวจหา LFPs) จะเกิดการแพร่ของ Ag^+ ไปยังผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงานเพื่อไปรับอิเล็กตรอน (รูปที่ 19) โดยที่ Ag^+ จะรับอิเล็กตรอนที่บริเวณพื้นผิวของวัตถุ (ที่เป็นตัวนำไฟฟ้า) เท่านั้น ซึ่งก็คือส่วนที่เกิดจากเส้นร่องนั่นเอง และเมื่อ Ag^+ รั่วอิเล็กตรอน จะกลายเป็นโลหะเงินที่มีสีเทาดำ สำหรับบริเวณที่เส้นนูนกดทับ Ag^+ จะไม่สามารถไปรับอิเล็กตรอนที่บริเวณนั้นได้ เนื่องจากที่บริเวณนี้มีสารคัดหลังติดอยู่ ซึ่งองค์ประกอบของสารคัดหลังเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้า จากปรากฏการณ์นี้เองจึงทำให้เห็นเป็นรอยลายนิ้วมือปรากฏขึ้นดังแสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 19 การนำพา Ag^+ จากชั้นสารละลาย $AgNO_3$ ไปยังผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงาน

10. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

วัสดุที่เป็นโลหะมีความเกี่ยวข้องกับนิติวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะโลหะมีตระกูล เช่น เงิน ทองแดง ทองคำ แพลทินัม และโรเดียม และสแตนเลส ซึ่งนิยมนำมาใช้ทำด้ามจับ เครื่องมือต่างๆ อาวุธ และอื่นๆ พื้นผิวของโลหะเป็นพื้นผิวแบบไม่มีรูพรุน (nonporous) เป็นลักษณะของพื้นผิวที่ไม่สามารถดูดซับเอาส่วนประกอบใดๆ ของ LFPs เอาไว้ได้ ดังนั้นส่วนที่ละลายน้ำกับส่วนที่ไม่ละลายน้ำของ LFPs จะอยู่ส่วนบนพื้นผิวประเภทนี้เป็นระยะเวลาที่ยาวนานได้ หากไม่ถูกลบทิ้งออกจากผิวไปก่อนหรืออาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาหรือผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม [17, 28] วิธีที่นิยมใช้ในการหา LFPs บนวัสดุที่เป็นโลหะ ได้แก่ การปิดผงผุ่ การอบชุบเปอร์กลู การจุ่มแช่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และการเคลือบด้วยโลหะหลายชนิด (multimetal deposition หรือ MMD) และการจุ่มแช่ในสารละลายนินไฮดริน เป็นต้น [28-29] หรือใช้วิธีการหลายๆ วิธีการร่วมกันเพื่อให้เกิดรอยลายนิ้วมือปรากฏชัดเจนมากยิ่งขึ้น แม้ว่าวิธีการเหล่านี้จะเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่ก็ยังมีข้อจำกัด คือ ไม่มีวิธีการใดที่สามารถหา LFPs ได้บนทุกๆ พื้นผิว และไม่สามารถตรวจหา LFPs ได้ หรือตรวจได้แต่ปรากฏไม่ชัดเจนเมื่อ LFPs มีอายุมากขึ้น เนื่องจากส่วนที่ละลายน้ำและส่วนที่ไม่ละลายน้ำของ LFPs ซึ่งอยู่บนพื้นผิวอาจเลือนหายไปตามกาลเวลาหรือได้รับผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม ดังนั้นหน่วยงานทางด้านตรวจพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ยังคงต้องการวิธีการใหม่และมีประสิทธิภาพในการตรวจหา LFPs บนวัสดุที่เป็นโลหะ

หลายปีที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยที่นำเสนอวิธีการตรวจหา LFPs บนวัสดุที่เป็นโลหะ ในปี ค.ศ. 2007 ได้มีการนำเอาผงไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) [30] ที่มีคุณสมบัติทางแสงมาตรวจหา LFPs พบว่าอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีขนาดในระดับไมครอน เป็นผงสีขาว ให้ผลดีในการพัฒนาหา LFPs บนวัสดุพื้นผิวเรียบ ต่อมาในปี ค.ศ. 2009 ได้มีนักวิทยาศาสตร์พัฒนานำ $CdSe$ NPs [31] มาประยุกต์ใช้หา LFPs ข้อดีของ $CdSe$ NPs ที่นำมาตรวจหา LFPs เนื่องจากว่ามีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำสามารถเรืองแสงได้ หา LFPs ได้ง่าย และเหมาะกับผู้ที่ไม่มีควมถนัดทางด้านเคมี ผลของการทดลองพบว่า pH มีผลต่อการเห็นของ LFPs ซึ่งเบสอ่อนๆ จะเห็นได้ดีกว่าเบสแก่ LFPs เห็นได้ชัดเจนภายใต้การกระตุ้นของแสงในความยาวคลื่น 380 nm ต่อมาในปี ค.ศ. 2011 ได้มีนักวิจัย [32] ทำการทดลองหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเพื่อพัฒนาหา LFPs โดยนำเอา

TiO₂ SPR เจนเซียลไวโอเลตมาเปรียบเทียบกับ CdSe NPs ทา LFPs บนวัสดุหลากหลายชนิด เช่น แผ่นซีดี กระจกป้องกัน แผ่นพลาสติก แผ่นอะลูมิเนียมบาง แผ่นกระเบื้อง พื้นผิวมีรูพรุน เทปกาวชนิดต่างๆ และแผ่นไม้ ซึ่ง CdSe NPs สามารถหาลายนิ้วมือที่ผ่านมาหลายวันได้ภายใน 5-15 นาที เหมาะที่จะใช้กับวัสดุที่ไม่มีรูพรุน และค่า pH ที่เหมาะสม คือ 8 จะมีประสิทธิภาพในการทา LFPs ได้ดี

ในปี ค.ศ. 2012 การเคลือบโลหะโดยใช้เทคนิคสปีดเทอริง [29] โดยการเคลือบทองแดงหรือฟิล์มบางของทองที่มีความหนาประมาณ 20-30 nm บนพื้นผิวของโลหะแต่ละเคลือบไม่ติดบน LFPs จึงทำให้เห็นลายลายนิ้วมือปรากฏขึ้นมา โดยใช้วิธีการนี้สามารถตรวจหา LFPs ที่มีอายุประมาณ 1 เดือน ได้ และใช้เวลาไม่นานนานประมาณ 1 นาที แต่วิธีการนี้ใช้สารตั้งต้นที่มีราคาแพง เครื่องมือมีในการเคลือบฟิล์มมีราคาสูง ระบบยุ่งยากซับซ้อนเนื่องจากต้องมีระบบสุญญากาศ เครื่องมือมีขนาดใหญ่ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ต้องใช้สำหรับตรวจหา LFPs ในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น กล่าวคือ สามารถใช้ได้ภายในศูนย์ตรวจพิสูจน์หลักฐานเท่านั้น ต่อมาในปี ค.ศ. 2013 คณะนักวิจัยได้ทำการพัฒนานำประโยชน์ของการนำไฟฟ้ามาใช้ในการทา LFPs บนวัสดุที่นำไฟฟ้า [28] โดยทำการเคลือบอนุภาคนาโนของทองบนพื้นผิวของโลหะโดยใช้เทคนิคการเคลือบด้วยวิธีทางไฟฟ้า พบว่าเทคนิคนี้เป็นวิธีทางไฟฟ้าเคมีที่ง่ายและรวดเร็ว มีประสิทธิภาพในการแสดงผลลายนิ้วมือบนวัสดุที่นำไฟฟ้าได้ทั้งพื้นผิวที่เรียบและพื้นผิวขรุขระ แต่เป็นวิธีที่มีต้นทุนสูง ชุดอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาแพง เนื่องจากใช้เป็นขั้วไฟฟ้า 3 ขั้ว ซึ่งมีขั้วแคโทด แอโนด และขั้วอ้างอิง นอกจากนั้นยังไม่สะดวกในการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้นำแนวทางการใช้เซลล์ไฟฟ้าเคมีนี้มาปรับปรุงในการตรวจหา LFPs บนโลหะ โดยใช้หลักการของเซลล์ไฟฟ้าเคมีอย่างง่าย มีขั้วไฟฟ้าเพียง 2 ขั้ว คือ ขั้วแอโนดและขั้วแคโทด สามารถตรวจหา LFPs บนวัสดุที่มีพื้นผิวเรียบ/ขรุขระและสะอาด/สกปรกได้ภายในเวลา 1 นาที ใช้สารตั้งต้นที่ราคาถูกกว่ามากและสามารถหาซื้อได้ง่าย และสามารถประกอบชุดเครื่องมือให้เล็กกะทัดรัด ขนาดพกพาได้ เพื่อนำไปใช้ภาคสนามได้ นอกจากนั้นยังไม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เป็นวิธีการที่แสดงให้เห็นว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์พื้นฐานก็สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดผลได้จริงในทางปฏิบัติ

11. เอกสารอ้างอิง

- [1] นवलจันทร์ ทศนชัยกุล, 2548, อาชญากรรม การป้องกัน: การควบคุม, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [2] ณัฏฉลดา พิษิตปัญชาการ, 2533, ปัญหาสังคม (Social Problems), พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.
- [3] สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงยุติธรรม, 2549, รายงานการศึกษาวิจัย เรื่อง กระบวนการยุติธรรมกับการจัดการกับปัญหาอาชญากรรมและความขัดแย้งทางสังคมในเขตพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้.
- [4] กิตติ อริยานนท์, 2554, เอกสารศึกษา: บทความ เรื่อง ปัญหาความไม่สงบในจังหวัดชายแดนภาคใต้: สู้ด้วยยุทธศาสตร์และเข็มมุ่งใหม่สำหรับประเทศไทย, หลักสูตรผู้กำกับการ รุ่นที่ 77 วิทยาลัยการตำรวจกองบัญชาการศึกษาศึกษา สำนักงานตำรวจแห่งชาติ.
- [5] ตำรวจภูธรภาค 8, n.d., ประเด็นยุทธศาสตร์ แนวโน้มสถานการณ์ ความเสี่ยง [Online], Available : www.police8.com/home/file/bt1.pdf [2014, October 1].
- [6] Bhuiyan, S.M.A., Khan, J.F. and Bhowmik, U.K., 2004, Fingerprint Recognition [Online], Available: http://www.ece.uah.edu/biometric/fingerprint_recognition.htm [2013, November 24].

