

คำชี้แจง

ประกอบการของงบประมาณโครงการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ชื่อโครงการ : การเตรียม ศึกษาคุณสมบัติ และประยุกต์ใช้ฟิล์มสารตัวนำยิ่งยวดอุณหภูมิสูง
(Fabrication Characterization and Applications of High Tc Superconductor Film)
2. สาขาที่ทำการวิจัย : วัสดุฟิล์ม และ เทคโนโลยีพลาสมา
3. หน่วยงานที่ทำการวิจัยร่วม : ชมรมวิทยาศาสตร์ทฤษฎี (Forum for Theoretical Sciences FTS)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. สถานที่ปฏิบัติงาน
 - 4.1 ห้องปฏิบัติการวิจัยวัสดุฟิล์ม ภาควิชาฟิล์ม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่
 - 4.2 ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีพลาสมา ภาควิชาฟิล์ม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่
 - 4.3 ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ
 - 4.4 ศูนย์ซ่อมบำรุงอากาศยาน กรมช่างอากาศ กองทัพอากาศ ดอนเมือง กรุงเทพฯ
5. คณะผู้ดำเนินงานวิจัย
 - 5.1 หัวหน้าโครงการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลพงษ์ บุญพราหมณ์
คุณวุฒิ Ph.D. (Physics) Kent State Univ., USA.
M.A. (Physics) Kent State Univ., USA.
M.Sc. (Electronics) South Dakota Tech., USA.
วท.บ. (ฟิล์ม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ความชำนาญ - ศึกษาคุณสมบัติแม่เหล็กของวัสดุโดยแมกนีโตมิเตอร์แบบขดลวดสั้น
- ศึกษาคุณสมบัติทางแสงและการเปลี่ยนแปลงเฟสของผลึกเหลว
- การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานวิจัยฟิล์ม

5.2 ผู้ร่วมโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวิทย์ ศิลาวรรณาไนย ✓

คุณวุฒิ Ph.D. (Plasma Physics) Flinders Univ., Australia
 M.Sc. (Plasma Physics) U. of Saskatchewan, Canada
 B.Sc. (Phys.- Math) U. of New South Wales, Australia

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์, หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีพลาสมา

นักวิจัยสมทบ (Research Associate) สถาบันฟิสิกส์ทฤษฎีนานาชาติ อิตาลี

ความชำนาญ - ฟิสิกส์พลาสมาทดลองและนิวเคลียร์นิวชัน
 - เลเซอร์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กำลังสูง
 - เทคโนโลยีพลังงานแสงแดด
 - เทคโนโลยีสุญญากาศ

5.3 อาจารย์ไพบุลย์ นวลนิล

ตำแหน่ง อาจารย์, หัวหน้าหน่วยพัฒนาและวิจัยเครื่องมือวิจัย

คุณวุฒิ - วศ.ม. (ไฟฟ้า) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 - วท.บ. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 - ปวส. (อิเล็กทรอนิกส์) เทคนิคกรุงเทพฯ

ความชำนาญ - ผู้ชำนาญการ เครื่องมือวิจัย ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 - เทคโนโลยีนิวเคลียร์
 - เทคโนโลยีสุญญากาศ

5.4 อาจารย์สุรพล ศรีแก้ว

ตำแหน่ง อาจารย์

คุณวุฒิ - วท.ม. (ฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 - วท.บ. (ฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความชำนาญ - นิล์มบางของดีบุกออกไซด์โดยวิธีเคลือบผิวไอเคมี
 - ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของน้ำยางโดยอุลตราโซนิกส์

5.5 อาจารย์ศุภสโรช พลอินทร์

ตำแหน่ง อาจารย์

คุณวุฒิ - วท.ม. (นิสิคส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 - วท.บ. (นิสิคส์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ความชำนาญ - เซรามิกส์ชีวภาพ

** หมายเลข 5.1 , 5.4 , 5.5 เป็นคณะวิจัยทีม ก

หมายเลข 5.2 , 5.3 เป็นคณะวิจัยทีม ข

6. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

6.1 โครงการนี้เป็นโครงการย่อยในโครงการหลักชื่อ "โครงการวิจัยและพัฒนาเซรามิกส์ออกไซด์สารตัวนำยิ่งยวดของประเทศไทย"