- [7] Choi, M.J., McDonagh, A.M., Maynard, P. and Roux, C., 2008, "Metal-Containing Nanoparticles and Nano-Structured Particles in Fingerprint Detection", *Forensic Science International*, Vol. 179, pp. 87-97.
- [8] สุพิศาล ภักดีนฤนาถ, n.d., 4 Dimensions การบริหารงานสืบสวน, กองบังคับการปราบปราม.
- [9] Brennon, S., 2009, Photos Fingerprints, [Online], Available : http://www.bsapp.com/forensics_illustrated/photos/unit_4_photos.htm [2014, April 20].
- [10] Wikipedia, 2014, Fingerprint [Online], Available : <http://en.wikipedia.org/wiki/Fingerprint> [2014, June 8].
- [11] LHseries, 2012, โครงสร้างผิว [Online], Available : http://www.school.net.th/schoolnet/article/read.php?article_id=711 [2014, March 20].
- [12] กุสุมา อ่อนน้อม, 2551, การตรวจลายนิ้วมือแฝงบนปลอกกระสุนก่อนและหลังยิงด้วยวิธีรมดำปิ่น, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [13] อรรถพล แซ่มสุวรรณวงศ์กุลนิเทศ, สันต์ สุขวัจน์, ไชยณรงค์ ตั้งสุวรรณ, ธวัชชัย เมฆประเสริฐสุข, กำธร อยู่เจริญ และ คุณิโอะ โตจิมา, 2552, นิติวิทยาศาสตร์ 1 เพื่อการสืบสวนสอบสวน, พิมพ์ครั้งที่ 6, ทีซีจีพรีนติ้ง, กรุงเทพฯ.
- [14] หาญ วงศ์ไวศยวรรณ, 2551, อาชญากรรมและวิธีพิสูจน์หลักฐาน, โครงการจัดพิมพ์คบไฟ, กรุงเทพฯ.
- [15] วิชาญ จำปีศรี, 2546, การสืบสวน-สอบสวน, พิมพ์ครั้งที่ 2, สุตรไพศาล, กรุงเทพฯ.
- [16] Connaway, H., 2011, Fingerprinting [Online], Available : <http://hconnawayforensics.blogspot.com/2011/11/fingerprinting.html> [2014, March 20].
- [17] Deforest, P.R. and Lee, H.C., 1983, *Forensic science*, McGraw-Hill, New York.
- [18] Gardner, R.M., 2012, *Practical Crime Scene Processing and Investigation*, 2nd ed., CRC Press, N.p., pp. 268-277.
- [19] National Forensic Science Technology Center, 2011, Fingerprint Analysis [Online], Available : <http://www.forensicsciencesimplified.org/> [2014, March 20].
- [20] Ferguson, J., 2008, Ninhydrin and Iodine-Fuming [Online], Available : <http://www.leelofland.com/wordpress/ninhydrin-and-iodine-fuming> [2014, March 20].
- [21] Bureau of Criminal Apprehension, Evidence-Processing [Online], Available : <https://dps.mn.gov> [2014, March 20].
- [22] Forensics 4 Fiction, 2011, The Sticky Side of Tape [Online], Available : <http://forensics4fiction.com/2011/05/24/the-sticky-side-of-tape-yeah-we-can-get-prints-off-that> [2014, March 20].
- [23] เพ็ญศรี ทองนพเนื่อ, 2542, เคมีวิเคราะห์เชิงไฟฟ้า, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- [24] Endres, F., MacFarlane, D. and Abbott, A., 2008, *Electrodeposition from Ionic Liquids*, Wiley-VCH, Weinheim.
- [25] Bagotsky, V.S, 2006, *Fundamentals of Electrochemistry*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- [26] Chang, R., 2013, *Chemistry*, 11th ed., McGraw-Hill, New York.
- [27] Riger, P.H., 1987, *Electrochemistry*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

- [28] Qin, G., Zhang, M., Zhang, Y., Zhu, Y., Liu, S., Wu, W. and Zhang, X., 2013, “Visualizing Latent Fingerprints by Electrodeposition of Metal Nanoparticles”, Journal of Electrochemical Chemistry, Vol. 693, pp. 122-126.
- [29] Ramos, A.S. and Vieira, M.T., 2012, “An Efficient Strategy to Detect Latent Fingermarks on Metallic Surfaces”, Forensic Science International, Vol. 217, pp. 196-203.
- [30] Choi, M.J., Smoother, T., Martin, A.A., McDonagh, A.A., Maynard, P.J. and Lennard, C., 2007, “Fluorescent TiO₂ Powders Prepared using a New Perylene Dimide Dye: Applications in Latent Fingerprint Detection”, Forensic Science International, Vol. 173, pp. 154-160.
- [31] Wang, Y.F., Yang, R.Q., Wang, Y.J., Shi, Z.X. and Liu, J.J., 2009, “Application of CdSe Nanoparticle Suspension for Developing Latent Fingermarks on the Sticky Side of Adhesives”, Forensic Science International, Vol. 185, pp. 96-99.
- [32] Wang, Y., Mo, Y. and Zhou, L., 2011, “Synthesis of CdSe Quantum Dots using Selenium Dioxide as Selenium Source and its Interaction with Pepsin”, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, Vol. 79, pp. 1311-1315.

12. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะคิดค้นวิธีการใหม่สำหรับการตรวจหา LFPs บนพื้นผิววัสดุโลหะหรือวัสดุตัวนำไฟฟ้า เช่น ปลอกกระสุนปืน ปืน อาวุธต่างๆ และเหรียญกษาปณ์ โดยใช้เวลารวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ไม่ใช้สารเคมีที่เป็นพิษต่อผู้ตรวจพิสูจน์และสิ่งแวดล้อม และต้นทุนต่ำ แล้วพัฒนาวิธีการนี้ขึ้นเป็นเครื่องต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการสำหรับใช้ในศูนย์พิสูจน์หลักฐาน และเครื่องต้นแบบแบบพกพาสำหรับให้เจ้าหน้าที่ตรวจพิสูจน์หลักฐานนำไปใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือบนวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ โดยสามารถสรุปประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับออกเป็น 2 ด้านหลักๆ ดังนี้

12.1 ประโยชน์ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัย และนวัตกรรม

- 1) สามารถนำเอาวิทยาศาสตร์พื้นฐานมาประยุกต์ใช้ในการสร้างวิธีการใหม่สำหรับตรวจหา LFPs บนพื้นผิววัสดุโลหะหรือวัสดุตัวนำไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ใช้สารเคมีรุนแรงหรือสารเคมีที่เป็นพิษ ซึ่งจะมีผลต่อสุขภาพของผู้ตรวจพิสูจน์หลักฐาน และยังเป็นวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย
- 2) สร้างนวัตกรรมใหม่ในการตรวจหา LFPs บนพื้นผิววัสดุโลหะหรือวัสดุตัวนำไฟฟ้า
- 3) ไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีขั้นสูง เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ จากต่างประเทศ ลดการนำเข้าสารเคมีสำเร็จรูปและอุปกรณ์ต่างๆ ที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันสำหรับตรวจพิสูจน์หา LFPs ในศูนย์พิสูจน์หลักฐานของประเทศไทย
- 4) นอกจากจะมีเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจหา LFPs ในระดับห้องปฏิบัติการสำหรับใช้ในศูนย์พิสูจน์หลักฐาน และเครื่องต้นแบบแบบพกพาสำหรับให้เจ้าหน้าที่ตรวจพิสูจน์หลักฐานนำไปใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือบนวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุแล้ว ยังสามารถนำเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นผลิตขายในเชิงพาณิชย์ให้แก่ต่างประเทศได้
- 5) สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ถ่ายทอดให้กับเจ้าหน้าที่กองพิสูจน์หลักฐาน ประจำศูนย์พิสูจน์หลักฐานต่างๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้เจ้าหน้าที่สามารถสร้างสรรค์และคิดค้นนวัตกรรมใหม่ๆ ขึ้นเองได้ ถือเป็น การเสริมสร้างพัฒนาบุคลากรด้านการคิดค้นวิจัยเทคโนโลยีเกี่ยวกับการป้องกันประเทศ
- 6) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพนักวิจัยของประเทศไทย

12.2 ประโยชน์ทางด้านสังคม คุณภาพชีวิตของประชาชน และความมั่นคงแห่งรัฐ

การที่มีเครื่องต้นแบบในการตรวจหา LFPs แบบพกพา ทำให้เจ้าหน้าที่ตรวจพิสูจน์หลักฐานสามารถนำไปใช้ตรวจรอยลายนิ้วมือบนพยานวัตถุในสถานที่เกิดเหตุได้ ทำให้เกิดความรวดเร็วและถูกต้องในการระบุและควบคุมตัวผู้ต้องสงสัย โดยเฉพาะเหตุอาชญากรรมที่เกิดขึ้นใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ที่มีการยิงเพื่อฆ่าประชาชนผู้บริสุทธิ์บ่อยครั้ง พบเจอปลอกกระสุนปืนและอาวุธปืนเป็นจำนวนมาก แต่ไม่สามารถตรวจหา LFPs ได้หรือเมื่อตรวจแล้วโอกาสที่จะพบเจอรอยลายนิ้วมือน้อย เนื่องจากความล่าช้าที่จะต้องนำส่งพยานหลักฐานไปยังศูนย์พิสูจน์หลักฐาน ส่งผลให้รอยลายนิ้วมือเลือนหายได้อันเนื่องมาจากระยะเวลาและผลของสภาพแวดล้อม ดังนั้นหากสามารถตรวจพิสูจน์หลักฐานและจับกุมผู้ก่ออาชญากรรมมารับโทษได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วแล้ว จะนำมาซึ่งความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ประชาชนเกิดความเชื่อมั่นและมีทัศนคติที่ดีต่อหน่วยงานภาครัฐ เสริมสร้างทำให้เกิดความมั่นคงของชาติ ความปรองดอง และความสันติสุขของสังคมไทย

13. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายของโครงการวิจัยนี้ คือ เจ้าหน้าที่ นักวิทยาศาสตร์ กลุ่มงานตรวจสถานที่เกิดเหตุ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง และตัวแทนจากศูนย์พิสูจน์หลักฐานที่ 1-10 รวมถึงเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานของรัฐที่สนใจ โดยเมื่อสิ้นสุดโครงการแล้ว พ.ต.ท.หญิง ศิริประภา รัตต์ธัญญ์ ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ (สบ 3) กลุ่มงานตรวจสถานที่เกิดเหตุ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง และพ.ต.อ.หญิง สุรินทร์ ชมเสาร์หัตถ์ นักวิทยาศาสตร์ (สบ 4) กลุ่มงานผู้เชี่ยวชาญ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง จะประสานงานในการดำเนินการเชิญและจัดอบรมเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้ ให้ผู้เข้าอบรมบรรลุผลดังนี้