6.2 ภูมิหลัง ภายใต้งบประมาณและอุปกรณ์อันจำกัด คณะผู้วิจัยทีม ก ได้ประสบความสำเร็จในการเตรียมสารตัวนำยิ่งยวด ประกอบด้วย ยิตเทรียม แบเรียม และทองแดงออกไซด์ ในเดือนตุลาคม 2530 ได้สาธิตปรากฏการณ์ไมส์เนอร์และวัดอุณหภูมิวิกฤต (T_c) ได้ 90 องศาเคลวิน (K) และโดยที่ยิตเทรียมเป็นธาตุหายาก พบอยู่มากในทางภาคใต้ของประเทศไทย งานวิจัยนี้จึงมีส่วนกระตุ้นให้เกิดงานสำรวจ วิเคราะห์ และแต่งแร่ให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น ต่อมาในเดือนพฤษภาคม 2531 ก็เตรียมสารตัวนำยิ่งยวดตัวอื่น ๆ ได้อีกที่มีองค์ประกอบหลักของธาตุเออร์เบียมและบิสมีท ซึ่งยังเป็นออกไซด์เซรามิกส์เช่นเดิม

6.3 ที่มาของปัญหา การศึกษาสารตัวนำยิ่งยวดที่อุณหภูมิสูงอาจแบ่งได้เป็น 3 กรณี คือ (1) การแสวงหาสารตัวใหม่ที่ให้ค่าอุณหภูมิวิกฤตเหนืออุณหภูมิไนโตรเจนเหลว ซึ่งจะทำให้การประยุกต์ใช้สะดวกยิ่งขึ้น การค้นพบสารใหม่ในต่างประเทศยังคงดำเนินไปอย่างรวดเร็ว ขณะนี้ได้พบสารที่มีธาตุที่เปลี่ยนเป็นองค์ประกอบ ได้อุณหภูมิวิกฤตถึง 120K (2) การคิดทฤษฎีเพื่ออธิบายปรากฏการณ์สภาพตัวนำยิ่งยวดที่อุณหภูมิสูง ซึ่งทฤษฎีเดิม (เรียกว่า BCS) ไม่สามารถอธิบายได้ (3) การเตรียมสารตัวนำยิ่งยวดให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ประเทศชาติโดยเร็วที่สุด สารตัวนำยิ่งยวดที่อยู่ในสภาพผงหรือก้อนอัด (bulk) มีสภาพเปราะ รุนแรงมาก ดูดซับความชื้นดี ยังมีค่าแปรปรวนทางองค์ประกอบ จึงไม่สามารถนำไปใช้ประยุกต์ใช้ในรูปแบบของเส้นแผ่นหรือลวด

คณะผู้วิจัยได้เลือกแนวทางวิจัยที่ 3 โดยคำนึงถึงขีดความสามารถ ความพร้อมของอุปกรณ์ และการประยุกต์ใช้หลัก โดยจะแบ่งงานเป็น 2 ทีมย่อย คือ ทีม ก เน้นทาง "การเตรียมวิเคราะห์วัดและประยุกต์ใช้ฟิล์มบางของสารตัวนำยิ่งยวดโดยวิธีพลาสมาสเปคเตอริง" เพราะมีความพร้อมทางอุปกรณ์พลาสมาสเปคเตอริง (เครื่องเคลือบผิว Edward E306A) และมุ่งประยุกต์ใช้ฟิล์มบาง (ระดับ 1000-5000 อังสตรอม) ทางด้านหัววัดรังสีอินฟราเรด หัววัด

สนามแม่เหล็ก และสรีดซ์คอมพิวเตอรืความเร็วสูง ฟิล์มบางของสาร Y-Ba-Cu-O และ Bi-Sr-Ca-Cu-O ที่เตรียมโดยวิธีพลาสมาสปัตเตอรืริงจะมีความบริสุทธิ์สูง สามารถนำกระแสไฟฟ้าได้สูงและควบคุมคุณภาพของฟิล์ม เช่น ขนาด ความหนา ได้แม่นยำ

ทิม ข เน้นทาง "การเตรียมวีเคราะห้วัดและประยุกต์ใช้ฟิล์มหนาของสารตัวนำยิ่งยวดโดยวิธีพลาสมาสเปรย์" เพราะมีประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีพลาสมา เทคนิคพลาสมาสเปรย์เป็นวิธีเคลื่อนผิวทางอุตสาหกรรมมาตรฐานวิธีหนึ่ง โดยวิธีนี้จะได้ฟิล์มหนาของ Y-Ba-Cu-O (ระดับ 10 ไมโครเมตร-1 มม.) ที่ติดแน่นกับวัสดุรองรับ ความรุปรุนต่ำเพียง 5% ขนาดเกรนละเอียด สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่น เส้น ไม่จำกัดขนาดและรูปทรง จึงเหมาะในการประยุกต์ใช้ทำขดลวดแม่เหล็ก กำลังสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับคอมพิวเตอรื แผงวงจรพิมพ์ทางไมโครอิเล็กทรอนิกส์ และสามารถปรับเข้าสู่กระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมได้ง่าย