- 1) เข้าใจวิธีและหลักการการตรวจหา LFPs โดยใช้เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น
- 2) สามารถนำความรู้และทักษะที่ได้ไปพัฒนาเครื่องไว้ใช้ในหน่วยงานของตนเองเพิ่มเติม
- 3) สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปถ่ายทอดให้กับบุคลากรในองค์กรเดียวกันได้
- 4) สามารถนำแนวคิดที่ได้จากการอบรมไปพัฒนา สร้างสรรค์นวัตกรรมอื่นๆ เพิ่มเติมได้

14. วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะสำหรับงานพิสูจน์หลักฐานอาชญากรรม ใน 2 รูปแบบ คือ 1) แบบตั้งโต๊ะสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ และ 2) แบบพกพาสำหรับให้เจ้าหน้าที่ตรวจพิสูจน์หลักฐานนำไปใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือบนพยานวัตถุในสถานที่เกิดเหตุ โดยจะดำเนินการวิจัย ณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ และกองพิสูจน์หลักฐานกลาง ซึ่งมีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

- 1) จัดหาวัสดุอุปกรณ์และสร้างเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะแบบตั้งโต๊ะสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการจำนวน 80 เครื่อง และเครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะแบบพกพาสำหรับใช้ในสถานที่เกิดเหตุจำนวน 119 เครื่อง
- 2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจหา LFPs โดยใช้เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นกับวิธีการที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันของกองพิสูจน์หลักฐานกลาง ได้แก่ การปิดผงฝุ่นดำ การอบชุบเปอร์กลูร์ร่วมกับการปิดผงฝุ่นดำ การอบชุบเปอร์กลูร์และฉายแสงโพลิไลท์ และการอบชุบเปอร์กลูร์ร่วมกับการย้อมสีโรดามีน 6 จี (rhodamine 6G หรือ R6G)

- 3) จัดอบรมเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับตัวแทนเจ้าหน้าที่ตรวจพิสูจน์หลักฐานของ กองพิสูจน์หลักฐานกลางและศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 1-10 เพื่อให้สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดต่อและสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในการสร้างเครื่องมือได้ด้วยตนเอง

15. ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ระยะเวลาในการทำวิจัยของโครงการวิจัยนี้มีระยะเวลา 1 ปี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการวิจัย	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
- จัดหาอุปกรณ์ ออกแบบ และสร้าง เครื่องต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 80 เครื่อง และเครื่องต้นแบบ แบบพกพาได้สำหรับงานภาคสนาม จำนวน 119 เครื่อง - เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการ ตรวจหา LFPs โดยใช้เครื่องที่ พัฒนาขึ้นกับวิธีการที่นิยมใช้อยู่ใน ปัจจุบันของกองพิสูจน์หลักฐานกลาง เช่น การปิดผงฝุ่น การอบซูบเปอร์กลู และการจุ่มแช่ในสารละลายนินไฮดริน - ถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับตัวแทน เจ้าหน้าที่ตรวจพิสูจน์หลักฐานของกอง พิสูจน์หลักฐานกลางและศูนย์พิสูจน์ หลักฐาน 1-10 เพื่อให้สามารถนำองค์ ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดต่อและสามารถ นำไปพัฒนาต่อยอดในการสร้าง เครื่องมือได้ด้วยตนเอง - จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	←————→					←————→			←————→		←————→	

16. เป้าหมายของผลผลิต (Output) และตัวชี้วัด

ผลผลิต	ตัวชี้วัด			
	เชิงปริมาณ	เชิงคุณภาพ	เวลา	ต้นทุน
1. องค์กรความรู้ใหม่	3 องค์กรความรู้	- ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชัดเจนของรอย ลายนิ้วมือที่ปรากฏ - หลักการของเซลล์ไฟฟ้าเคมีในการ ตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุที่เป็น ตัวนำไฟฟ้า - วิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือวิธีการใหม่	3 เดือน 3 เดือน 6 เดือน	
2. เครื่องตรวจหา LFPs สำหรับใช้ใน ห้องปฏิบัติการ	80 เครื่อง	เครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง สำหรับ ใช้ในห้องปฏิบัติการของกองพิสูจน์ หลักฐานกลางและศูนย์พิสูจน์หลักฐานทั่ว ประเทศ	5 เดือน	
3. เครื่องตรวจหา LFPs แบบพกพาได้	119 เครื่อง	เครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงแบบ พกพาได้ เพื่อใช้ในสถานที่เกิดเหตุ สำหรับ กองพิสูจน์หลักฐานกลางและศูนย์พิสูจน์ หลักฐานทั่วประเทศ	5 เดือน	
4. บุคลากร - เจ้าหน้าที่ของกองพิสูจน์ หลักฐานกลางและศูนย์ พิสูจน์หลักฐานที่ 1-10	35 คน	เจ้าหน้าที่ของกองพิสูจน์หลักฐานกลาง และศูนย์พิสูจน์หลักฐานที่ 1-10 ที่ - เข้าใจวิธีและหลักการการตรวจหา LFPs โดยใช้เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น - สามารถนำความรู้และทักษะที่ได้ไป พัฒนาเครื่องไว้ใช้ในหน่วยงานของตนเอง เพิ่มเติม - สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับไป ถ่ายทอดให้กับบุคลากรในองค์กรเดียวกัน ได้ - สามารถนำแนวคิดที่ได้จากการอบรมไป พัฒนา สร้างสรรค์นวัตกรรมอื่นๆ เพิ่มเติม	2 เดือน	

17. เป้าหมายของผลลัพธ์ (Outcome) และตัวชี้วัด

ผลลัพธ์	ตัวชี้วัด			
	เชิงปริมาณ	เชิงคุณภาพ	เวลา	ต้นทุน
1. เครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการของกองพิสูจน์หลักฐานกลางและศูนย์พิสูจน์หลักฐานทั่วประเทศ	80 เครื่อง	- วิธีการใหม่ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ตรวจพิสูจน์หลักฐาน - เป็นวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม - มีประสิทธิภาพ - เป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ง่ายต่อการนำไปใช้งาน	8 เดือน	
2. เครื่องตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงแบบพกพาได้ เพื่อใช้ในสถานที่เกิดเหตุ สำหรับกองพิสูจน์หลักฐานกลางและศูนย์พิสูจน์หลักฐานทั่วประเทศ	119 เครื่อง	- ใช้เวลาในการตรวจวัดน้อย ไม่เกิน 2 นาที - ต้นทุนต่ำ ลดการนำเข้าสารเคมีสำเร็จรูปที่ใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงในปัจจุบันของศูนย์พิสูจน์หลักฐานหน่วยต่างๆ - มีน้ำหนักเบาและสะดวกต่อการพกพา (สำหรับกรณีเครื่องต้นแบบแบบพกพาได้) - เข้าใจวิธีและหลักการการตรวจหา LFPs โดยใช้เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น	8 เดือน	
3. พัฒนาการความรู้ของบุคลากรของกองพิสูจน์หลักฐานกลางและศูนย์พิสูจน์หลักฐานหน่วยต่างๆ	35 คน	- สามารถนำความรู้และทักษะที่ได้ไปพัฒนาเครื่องไว้ใช้ในหน่วยงานของตนเองเพิ่มเติม - สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปถ่ายทอดให้กับบุคลากรในองค์กรเดียวกันได้ - เกิดแรงจูงใจในการสร้างสรรค์นวัตกรรมต่างๆ ที่จักเป็นประโยชน์ต่อการขับเคลื่อนองค์กร	2 เดือน	

18. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัยที่มีอยู่

- 1) ตู้อบสำหรับอบแห้งเครื่องแก้วและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์
- 2) เครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นอัลตราโซนิคสำหรับทำความสะอาดพื้นผิววัสดุ
- 3) ตู้ดูดควัน
- 4) แหล่งจ่ายไฟฟ้า (power supply) สำหรับเซลล์ไฟฟ้าเคมี
- 5) เครื่อง MINI Computer Numerical Control (CNC) สำหรับผลิตชิ้นส่วนของเครื่องต้นแบบ
- 6) ผู้ควบคุมความชื้น

19. งบประมาณของโครงการวิจัย

19.1 แสดงรายละเอียดงบประมาณโครงการวิจัย

รายการ	จำนวนเงิน
1. งบบุคลากร	
ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัยทำงานเต็มเวลา	
- วุฒิปริญญาโทจำนวน 2 คน = 17,500 บาท × 12 เดือน	420,000 บาท
- วุฒิปริญญาตรีจำนวน 1 คน = 15,000 บาท × 12 เดือน	180,000 บาท
รวมหมวดงบประมาณบุคลากร	600,000 บาท
2. งบดำเนินงาน	
2.1 ค่าตอบแทน	
(1) ค่าตอบแทนคณะผู้วิจัย ระดับผู้ช่วยศาสตราจารย์	120,000 บาท
(2) ค่าตอบแทนที่ปรึกษาโครงการจำนวน 1 คน	100,000 บาท
(3) ค่าตอบแทนการปฏิบัติงานนอกเวลาราชการ	60,000 บาท
รวมหมวดย่อยค่าตอบแทน	280,000 บาท
2.2 ค่าใช้สอยอื่นๆ	
(1) ค่าจ้างเหมาสร้างชิ้นส่วนอุปกรณ์สำหรับผลิตเครื่องตรวจหา LFPs แบบตั้งโต๊ะและแบบพกพาทั้งหมด 199 เครื่อง	100,000 บาท
(2) ค่ายานพาหนะในการไปซื้อวัสดุ	10,000 บาท
(3) ค่าใช้จ่ายในการจัดฝึกอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี	100,000 บาท
รวมหมวดย่อยค่าใช้สอยอื่นๆ	210,000 บาท
2.3 ค่าวัสดุ	
(1) ค่าวัสดุวิทยาศาสตร์ เช่น เครื่องแก้ว และสารเคมี	50,000 บาท
(2) ค่าวัสดุโลหะและไฟฟ้า	900,000 บาท
(3) ค่าวัสดุสำนักงาน เช่น กระดาษ และหมึกพิมพ์	30,000 บาท
(4) ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์	30,000 บาท
รวมหมวดย่อยค่าวัสดุ	1,010,000 บาท
3. ค่าธรรมเนียมอุดหนุนสถาบัน	182,000 บาท
(ให้หมายรวมถึงค่าสาธารณูปโภคด้วย ไม่เกินร้อยละ 10 ของงบวิจัยไม่รวมค่าตอบแทนคณะผู้วิจัย ครุภัณฑ์ และสิ่งก่อสร้าง)	

19.2 แสดงรายละเอียดประมาณการงบประมาณตลอดโครงการ

งบประมาณที่เสนอขอ (บาท)						
งบบุคลากร	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าธรรมเนียมการ อุดหนุนสถาบัน	ครุภัณฑ์	รวม
600,000	280,000	210,000	1,010,000	182,000	-	2,282,000

20. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยตามแผนการบริหารงานและแผนการดำเนินงาน

โครงการวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะ โดยสามารถจำแนกผลสำเร็จของงานวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ ดังนี้

- 1) การวิจัยระยะแรกได้ค้นพบวิธีการใหม่ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุที่เป็นโลหะโดยใช้วิธีการเทียบเคียงกับการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า โดยให้วัตถุตัวอย่างทำหน้าที่เป็นขั้วลบ Ag^+ ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะเคลื่อนที่มารับอิเล็กตรอนที่ขั้วลบ เฉพาะบริเวณที่ไม่มีรอยลายนิ้วมือแฝง จึงทำให้เกิดเป็นโลหะเงินซึ่งมีสีเทา-ดำขึ้น ส่วนบริเวณที่มีรอยลายนิ้วมือติดอยู่ไม่สามารถรับอิเล็กตรอนได้ เนื่องจากองค์ประกอบของลายนิ้วมือจะมีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้ปรากฏเป็นรูปแบบของรอยลายนิ้วมือบนพยานวัตถุขึ้นได้

ระดับความสำเร็จของงาน ผลสำเร็จเบื้องต้น (P)

- 2) จากผลสำเร็จเบื้องต้น เมื่อมีการศึกษาในระยะเวลาต่อมาถึงผลของความเข้มข้นของสารละลาย $AgNO_3$ ความต่างศักย์ไฟฟ้า ระยะเวลาในการตรวจวัดที่เหมาะสม ชนิดของวัสดุ ลักษณะพื้นผิวของวัสดุ ความสะอาดของพยานวัตถุ และอายุของ LFPs ต่อความคมชัดของ LFPs ที่ปรากฏหลังทำการเคลือบด้วยไฟฟ้า ทำให้ทราบเงื่อนไขที่เหมาะสมในการนำไปตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าได้

ระดับความสำเร็จของงาน ผลสำเร็จกึ่งกลาง (I)

- 3) เมื่อนำผลสำเร็จเบื้องต้นและกึ่งกลางมาต่อยอด จะทำให้ได้เครื่องต้นแบบสำหรับตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพยานวัตถุที่เป็นโลหะระดับห้องปฏิบัติการและแบบพกพาสำหรับใช้ในภาคสนาม ซึ่งสามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ลดการสั่งซื้อสารและเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจหาลายนิ้วมือจากต่างประเทศ

ระดับความสำเร็จของงาน ผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ (G)

21. ข้อเสนอการวิจัยหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของข้อเสนอการวิจัยนี้

- ไม่ได้เสนอต่อแหล่งทุนอื่น
- เสนอต่อแหล่งทุนอื่นคือ (ระบุชื่อแหล่งทุน)

22. คำชี้แจงอื่น ๆ

-ไม่มี-

23. ลงลายมือชื่อหัวหน้าโครงการและนักวิจัยร่วมโครงการเพื่อให้คำรับรองในการจัดทำข้อเสนอการวิจัยและดำเนินการวิจัยตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เรื่องการรับข้อเสนอการวิจัยเพื่อขอรับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2560

(ลงชื่อ).....

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่.....เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

(ลงชื่อ).....

(พ.ต.อ.หญิง สุรินทร์ ชมเสาร์หัส)

ผู้ร่วมวิจัย

วันที่.....เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

(ลงชื่อ).....

(พ.ต.ท.หญิง ศิริประภา รัตตัญญู)

ผู้ร่วมวิจัย

วันที่.....เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

(ลงชื่อ).....

(นางสาวชุติมา อูปถัมภ์)

ผู้ร่วมวิจัย

วันที่.....เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

24. คำอนุมัติของผู้บังคับบัญชาระดับอธิบดี หรือเทียบเท่าของภาครัฐ (หรือผู้ได้รับมอบอำนาจ) หรือกรรมการผู้จัดการใหญ่ หรือเทียบเท่าของภาคเอกชน (หรือผู้ได้รับมอบอำนาจ) ในการยินยอม/อนุญาต ให้ดำเนินการวิจัย รวมทั้งให้ใช้สถานที่ อุปกรณ์ และสาธารณูปโภคในการดำเนินการวิจัย

(ลงชื่อ)

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.

สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ

ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย : 23 กันยายน 2558 – 23 มีนาคม 2559

2) ชื่อโครงการ : การเตรียมฟิล์มที่บริเวณใต้จากเปลือกมันสำปะหลังสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตร

แหล่งทุน : เงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้ร่วมโครงการ

ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย : ธันวาคม 2558 – ธันวาคม 2559

3) ชื่อโครงการ : การสร้างฟิล์มคอมโพสิตอนุภาคเงินนาโน-โคโตซานสำหรับตรวจวัดแอมโมเนียในสารละลายโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบสี

แหล่งทุน : เงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้ร่วมโครงการ

ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย : ธันวาคม 2558 – ธันวาคม 2559

9. บทความทางวิชาการระดับนานาชาติ

- Thamaphat, K., Goodman, B.A., Limsuwan, P. and Smith, S.M., 2015, "Rapid Screening for Anthocyanins in Cane Sugars using ESR Spectroscopy", **Food Chemistry**, Vol. 171, pp. 123-127.
- Palakawong Na Ayudhaya, T., Viwattana, P., Thamaphat, K. and Lomthaisong, K., 2014, "Room Temperature Synthesis of Water-Soluble Starch-Stabilized CdSe Quantum Dots for Latent Fingerprints Detection", **Advances in Environmental Biology**, Vol. 8, No. 14, pp. 44-49.
- Chutrakulwong, F. and Thamaphat, K., 2014, "Durian Peeling Extract Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles", **Advanced Material Research**, Vol. 875-877, pp. 18-22.
- Apichart, S., Thamaphat, K. and Limsuwan, S., 2013, "Construction of a Cost Effective Current Balance for Physics Teaching", **Advanced Material Research**, Vol. 770, pp. 374-377.
- Meekaewnoi, N., Thamaphat, K. and Limsuwan, S., 2013, "Investigation of Thermal Expansion Coefficient of Metals from Light Diffraction Pattern", **Advanced Material Research**, Vol. 770, pp. 362-365.
- Intarasawang, M. and Thamaphat, K., 2013, "Utilization of Aquatic Weed for Environmental and Rapid synthesis of Silver Nanoparticles", **Advanced Material Research**, Vol. 662, pp. 80-83.
- Kaewwiset, W., Thamaphat, K., Kaewkhao, J. and Limsuwan, P., 2013, "ESR and Spectral Studies of Er^{3+} Ions in Soda-Lime Silicate Glass", **Physica B**, Vol. 409, pp. 24-29.
- Kaewwiset, W., Thamaphat, K., Kaewkhao, J. and Limsuwan, P., 2012, " Er^{3+} -Doped Soda-Lime Silicate Glass: Artificial Pink Gemstone", **American Journal of Applied Sciences**, Vol. 9, pp. 1769-1775.

- Busiri, R., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2012, "Synthesis and Characterization of Pure Natural Hydroxyapatite from Fish Bones Bio-Waste", **Advanced Material Research**, Vol. 506, pp. 206-209.
- Pankaew, P., Hoonvivathana, E., sujinnapram, S., Thamaphat, K., Limsuwan, P. and Naemchanthara, K., 2012, "Characterization of Apatite from Human Teeth via XRD, FT-IR and TGA Techniques", **Advanced Material Research**, Vol. 506, pp. 90-93.
- Insiripong, S., Kedkaew, C., Thamaphat, K., Chantima, N., Limsuwan, P. and Kaewkhao, J., 2012, "Irradiation Effect on Natural Quartz from Zombia", **Procedia Engineering**, Vol. 32, pp. 83-89.
- Taweepong, J., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2012, "Jumping Ring Experiment: Effects of Temperature, Non-Magnetic Material and Applied Current on the Jump Height", **Procedia Engineering**, Vol. 32, pp. 982-988.
- Chinpon, A., Thamaphat, K., Hansuparnusorn, M. and Limsuwan, P., 2012, "A Force Measurement Method using the Optical Fibre Beam", **Procedia Engineering**, Vol. 32, pp. 989-993.
- Thamaphat, K., Limsuwan, P. and Smith, S.M., 2011, "Electron Spin Resonance Investigation of Free Radicals Produced in Pulverized Non-Irradiated Sugar", **International Journal of Modern Physics B**, Vol. 25, pp. 2383-2391.
- Thamaphat, K., Kaewwiset, W. and Limsuwan, P., 2010, "Application of ESR Technique to Distinguish the Phase and Size of TiO₂ Powders", **Journal of Electronic Science and Technology**, Vol. 8, pp. 31-34.
- Thamaphat, K., Oopathump, C. and Panacharoensawad, B., 2010, "Non-Thermal Lethal Effects of Low-Voltage Alternating Current on *Bacillus cereus*", **Journal of Applied Sciences**, Vol. 10, pp. 3222-3228.
- Ruangthawee, Y., Kitiauchawal, T., Kaewkhao, J., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2010, "The Spectroscopic Analysis of Iron-Doped Soda-Lime-Silicate Glass by Spectrophotometer and ESR Spectrometer", **Advanced Materials Research**, Vol. 93-94, pp. 312-315.
- Srisittipokakun, N., Kedkaew, C., Kaewkhao, J., Kitiauchawal, T., Thamaphat, K. and Limsuwan, P., 2009, "Electron Spin Resonance (ESR) and Optical Absorption Spectra of a Manganese Doped Soda-Lime-Silicate Glass System", **Kasetsart Journal (Natural Science)**, Vol. 43, pp. 360-364.
- Bharmanee, P., Thamaphat, K., Satasuvon, P. and Limsuwan, P., 2008, "Measurement of a Thermal Expansion Coefficient for a Metal by Diffraction Patterns from a Narrow slit", **Kasetsart Journal (Natural Science)**, Vol. 42, pp. 346-350.
- Limsuwan, P., Meejoo, S., Somdee, A., Thamaphat, K., Kitiauchawal, T., Siripinyanond, A. and Krzystek, J., 2008, "Revelation of Causes of Colour Change in Beryllium-Treated Sapphires", **Chinese Physics Letters**, Vol. 25, pp. 1976-1979.