ทั้งสองทิมจะพัฒนาและใช้อุปกรณ์วิจัยร่วมกัน เช่น อุปกรณ์วัดและวีเคราะห้ (Characterization) วารสารและสิ่งพิมพ์ เป็นต้น ทั้งนี้ นอกจากจะศึกษาฟิล์มของสารตัวนำยิ่งยวดแล้ว โครงการวิจัยนี้ยังครอบคลุมไปถึงความพยายามที่จะพัฒนาต้นแบบ สิ่งประดิษฐ์ เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ประเทศในระยะยาวต่อไป

7. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 7.1 เพื่อศึกษาเทคนิคการเตรียมสารตัวนำยิ่งยวดอุณหภูมิสูงในรูปของก้อนอัด ฟิล์มบาง และ ฟิล์มหนา โดยวิธีปฏิกิริยาของแข็ง (solid state reaction) พลาสมาสปัตเตอรืริง (plasma sputtering) และ พลาสมาสเปรย์ (plasma spraying) ตามลำดับ
- 7.2 เพื่อศึกษาวีเคราะห้และวัดคุณสมบัติของสารตัวนำยิ่งยวดที่เตรียมได้ รวมทั้งการพัฒนาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น การวัดความต้านทาน ค่าความซึมซาบได้แม่เหล็ก การวัดค่ากระแสวิกฤต และคุณสมบัติวัสดุด้านความแข็ง ความรุปรุน ความสม่ำเสมอของความหนา โครงสร้างและองค์ประกอบของสาร
- 7.4 เพื่อแสวงหาลู่ทางทำสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบ อาทิเช่นในรูปของ หัววัดรังสีอินฟราเรด หัววัดสนามแม่เหล็ก แผงวงจรพิมพ์ ขดลวดแม่เหล็ก

8. เป้าหมายรวม

- 8.1 เพื่อติดตามความก้าวหน้าในงานวิจัยสารตัวนำยิ่งยวดในต่างประเทศด้วยวิธีการวิจัย สามารถนำความรู้มาถ่ายทอดในการเรียนการสอนและให้ข้อมูลแก่สาธารณชน
- 8.2 เพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถในการวิจัยทางฟิล์มของสถาบัน และสร้างความสัมพันธ์ ความร่วมมือระหว่างโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 8.3 เพื่อกระตุ้นให้เกิดการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องทางด้าน การสำรวจ วิเคราะห์ แแต่แร่และ
 กลุ่แร่หายาก (rare earth) ให้เพิ่มชันและมีมูลค่าเพิ่ม เป็นการสนับสนุนอุตสาหกรรม
 เหมืองแร่
- 8.4 เพื่อพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบ และ ถ่ายทอดให้ภาคอุตสาหกรรมเอกชนต่อไป จากข้อมูลใน
 ต่างประเทศทราบว่าอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารตัวนำยิ่งยวดมีมูลค่านับหลายพันล้านบาท

9. เป้าหมายแต่ละปี ใช้เวลา 3 ปี นับตั้งแต่วันที่ได้รับเงินอุดหนุนงวดแรก

2531	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
(1988)	สำรวจเอกสาร ทดลองเตรียมสารแบบก้อนอัด (ก) ----->/		
	ติดตั้งเครื่องจ่ายกำลังพลาสมาและพัฒนาระบบสเปร์ย์ (ข) ----->/		
2532	มกราคม	กรกฎาคม	ธันวาคม
(1989)	<-- ปรับปรุงเทคนิคการเตรียมฟิล์มบาง (ก) ----->/		
	<-- ทดลองสเปร์ย์เซรามิกส์ (ข) --->/<-- ทดลองสเปร์ย์สาร		
		ตัวนำยิ่งยวด (ข) ----->/	
2533	มกราคม	กรกฎาคม	ธันวาคม
(1990)	<-- ทดลองทำสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบจากฟิล์มบาง (ก) ----->/		
	<-- ปรับปรุงประสิทธิภาพระบบสเปร์ย์ (ข) --->/<-- ทดลองทำสิ่งประดิษฐ์		
		ของฟิล์มหนา (ข) ----->/	
2534	มกราคม	กันยายน	
(1991)	<-- ปรับปรุงและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์----->/		