- Thamaphat, K., Limsuwan, P. and Meejoo, S., 2007, "ESR Spectrometer as a Possible Tool for Rapid Analysis of Cane Sugar Purity", **Chinese Physics Letters**, Vol. 24, pp. 3524-3527.
- Thamaphat, K., Bharmanee, P. and Limsuwan, P., 2006, "Measurement of Verdet Constant in Diamagnetic Glass using Faraday Effect", **Kasetsart Journal (Natural Science)**, Vol. 40, pp. 18-23.
- Thamaphat, K., Bharmanee, P. and Limsuwan, P., 2005, "Measurement of Ozone Concentrations in Gas-Phase using UV Absorption Method", **Kasetsart Journal (Natural Science)**, Vol. 39, pp. 182-187.

ประวัติผู้ร่วมวิจัยท่านที่ 1

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวชุตินา อูปถัมภ์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Chutima Oopathump
- หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 2405 00257 79 8
- ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
- หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
หน่วยงาน สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
สถานที่ติดต่อ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร จ.กรุงเทพฯ 10120
โทรศัพท์ 02-287-9600 ต่อ 2204
E-mail chutima.o@rmutk.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.ม.	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ไทย	2543
วท.บ.	ฟิสิกส์อิเล็กทรอนิกส์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ไทย	2538

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- สาขาวัสดุศาสตร์
- สาขาจุลชีววิทยา

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 ผู้ร่วมวิจัย: ชื่อโครงการวิจัย นวัตกรรมระบบบำบัดน้ำเสียเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการกำจัดมลพิษด้วยวัสดุเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงช่วงวิชิเบิล ทูนนวมินทร์ ประจำปี 2555 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: นวัตกรรมระบบบำบัดน้ำเสียเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการกำจัดมลพิษด้วยวัสดุเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงช่วงวิชิเบิล ทูนนวมินทร์ ประจำปี 2555 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

- 2551 - การตรวจสถานที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ ของสำนักงานตำรวจแห่งชาติสหพันธ์ออสเตรเลีย โดยการควบคุมดูแลของสำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ
 - เทคนิคการตรวจสถานที่เกิดเหตุเพลิงไหม้และวางเพลิงของ Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives office of Training and Professional Development ที่สถาบันฝึกอบรมระหว่างประเทศว่าด้วยการดำเนินการให้เป็นไปตามกฎหมาย (ILEA)
 - อบรมหลักสูตร Fingerprint Development & Enhancement Techniques ณ กรุงแคนเบอร์รา ประเทศออสเตรเลีย
- 2553 - Homicide Investigations Course โดย Pasadena Police Department ที่วิทยาลัยการตำรวจ
- 2554 - การตรวจพิสูจน์วัสดุนิวเคลียร์และวัสดุแก๊สมันตรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานในส่วนหน้า โดยสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - International DVI Commanders Workshop ,JCLEC Semarang Indonesia
- 2555 - ฝึกอบรมหลักสูตรการสืบสวนสอบสวนอาชญากรรมระดับหัวหน้าของสถาบัน ILEA
- 2556 - ฝึกอบรมหลักสูตรการบริหารสถานที่เกิดเหตุเกี่ยวกับสารแก๊สมันตรังสี ณ เมือง Karlsruhe ประเทศเยอรมัน

9. ประวัติการบรรยาย

เป็นอาจารย์พิเศษและวิทยากรบรรยายในหลักสูตรต่างๆ ของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ดังนี้

- 9.1 เป็นอาจารย์พิเศษ กลุ่มงานวิชาการสืบสวนและสอบสวน บก.วท.นรต.
- 9.2 หลักสูตรพยาบาลศาสตร์ วพ.รพ.ตร.
- 9.3 หลักสูตรการทำลายวัตถุระเบิด กลุ่มงานเก็บกู้วัตถุระเบิด บช.น.
- 9.4 หลักสูตรนายทหารนิรภัยภาคพื้น ของโรงเรียนรวมสายวิทยาการ กรมยุทธศึกษาทหารอากาศ ดอนเมือง
- 9.5 หลักสูตรปรับพื้นฐานยุทธวิธีตำรวจระดับครูฝึก ศูนย์ฝึกอบรมตำรวจกลาง บช.ศ.
- 9.6 หลักสูตรสืบสวนคดีอาญา, หลักสูตรสืบสวนคดีอาญาระดับก้าวหน้า และหลักสูตรพนักงานสอบสวนคดียาเสพติดของ บก.ฝรท.
- 9.7 หลักสูตรอัยการผู้ช่วยสถาบันพัฒนาข้าราชการฝ่ายอัยการ สำนักงานอัยการสูงสุด
- 9.8 เป็นวิทยากรบรรยายนักศึกษาแพทย์ของคณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้ร่วมวิจัยท่านที่ 3

- ชื่อ - นามสกุล พ.ต.อ.หญิง สุรินทร์ ชมเสาร์หัทศ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Pol.Col. Surin Chomsaohus
- หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1899 00111 07 2
- ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์ (สบ 4)
- หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
หน่วยงาน กลุ่มงานผู้เชี่ยวชาญ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง
สถานที่ติดต่อ อาคาร 9 ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน จ.กรุงเทพฯ
10330
โทรศัพท์ 02-205-1021
โทรสาร 02-205-1739
E-mail chomsaohus@gmail.com
- ประวัติการศึกษา

วุฒิ	ปีที่สำเร็จการศึกษา	สถาบัน
ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาสถิติศาสตร์	๒๕๒๖	มหาวิทยาลัยรามคำแหง

6. ประวัติการฝึกอบรม

ปี	ระยะเวลาอบรม	ชื่อหลักสูตร	องค์กร/หน่วย/ผู้จัดการ อบรม
๒๕๓๕	๔ เดือน ๑๕ วัน (๒ มิถุนายน - ๑๗ ตุลาคม ๒๕๓๕)	การฝึกอบรมข้าราชการตำรวจ และบุคคลที่บรรจุหรือโอนมาเป็น ข้าราชการตำรวจชั้นสัญญาบัตร รุ่นที่ ๑๒	กองบัญชาการศึกษา กรมตำรวจ
๒๕๔๒	๔ เดือน ๑๐ วัน (๑ มิถุนายน - ๑๐ กันยายน ๒๕๔๒)	ฝ่ายอำนวยการตำรวจ รุ่นที่ ๒๑	สถาบันพัฒนาข้าราชการตำรวจ
๒๕๔๓ - ๒๕๔๔	๑ ปี ๕ เดือน (มิถุนายน ๒๕๔๓ - พฤศจิกายน ๒๕๔๔)	การฝึกอบรมภาคทฤษฎีและ ภาคปฏิบัติด้านการตรวจพิสูจน์ ลายนิ้วมือ ผ่ามือและผ่าเท้า	กองพิสูจน์หลักฐาน
๒๕๕๐	๕ วัน (๕ - ๙ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๐)	Printquest APIS Training Course	บริษัท พรพลอะนาลิติกอล จำกัด
๒๕๕๑	๕ วัน (๗ - ๑๑ เมษายน ๒๕๕๑)	Introduction to Computer Forensic and Counter Terrorism	JCLEC ณ เมืองเซมาริง ประเทศอินโดนีเซีย
๒๕๕๒	๑๔ วัน (๑๒ - ๒๖ มกราคม ๒๕๕๒)	การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การตรวจลายนิ้วมือและผ่ามือแฝง	กองพิสูจน์หลักฐาน

ปี	ระยะเวลาอบรม	ชื่อหลักสูตร	องค์กร/หน่วย/ผู้จัดการ อบรม
๒๕๕๒	๑๒ วัน (๑๖-๒๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๒)	The Australian Federal Police Advance Fingerprint Fundamentals Workshop ๑/๒๐๐๙	AFP สหพันธรัฐออสเตรเลีย
๒๕๕๔	๑ วัน (๒ มิถุนายน ๒๕๕๔)	มาตรฐานข้อกำหนดทั่วไปสำหรับ หน่วยตรวจ (มอก.๑๗๐๒๐)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง
๒๕๕๕	๒ เดือน ๑๘ วัน (๑๑ มิถุนายน - ๒๙ สิงหาคม ๒๕๕๕)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ๔) รุ่นที่ ๖	สถาบันฝึกอบรมและวิจัย การพิสูจน์หลักฐานตำรวจ
๒๕๕๖	๒ วัน (๒๕-๒๖ เมษายน ๒๕๕๖)	การตรวจติดตามคุณภาพภายใน มอก.๑๗๐๒๕:๒๕๔๘ (ISO/IEC 17025:2005)	สถาบันค้นคว้าและพัฒนา เทคโนโลยีการผลิตทาง อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร
๒๕๕๗	๒ วัน (๖-๗ พฤษภาคม ๒๕๕๗)	ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับหน่วย ตรวจตามมาตรฐาน ISO/IEC 17020:2012	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง

ที่ปรึกษาโครงการ

ข้อ 1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ นายพิเชษฐ นามสกุล ลี้มสุวรรณ อายุ 67 ปี
อาชีพรับราชการ ตำแหน่ง ศาสตราจารย์ ระดับ 10
หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กทม. 10140
หมายเลขโทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 02-872-5253, 02-470-8868 โทรสาร 02-872-5254
หมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ 081-4947323
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) opticslaser@yahoo.com

ข้อ 2 ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานศึกษาและประเทศ
Ph.D. (Physics)	2521	Pennsylvania State University ประเทศสหรัฐอเมริกา
วท.บ.(ฟิสิกส์), เกียรตินิยม	2512	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อ 3. ประวัติการทำงานและการทำวิจัย

3.1 ประวัติการทำงาน

1. มิ.ย. 2521 เริ่มรับราชการตำแหน่งอาจารย์ระดับ 4
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 2522-2534 หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 2523-2526 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์
- 2526-2551 รองศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์
- 2535-2541 หัวหน้าห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเลเซอร์
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
2551-ปัจจุบัน ศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3.2 ประวัติการทำวิจัย

3.2.1 งานวิจัยและพัฒนาทางด้านเลเซอร์

- เริ่มทำการวิจัยทางด้านเลเซอร์ตั้งแต่ปี 2525 จนถึงปัจจุบัน
- พัฒนาฮีเลียม-นีออนเลเซอร์
 - พัฒนาการบอนด์ไดออกไซด์เลเซอร์กำลังสูง สำหรับตัด-เจาะวัสดุ
 - พัฒนาการบอนด์ไดออกไซด์เลเซอร์กำลังต่ำ สำหรับงานศัลยกรรมทางการแพทย์
 - พัฒนาเครื่องเลเซอร์แกะสลัก (Laser Marking)

- งานวิจัยและพัฒนาเลเซอร์แบบของแข็งชนิดจูนเลือกความถี่ได้
- การศึกษาคุณสมบัติอินทรีย์เมียมแอ็กเลเซอร์แบบลำแสงต่อเนื่อง
- งานวิจัยและพัฒนาเออร์เบียมแอ็กเลเซอร์สำหรับประยุกต์ใช้งานทางด้านพันธุกรรม
- การศึกษาเปรียบเทียบเนื้อเยื่อปกติกับเนื้อเยื่อมะเร็งโดยอาศัยเทคนิคการเกิดฟลูออเรสเซนซ์ด้วยแสงเลเซอร์
- การวิจัยรักษามะเร็งด้วยเลเซอร์ในระดับเซลล์วิทยา
- การใช้เลเซอร์ในการเพิ่มมูลค่าอัญมณีและเครื่องประดับได้แก่ การใช้เลเซอร์ในการแกะสลักอัญมณีเพื่อป้องกันการปลอมแปลง, การใช้เลเซอร์ในการเชื่อมลวดทอง
- การใช้เลเซอร์ในการเขียนภาพถ่ายจริงลงบนเครื่องประดับและการใช้เลเซอร์ในการสร้างภาพ 3 มิติในอัญมณี

3.2.2 งานวิจัยทางการเคลือบฟิล์มบางในสุญญากาศ

เริ่มทำวิจัยทางการเคลือบฟิล์มบางแสงในสุญญากาศ ตั้งแต่ปี 2526 จนถึงปัจจุบัน

- การเคลือบผิวกระจกด้วย TiO_2 เพื่อให้ได้ฟิล์มบางระดับนาโนเมตร สำหรับทำความสะอาดผิวกระจกด้วยตัวเอง เช่น กระจกอาคารและกระจกรถยนต์
- การเคลือบผิวกระจกด้วย Indium Tin Oxide เพื่อการสะท้อนความร้อนและการประหยัดพลังงานเช่น กระจกอาคารและกระจกรถยนต์
- การเคลือบผิวแข็งด้วยฟิล์ม TiN , CrN และ Al_2O_3 เช่น ดอกส่วาน สายนาฬิกา กรอบแว่นตา แม่พิมพ์ และเครื่องประดับ

3.2.3 งานวิจัยทางด้านอัญมณี

เริ่มทำวิจัยทางด้านอัญมณีและเครื่องประดับตั้งแต่ปี 2534 จนถึงปัจจุบัน

- การพัฒนาเตาอุณหภูมิสูงสำหรับเผาพลอย
- การศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนสีของพลอยชนิดต่างๆ
- การพัฒนาเตาเหนี่ยวนำสำหรับหลอมทองและโลหะผสมสำหรับเครื่องประดับ

ประวัติการได้รับทุนวิจัย (เฉพาะที่เป็นหัวหน้าโครงการ)

ปี พ.ศ. ที่ได้รับ	ชื่อทุนวิจัย	จำนวนเงิน (บาท)	แหล่งทุนที่ให้
2550-ปัจจุบัน	การพัฒนาการตรวจสอบแบบไม่ทำลายสภาพเพื่อประเมินการทำหน้าที่การป้องกันความร้อนของ TBC	7,535,000	การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย
2552-ปัจจุบัน	การวิจัยและพัฒนาทางด้านทัศนศาสตร์ประยุกต์และเลเซอร์	5,000,000	ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านฟิสิกส์
2553- 2555	การเตรียมกระจกเปลี่ยนทางเดินแสงติดตั้งภายนอกตัวเลเซอร์ สำหรับหัวอ่านเขียนใช้ความร้อนช่วยในการบันทึกข้อมูล	1,325,000	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
2552- 2554	การศึกษาอุณหพลศาสตร์และการควบคุมคุณลักษณะพื้นผิวจากการกัด	1,410,000	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

	ฟิล์มโครเมียมที่ความหนาของฟิล์ม 5-20 ไมครอน ด้วยสารละลายซีเรียม แอมโมเนียมไนเตรตของกระบวนการ สร้างหน้ากาลิโทรกราฟีกลุโหะ		
2552- 2554	การเคลือบฟิล์มบางอะลูมินาด้วยเทคนิค อาร์เอฟไดโอดสปัตเตอร์ริงใน กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน	1,213,400	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และ คอมพิวเตอร์แห่งชาติ
2551- 2553	การพัฒนาการวัดคุณภาพการผลิตฟิล์ม DLC บางในปริมาณจำนวนมากบน หัวอ่านเขียน	1,463,400	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และ คอมพิวเตอร์แห่งชาติ
2551- 2553	วิเคราะห์พอลิเมอร์ฟิล์มที่เกิดจาก ฟลูออรีนพลาสมาทำปฏิกิริยากับอะลูมิ นาทาทาเนียมคาร์ไบด์บนผนังร่อง ABS	1,500,000	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และ คอมพิวเตอร์แห่งชาติ
2548-2549	ผลของธาตุเบริลเลียมต่อการเปลี่ยนสีใน พลอย	7,750,000	สำนักงานคณะกรรมการ วิจัยแห่งชาติ (วช.)
2548	การพัฒนาโปรแกรมเพื่อหาค่าความโค้ง ของ Slider ของหัวอ่านและเขียนของ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	840,000	สำนักงานคณะกรรมการการ อุดมศึกษา (สกอ.)
2547	การเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพการ ผลิตหัวอ่านและเขียนของฮาร์ดดิสก์ ไดรฟ์ด้วยวิธีเลเซอร์อินเตอร์เฟียโรเมตรี	1,052,800	สำนักงานคณะกรรมการการ อุดมศึกษา (สกอ.)
2545	การเตรียมน้ำปลอดเชื้อและการกำจัด ของเสียในบ่อเพาะเลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำ ด้วยระบบโอโซน	1,880,000	สำนักงานคณะกรรมการการ อุดมศึกษา (สกอ.)
2544-2547	การวิจัยและพัฒนาเครื่องเลเซอร์ที่ใช้กับ อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ	3,139,200	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2544-2547	การวิจัยและพัฒนาการเคลือบผิวโลหะ ด้วยวิธีสปัตเตอร์ริง	3,240,000	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2543	การวิจัยและพัฒนาเครื่องทำแห้งภายใต้ สูญญากาศโดยวิธีแช่แข็ง	872,050	สำนักงานปลัดกระทรวง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ สิ่งแวดล้อม
2541	เตาอุณหภูมิสูงแบบเหนี่ยวนำด้วย ความถี่สูงสำหรับการเผาพลอย	1,573,500	สำนักงานปลัดกระทรวง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ สิ่งแวดล้อม
2541	การวิจัยและพัฒนาเครื่องตัดผ้าทอ ผ้า ปัก ตราเครื่องหมายการค้า ด้วยเลเซอร์ และมีัดความร้อน	2,834,350	สำนักงานคณะกรรมการ วิจัยแห่งชาติ (วช.)
2540-2541	การพัฒนาเตาอุณหภูมิสูงแบบปรับ บรรยากาศได้สำหรับการเผาพลอย	6,838,453	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

2534-2537	การวิจัยและพัฒนาคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบกระตุ้นตามขวางที่ความดันบรรยากาศ	728,500	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
2534	การสร้างและพัฒนาเตาไฟฟ้าอุณหภูมิสูงสำหรับการเผาผลาย	419,600	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
2532-2533	การพัฒนาโต๊ะควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์สำหรับเครื่องคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์	421,500	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
2532-2533	การวิจัยและพัฒนาโจเซฟสันจังก์ชันแบบไมโครบริดจ์ของสารตัวนำยิ่งยวดอุณหภูมิสูง	575,000	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
2532-2534	การวิจัยและพัฒนาการเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีสปัตเตอร์ริง	2,857,905	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
2531	การวิจัยและพัฒนาการเคลือบฟิล์มบางแบบหลายชั้นสำหรับกระจกฮีเลียม-นีออนเลเซอร์	84,000	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
2530-2533	Development of High Power CO ₂ Laser for Materials Processing	3,964,800	Office of the Science & Technology Development Board (STDB)
2530	Development of Medium Power CO ₂ Laser System for Local Industry in Thailand	U.S.\$5000.00	Third World Academy of Sciences (TWAS), Inter. Center for Theoretical Physics, Italy
2529	การวิจัยและพัฒนาการเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีสปัตเตอร์ริง	176,000	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
2529	การวิจัยและพัฒนาคาร์บอนไดออกไซด์กำลังสูงสำหรับอุตสาหกรรมภายในประเทศ	558,225	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
2527-2528	การวิจัยและพัฒนาการประยุกต์ของโพสิตรอนแอนนิลเลชัน	70,000	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
2527-2528	การวิจัยและพัฒนาาระบบฮีเลียม-นีออนเลเซอร์	84,500	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ผลงานและรางวัลที่เคยได้รับ

1. รางวัลนวัตกรรมแห่งประเทศไทย"1 ทศวรรษรางวัลนวัตกรรมประเทศไทย" สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ 3 ก.พ. 53
2. Mati Horprathum, Pongpan Chindaudom, Apirak Pankiew, Kittikorn Kasuriya, Artorn Pokaipisit, Pichet Limsuwan, "Influence of Annealing on Structural and Optical Properties of TiO₂ Thin Films", **BEST POSTER PRESENTATION AWARD**, Commemorative International Conference on the Occasion of the 4th Cycle

Celebration of KMUTT (SDSE 2008), April 7-9, 2009, Millennium Hilton Bangkok Hotel, Bangkok, Thailand.