10. แผนการใช้จ่ายเงินรวม

10.1	ค่าตอบแทน	565,236.-	บาท
10.2	เงินเดือน	137,040.-	บาท
10.3	ค่าครุภัณฑ์	1,267,900.-	บาท
10.4	ค่าวัสดุ	796,270.-	บาท
10.5	ค่าเดินทางและเบี้ยเลี้ยง	68,694.50	บาท
10.6	ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด	163,303.50	บาท
	รวม	2,998,444.-	บาท
	Contingency	299,856.-	บาท
	รวมเงินทั้งโครงการ	3,298,300.-	บาท

๑๑. แผนการใช้จ่ายเงินแต่ละปี

11.1 แผนการใช้จ่ายเงินปีที่ 1

	เฉพาะ 3 เดือนแรก	รวมทั้งปี	
ค่าตอบแทน	44,748.-	178,992.-	บาท
เงินเดือน	10,770.-	43,080.-	บาท
ค่าครุภัณฑ์	997,900.-	1,267,900.-	บาท
ค่าวัสดุ	87,500.-	466,490.-	บาท
ค่าเดินทางและเบี้ยเลี้ยง	-	23,538.50	บาท
ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด	18,750.-	75,000.-	บาท
รวม	1,159,668.-	2,055,000.50	บาท
Contingency 10%		205,500.-	บาท
รวมปีที่ 1		2,260,500.50	บาท

11.2 แผนการใช้จ่ายเงินปีที่ 2

ค่าตอบแทน	188,484.-	บาท
เงินเดือน	45,360.-	บาท
ค่าครุภัณฑ์	-	
ค่าวัสดุ	228,980.-	บาท
ค่าเดินทางและเบี้ยเลี้ยง	16,960.50	บาท
ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด	60,000.-	บาท
รวม	539,784.50	บาท
contingency 10%	53,978.50	บาท
รวมทั้งปีที่ 2	593,763.00	บาท

11.3 แผนการใช้จ่ายเงินปีที่ 3

ค่าตอบแทน	197,760.-	บาท
เงินเดือน	48,600.-	บาท
ค่าครุภัณฑ์	-	

ค่าวัสดุ	100,800.-	บาท
ค่าเดินทางและเบี้ยเลี้ยง	28,195.50	บาท
ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด	28,303.50	บาท
รวม	403,659.-	บาท
contingency 10%	40,377.50	บาท
รวมทั้งปีที่ 3	444,036.50	บาท

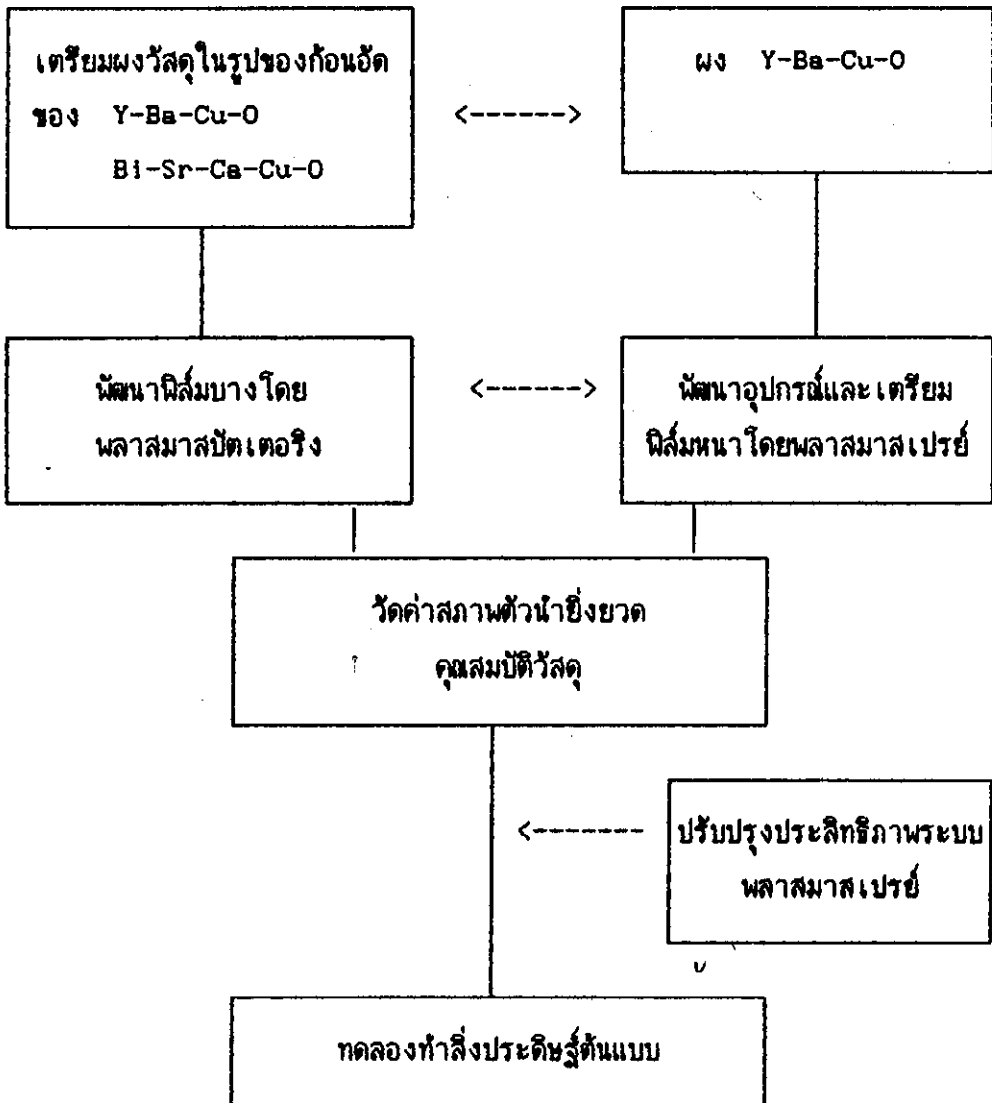
12. แผนการดำเนินงาน

12.1 ทีม ก การเตรียม วิเคราะห์/วัด และประยุกต์ใช้ฟิล์มบางของสารตัวนำยิ่งยวดโดยวิธีพลาสมาสเป็คเตอรืง

- 12.1.1 เตรียมสารตัวนำยิ่งยวดของระบบ Y-Ba-Cu-O และ Bi-Sr-Ca-Cu-O โดยวิธีอัดก้อน (bulk) จากสารเคมีหลายๆ ตัว เปลี่ยนองค์ประกอบแล้ววัดคุณสมบัติก่อนอัดบางตัวจะใช้เป็นเป้า (target) ในการเตรียมฟิล์มบางโดยวิธีพลาสมาสเป็คเตอรืง และพยายามใช้แร่ยัดเตรียมที่มีอยู่ในประเทศมาเตรียม
- 12.1.2 พัฒนาเทคนิคการวัดคุณสมบัติทางสภาพตัวนำยิ่งยวด คือ การวัดความต้านทาน (Resistivity) การวัดค่าซาบซึมแม่เหล็ก (Magnetic susceptibility) ปรากฏการณ์ไมส์เนอร์ (Meisner effect)
- 12.1.3 วิเคราะห์คุณสมบัติทางวัสดุ เช่น ลักษณะผิว (texture) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน หาดัตราส่วนขององค์ประกอบโดยวิธีรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) และคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์
- 12.1.4 พัฒนาเทคนิคการเตรียมฟิล์มบาง (ความหนาต่ำกว่า 1 ไมโครเมตร) ด้วยวิธีพลาสมาสเป็คเตอรืงทั้งแบบไดโอด (diode sputtering) และแบบแมกนีตรอนไฟฟ้ากระแสตรง (DC magnetron) แล้ววัดคุณสมบัติด้วยวิธีข้อ (12.1.2), (12.1.3) เปลี่ยนวัสดุรองรับหลาย ๆ แบบ เพื่อให้ได้ค่ากระแสวิกฤตสูง เช่น SrTiO_3 , ZnO_2 , Al_2O_3 , MgO เป็นต้น
- 12.1.5 ทดลองทำสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบของฟิล์มบาง อาทิเช่น ตัววัดรังสีอินฟราเรด (infrared detector) ตัววัดสนามแม่เหล็ก (magnetic field detector) และสวิตซ์คอมพิวเตอร์แบบโจเซฟสัน (Josephson switching device) ฯลฯ
- 12.1.6 ศึกษาหาวิธีเคลือบผิวสารตัวนำยิ่งยวดโดยวิธีพลาสมาสเป็คเตอรืง เพื่อป้องกันการเสื่อมของสารตัวนำยิ่งยวดด้วยความชื้น