3. Attapol Choeysuppake, Kanjana Kanjanataweewat, Pichet Limsuwan, "Er: YAG Laser Treatments on Dental Calculus", **POPULAR VOTE AWARD**, Commemorative International Conference on the Occasion of the 4th Cycle Celebration of KMUTT (SDSE 2008), April 7-9, 2009, Millennium Hilton Bangkok Hotel, Bangkok, Thailand.
4. **รางวัลดี** ผลงานวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์ ในการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 46 ประจำปี 2551 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง "การวิเคราะห์เฟสของผงไททานเนียมไดออกไซด์โดย XRD และ TEM"
5. **รางวัลชมเชย** ผลงานวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์ ในการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 45 ประจำปี 2550 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง "Effect of Films Thickness on the Properties of ITO Thin Films Prepared by Electron Beam Evaporation"
6. **รางวัลดี** ผลงานวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์ ในการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 43 ประจำปี 2548 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง "การศึกษาเออร์เบียมแฉีกเลเซอร์ในงานการกำจัดหินน้ำลาย"
7. **รางวัลชมเชย** ผลงานวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์ ในการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 41 ประจำปี 2547 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง "ผลของการเพิ่มคุณภาพด้วยความร้อนต่อสมบัติทางกายภาพของโพลินจากกาญจนบุรี"
8. **รางวัลเชิดชูเกียรติ** การวิจัย พัฒนา นวัตกรรม และการออกแบบระดับชาติ ครั้งที่ 1 ด้านสิ่งทอ แฟชั่น และเครื่องประดับ ในการประชุมทางวิชาการระดับชาติครั้งที่ 1 ประจำปี 2547 มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เรื่อง "การปรับปรุงคุณภาพอัญมณี ด้วยการเผา"
9. **รางวัลนักวิจัยดีเลิศ** กระทรวลกลาโหม โครงการวิจัยรักษาโรคมะเร็งด้วยเลเซอร์ ประจำปี 2543
10. **รางวัลที่ 2** ผลงานประดิษฐ์คิดค้นและสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ประเทศชาติ ประเภททั่วไป ประจำปี 2541 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เรื่อง "เตาอุณหภูมิสูงแบบเหนียวนำด้วยความถี่สูงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ"
11. **รางวัลชมเชย** ผลงานประดิษฐ์คิดค้นและสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ประเทศชาติ ประเภททั่วไป ประจำปี 2540 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เรื่อง "ระบบเลเซอร์ที่ให้หลายสีและกำลังสูงเป็นเมกะวัตต์"
12. **รางวัลที่ 2** ผลงานประดิษฐ์คิดค้นและสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ประเทศชาติ ประเภททั่วไป ประจำปี 2539 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เรื่อง "เครื่องแกะสลักด้วยเลเซอร์"
13. **รางวัลชมเชย** ผลงานคิดค้นและสิ่งประดิษฐ์ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ประเทศชาติ ประจำปี 2537 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เรื่อง "การสร้างและพัฒนาเตาไฟฟ้าอุณหภูมิสูงสำหรับใช้ในการเผาพลอย"

14. **รางวัลที่ 3** ผลงานคิดค้นและสิ่งประดิษฐ์ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ประเทศชาติ ประจำปี 2535 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เรื่อง "การสร้างเครื่องสปัตเตอริงแบบแมกนีตรอนรูปทรงกระบอก"
15. **รางวัลที่ 3** ผลงานคิดค้นและสิ่งประดิษฐ์ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ประเทศชาติ ประจำปี 2532 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เรื่อง "การสร้างและพัฒนาคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์กำลังสูงสำหรับใช้ในขบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม"
16. **รางวัลที่ 3** ผลงานคิดค้นและสิ่งประดิษฐ์ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ประเทศชาติ ประจำปี 2526 จาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เรื่อง "ฮีเลียม-นีออนเลเซอร์"

4.3 รายชื่อผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในต่างประเทศ

4.3.1 ที่อยู่ในฐานข้อมูล ISI จำนวน 53 เรื่อง (2011-2003)

1. C. Oros, A. Wisitsoraat, D. Phokharatkul, **P. Limsuwan** and A. Tuantranont, **2011**, Carbon nanotubes dispersed molybdenum oxide nanocomposite thin film gas sensor prepared by electron beam evaporation, **Sensor Letters**, Vol. 9, pp. 1-5. (IF: **1.587**)
2. T. Thongkanluang, T. Kittiauchawal, **P. Limsuwan**, **2011**, Preparation and characterization of $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-V}_2\text{O}_5$ green pigment, **Ceramics International**, Vol. 37, pp. 543-548. (IF: **1.650**)
3. S. Limsuwan, T. Vichaidid, **P. Limsuwan**, **2011**, ESR dating of laterite from Ban Tha Ta Suea, Kanchanaburi, Thailand, **Applied Radiation and Isotopes**, Vol. 69, pp. 545-549. (IF: **1.147**)
4. P. Limkitjaroenporn, J. Kaewkhao, **P. Limsuwan**, W. Chewpraditkul, **2011**, Physical, optical, structural and gamma-ray shielding properties of lead sodium borate glasses, **Journal of Physics and Chemistry of Solids**. (in press) (IF: **1.189**)
5. K. Kirdsiri, J. Kaewkhao, N. Chanthima, **P. Limsuwan**, **2011**, Comparative study of silicate glasses containing Bi_2O_3 , PbO and BaO : Radiation shielding and optical properties, **Annals of Nuclear Energy**. (in press) (IF: **0.831**)
6. W. Ketjinda, N. Sinchaipanid, **P. Limsuwan**, H. Leuenberger, A. Mitrevej, **2010**, Development of push-pull osmotic tablets using chitosan-poly (acrylic acid) interpolymer complex as an osmopolymer, **AAPS PharmSciTech**, pp. 1-9. (IF: **1.190**)
7. M. Horprathum, P. Chindaudom, P. Limmonthakul, P. Eiamchai, N. Nuntawong, V. Patthanasettakul, A. Pokaipisit and **P. Limsuwan**, **2010**, Fabrication and characteriation of hydrophilic TiO_2 thin films on unheated substrates prepared by pulsed DC reactive magnetron sputteing, **Journal of Nanomaterials**, Vol. 2010, Article ID 841659, 7 pages. (IF: **1.023**)
8. P. Eiamchai, P. Chindaudom, A. Pokaipisit, **P. Limsuwan**, **2010**, A Comparative study of ion-assisted e-beam evaporated titania thin films,

- International Journal of Modern Physics B**, Vol. 24, pp. 3513-3528. (IF: 0.408)
9. J. Kaewkhao and P. Limsuwan, 2010, Mass attenuation coefficients and effective atomic numbers in phosphate glass containing Bi_2O_3 , PbO and BaO at 662 keV, **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A**, Vol. 619, pp. 295-297. (IF: 1.317)
 10. M. Horprathum, P. Chindaudom, P. Limnonthakul, P. Eiamchai, N. Nuntawong, V. Patthanasettakul, A. Pokaipisit, P. Limsuwan, 2010, Dynamic in situ spectroscopic ellipsometric study in inhomogeneous TiO_2 thin-film growth, **Journal of Applied Physics**, Vol. 108, pp. 013522-7. (IF: 2.072)
 11. P. Limkitjaroenporn, J. Kaewkhao, P. Limsuwan and W. Chepraditkul, 2010, Nonproportionality of electron response using CCT: Plastic scintillator, **Applied Radiation and Isotopes**, Vol. 68, pp. 1780-1784. (IF: 1.094)
 12. P. Chimalawong, J. Kaewkhao, C. Kedkaew, P. Limsuwan, 2010, Optical and electronic polarizability investigation of Nd^{3+} -doped soda-lime silicate glasses, **Journal of Physics and Chemistry of Solids**, Vol. 71, pp. 965-970. (IF: 1.189)
 13. P. Eiamchai, M. Horprathum, V. Patthanasettakul, P. Limnonthakul, N. Nuntawong, P. Limsuwan, P. Chindaudom, 2010, Designs and investigations of anti-glare blue-tint side-view car mirrors, **Materials and Design**, Vol. 31, pp. 3151-3158. (IF: 1.518)
 14. T. Thongkanluang, P. Limsuwan, P. Rakkwamsuk, 2010, Preparation and using of high near-infrared reflective green pigments on ceramic glaze, **Journal of the Ceramic Society of Japan**, Vol. 118, pp. 349-352. (IF: 0.862)
 15. N. Witit-Anun, P. Kasemanankul, S. Chaiyakun, A. Pokaipisit, P. Limsuwan, 2010, Comparison of nanocrystalline TiO_2 films prepared on unheated substrates using single-and dual-cathode DC unbalanced magnetron sputtering systems, **Japanese Journal of Applied Physics**, Vol. 49, pp. 0511011-0511015. (IF: 1.138)
 16. J. Kaewkhao, A. Pokaipisit, P. Limsuwan, 2010, Study on borate glass system containing with Bi_2O_3 and BaO for gamma-rays shielding materials: Comparison with PbO, **Journal of Nuclear Materials**, Vol. 399, pp. 38-40. (IF: 1.933)
 17. S. Kamol, P. Limsuwan, W. Onreabroy, 2010, Three-dimensional standing waves in a microwave oven, **American Journal of Physics**, Vol. 78, Art. No. 009094AJP, pp. 492-495. (IF: 0.779)
 18. T. Charinpanitkul, P. Limsuwan, C. Chalotorn, N. Sano, T. Yamamoto, P. Tongpram, P. Wongsarivej, A. Soottitawat, W. Tanthapanickoon, 2010,

- Synergetic removal of aqueous phenol by ozone and activated carbon within three-phase fluidized-bed reactor, **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, Vol. 16, pp. 91-95. (IF: 1.752)
19. Y. Inritsapong, P. Chindaudom, N. Nuntawong, V. Patthanasetthakul, M. Horphathum, P. Eiamchai, A. Pokaipisit, **P. Limsuwan, 2010**, Post-annealing effects on the structural, Optical and electrical properties of its films studied by spectroscopic ellipsometry, **Modern Physics Letters B**, Vol. 24, pp. 595-605. (IF: 0.512)
20. W. Chewpraditkul, L. Swiderski, M. Moszynski, T. Szczesniak, A. Syntfeld-Kazuch, C. Wanarak, **P. Limsuwan, 2009**, Scintillation properties of LuAG:Ce, YAG:Ce and LYSO:Ce crystals for gamma-ray detection, **IEEE Transactions on Nuclear Science**, Vol. 56, pp. 3800-3805. (IF: 1.591)
21. W. Chewpraditkul, L. Swiderski, M. Moszynski, T. Szczesniak, A. Syntfeld-Kazuch, C. Wanarak, **P. Limsuwan, 2009**, Comparative studies of Lu₃Al₅O₁₂:Ce and Y₃Al₅O₁₂:Ce scintillators for gamma-ray detection, **Physica Status Solidi (A) Applications and Materials**, Vol. 206, pp. 2599-2605. (IF: 1.205)
22. K. Kirdsiri, J. Kaewkhao, A. Pokaipisit, W. Chewpraditkul, **P. Limsuwan, 2009**, Gamma-rays shielding properties of xPbO:(100-x) B₂O₃ glasses system at 662 keV, **Annals of Nuclear Energy**, Vol. 36 (9), pp. 1360-1365. (IF: 0.831)
23. P. Kasemanankul, N. Witit-Anan, Chaiyakun, **P. Limsuwan, V. Boonamnuyvitaya, 2009**, Low-temperature deposition of (1 1 0) and (1 0 1) rutile TiO₂ thin films using dual cathode DC unbalanced magnetron sputtering for inducing hydroxyapatite, **Materials Chemistry and Physics**, Vol. 11 (1), pp. 288-293. (IF: 1.799)
24. P. Eiamchai, P. Chindaudom, M. Horprathum, V. Patthanasettakul, **P. Limsuwan, 2009**, Design and investigation of photo-induced super-hydrophilic materials for car mirrors, **Materials and Design**, Vol. 30 (9), pp. 3428-3435. (IF: 1.107)
25. T. Rattana, S. Suwanboon, P. Amornpitoksuk, A. Haidoux, **P. Limsuwan, 2009**, Improvement of optical properties of nanocrystalline Fe-doped ZnO powders through precipitation method from citrate-modified zinc nitrate solution, **Journal of Alloys and Compounds**, Vol. 480 (2), pp. 603-607. (IF: 1.51)
26. A. Pokaipisit, S. Chaiyakun, **P. Limsuwan, B. Ngotawornchai, 2009**, Nanostructure of TiO₂ thin films prepared by unbalanced magnetron sputtering, **International Journal of Modern Physics B**, Vol.23, pp. 2395-2403. (IF: 0.558)

27. N. Udomkan, P. Limsuwan, 2009, Aragonite to calcite transformation studies by ESR of Mn^{2+} ions in sinotaia ingallsiana, **Modern Physics Letters B**, Vol. 23, pp. 1243-1247. (IF: 0.471)
28. J. Kaewkhao, N. Udomkan, W. Chewpraditkul, P. Limsuwan, 2009, Effect of excess bismuth on the synthesis of bismuth silicate ($Bi_4Si_3O_{12}$) polycrystals, **International Journal of Modern Physics B**, Vol. 23, pp. 2093-2099. (IF: 0.558)
29. S. Chaiyakun, A. Pokaipisit, P. Limsuwan, Ngotawornchai, B., 2009, Growth and characterization of nanostructured anatase phase TiO_2 thin films prepared by DC reactive unbalanced magnetron sputtering, **Applied Physics A**, Vol. 95, pp. 579-587. (IF: 1.884)
30. P. Eiamchai, P. Chindaudom, A. Pokaipisit, P. Limsuwan, 2009, A spectroscopic ellipsometry study of TiO_2 thin films prepared by ion-assisted electron-beam evaporation, **Current Applied Physics**, Vol. 9 (3), pp. 707-712. (IF: 1.526)
31. A. Mungchamnankit, P. Limsuwan, K. Thongcham, S. Meejoo, 2008, The electron spin resonance study of Gd^{3+} in natural zircon, **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Vol. 320, pp. 479-482. (IF: 1.704)
32. T. Kittiauchawal, P. Limsuwan, 2008, Effects of heat treatment on apin Hamiltonian parameters of Cr^{3+} ions in natural pink sapphire, **International Journal of Modern Physics B**, Vol. 22, pp. 4730-4739. (IF: 0.400)
33. C. Kedkaew, P. Limsuwan, K. Thongcham, S. Meejoo, 2008, The spin Hamiltonian parameters calculation of 14N and 15N in natural type I diamond, **International Journal of Modern Physics B**, Vol. 22 (25-26), pp. 4740-4748. (IF: 0.400)
34. U. Intatha, S. Eitssayeam, K. Pengpat, N. Udomkan, P. Limsuwan, T. Tunkasiri, 2008, ESR and Raman studies of chemical bath deposited CdS : Ni films, **Modern Physics Letters B**, Vol. 22, pp. 2113-2121. (IF: 0.471)
35. A. Pokaipisit, M. Horprathum, P. Limsuwan, 2008, Vacuum and air annealing effects on properties of indium Tin Oxide films prepared by ion-assisted electron beam evaporation, **Japanese Journal of Applied Physics**, Vol. 47, pp. 4692-4695. (IF: 1.222)
36. P. Limsuwan, S. Meejoo, A. Somdee, K. Thamaphat, T. Kittiauchawal, A. Siripinyanond, J. Krzystck, 2008, Revelation of causes of colour change in beryllium-treated sapphires, **Chinese Physics Letters**, Vol. 25, pp. 1976-1979. (IF: 0.812)
37. N. Udomkan, P. Limsuwan, 2008, Temperature effects on freshwater snail shells: *Pomacea canaliculata* lamarck as investigated by XRD, EDX, SEM

- and FTIR techniques, **Materials Science and Engineering C** , Vol. 28 (2), pp. 316-319. (IF: 1.486)
38. N. Udomkan, P. Limsuwan, 2008, Formation of nanocrystals and amorphous Al_2O_3 film grown by reactive magnetron sputtering, **International Journal of Modern Physics B**, Vol. 22 (24), pp. 4217-4224. (IF: 0.400)
39. N. Udomkan, P. Limsuwan, T. Tunkasiri, 2007, Effect of rare-earth (RE = La, Nd, Ce and Gd) doping on the piezoelectric of PZT(52:48) ceramics, **International Journal of Modern Physics B**, Vol. 21 (26), pp. 4549-4559. (IF: 0.437)
40. K. Thamaphat, P. Limsuwan, S. Meejoo, 2007, ESR spectrometer as a possible tool for rapid analysis of cane sugar purity, **Chinese Physics Letters**, Vol. 24 (12), pp. 3524-3527. (IF: 1.135)
41. P. Limsuwan, N. Udomkan, P. Winotai, 2007, ESR study of spin-Hamiltonian parameters and crystal field energy levels for the low C_3 symmetry Fe^{3+} center in green sapphire crystals and powder, **Modern Physics Letters B**, Vol. 21, pp. 225-236. (IF: 0.569)
42. T. Vichaidid, U. Youngchuay, P. Limsuwan, 2007, Dating of aragonite fossil shell by ESR for paramagnetic species assignment of Mae Moh Basin, **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms**, Vol. 262, pp. 323-328. (IF: 0.946)
43. M. Horprathum, P. Chindaudom and P. Limsuwan, 2007, A spectroscopic ellipsometry study of TiO_2 thin films prepared by dc reactive magnetron sputtering: Annealing temperature effect, **Chinese Physics Letters**, Vol. 24, pp. 1505-1508. (IF: 1.135)
44. A. Pokaipisit, N. Udomkan and P. Limsuwan, 2006, Nanostructure and properties of indium tin oxide (ITO) films produced by electron beam evaporation, **Mod. Phys. Lett. B**, Vol. 20, No. 17, pp. 1049-1058. (IF: 0.621)
45. N. Udomkan, P. Limsuwan and Y. Chaimanee, 2006, Aragonite to calcite transformation study by XRD and ESR studies of Mn^{2+} in freshwater snail shells: P. Canaliculat Lamarck, **Inter. J. Mod. Phys. B**, Vol. 20, No. 9, pp. 1097-1106. (IF: 0.381)
46. L. Pdungsap, S. Boonyeun, P. Winotai, N. Udomkan and P. Limsuwan, 2005, Effect of Gd^{3+} doping on structural and dielectric properties of PZT (Zr:Ti = 52:48) piezoceramics, **Eur. Phys. J. B**, Vol. 48, No. 3, pp. 367-372. (IF: 1.741)

47. N. Udomkan, **P. Limsuwan**, P. Winotai and S. Meejoo, **2005**, Effects of heat treatment on blue sapphires as monitored by ESR spectroscopy, **Inter. J. Mod. Phys. B**, Vol. 19, No. 20, pp. 3273 -3284. **(IF: 0.604)**
48. N. Udomkan, S. Meejoo, **P. Limsuwan**, P. Winotai and Y. Chaimanee, **2005**, Electron spin resonance studies of Mn^{2+} in freshwater snail shells: *Pomacea canaliculata* lamarck and fossilized snail shell, **Chinese Physics Letters**, Vol. 22, No. 7, pp. 1780-1783. **(IF: 1.036)**
49. **P. Limsuwan**, N. Udomkan, S. Meejoo and P. Winotai, **2005**, Surface morphology of submicron crystals in aluminum nitride films grown by DC magnetron sputtering, **Inter. J. Mod. Phys. B**, Vol. 19, No. 12, pp. 2073-2083. **(IF: 0.604)**
50. S. Saiseng, P. Winotai and **P. Limsuwan**, **2004**, Effects of heat treatment on nanocrystalline formations in $Fe_{40}Ni_{40}(Si+B)_{19}Mo_{1-2}$ amorphous ribbon, **Phys. Stat. Sol. A**, Vol. 202, No. 1, pp. 1-9. **(IF:0.950)**
51. S. Saiseng, P. Winotai, S. Nilpairuch, **P. Limsuwan** and I.M.Tang, **2004**, Nanocrystallization in amorphous $Fe_{40}Ni_{40}(Si+B)_{19}Mo_{1-2}$ ribbons, **J. Magn. Mater.**, Vol. 278, No.1-2, pp. 172-178. **(IF: 0.910)**
52. P. Winotai, **P. Limsuwan** and S. Rittikulsittichai, **2003**, Optimization of heat treatments of vietnamese rubies, **Mod. Phys. Lett. B**, Vol. 17, Nos. 29-30, pp. 1537-1546. **(IF: 0.438)**
53. N. Sinchaipanid, S. Pongwai, **P. Limsuwan** and A. Mitrevej, **2003**, Design of salbutamol EOP tablets from pharmacokinetics parameters, **Pharm. Dev. Tech.**, Vol. 8, No. 2, pp. 135-142. **(IF:0.797)**