- 12.2 กิม ข การเตรียม วิเคราะห์ วัด และประยุกต์ใช้ฟิล์มหนาของสารตัวนำยิ่งยวด โดยวิธีพลาสมาสเปร์ย์
- 12.2.1 พัฒนาเครื่องจ่ายกำลังพลาสมาขนาดกำลัง 80 kVA ให้เป็นเครื่องพลาสมาสเปร์ย์ โดยการตัดแปลงหัวอาร์คพลาสมา และอื่น ๆ โดยใช้วัสดุท้องถิ่น ลดค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์สำเร็จรูปได้ถึง 3 เท่า
- 12.2.2 ทดสอบและหาข้อมูลพลาสมาสเปร์ย์ โดยใช้ผงเซรามิกสัณฐานมาก่อน แล้วจึงใช้ผงสารตัวนำยิ่งยวดของระบบ Y-Ba-Cu-O สำเร็จรูป
- 12.2.3 วิเคราะห์วัดคุณสมบัติทางสภาพตัวนำยิ่งยวดของฟิล์มหนาโดยใช้อุปกรณ์วิจัยร่วมกับ กิม ก และวัดคุณสมบัติทางวัสดุอื่น ๆ เช่น ความแข็ง สภาพการตัดโค้ง ผิวองค์ประกอบ ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 12.2.4 ทดลองปรับปรุงประสิทธิภาพ และหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะกระบวนการพลาสมาสเปร์ย์ที่มีผลต่อค่าอุณหภูมิวิกฤติ และค่ากระแสวิกฤติ ใช้วัสดุรองพื้นราคาถูก คือ เหล็ก ทองแดง และเซรามิกส์
- 12.2.5 ทดลองทำสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบสารตัวนำยิ่งยวดในรูปของขดลวดแม่เหล็ก และแผ่นวงจรรวม

แผนผังแสดงขั้นตอนทางเทคนิค



13. หัวข้อคำชี้แจงการตั้งงบประมาณและรายละเอียดค่าใช้จ่าย13.1 ค่าตอบแทน

นักวิจัยทั้งหมดนักอาศัยอยู่ในบ้านนักและแฟลตของมหาวิทยาลัย ใช้เวลาเดินทางไปถึงห้องปฏิบัติการในภาควิชานิสิคส์ไม่เกิน 5 นาที สามารถทำงานได้ทั้งวันทั้งคืน ตั้งแต่ 6.00-24.00 น. รวมทั้งวันหยุดสุดสัปดาห์ โดยไม่มีปัญหาในการเข้าออกอาคาร สำหรับงานวิจัยพลาสมาสเปร์ย์อาจต้องทำงานกลางคืนเป็นหลัก เนื่องจากใช้กำลังไฟฟ้าสูง (80 kVA) เท่ากับอาคารทิ้งหลัง และอาจมีปัญหาลิแยมและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนงานผู้อื่น

ตัวอย่าง

เวลาทำงาน

เวลากลางวัน ประมาณ	4	ชั่วโมง
วันราชการ 4 x 5	= 20	ชั่วโมง
เวลากลางคืน ประมาณ 4 x 3	= 12	ชั่วโมง
วันเสาร์และอาทิตย์ ครึ่งวัน	= 6	ชั่วโมง
รวม ชั่วโมง/สัปดาห์	= 38	ชั่วโมง

เวลาราชการปกติ คิด 35 ชั่วโมง/สัปดาห์

∴ % ของเวลาที่ทำงาน = $38/35 = 108\%$

แต่คิดเวลาวิจัยเพื่อคำนวณค่าตอบแทนเพียง 40 %

อนึ่ง นักวิจัยทั้งหมดไม่มีการะงานบริหารเต็มเวลา ชั่วโมงสอนของภาควิชานิสิคส์เฉลี่ยเพียง 6 ชั่วโมง/สัปดาห์

ตัวอย่าง

การคิดค่าตอบแทน

เงินเดือน	7,635.-	บาท
40% ของเวลา	3,054.-	บาท
+ โบนัส 15%	458.-	บาท (พิเศษต่ำกว่า 5 ทั้ง)
รวมค่าตอบแทน/เดือน	3,512.-	บาท
ค่าตอบแทนทั้งปี $3,512 \times 12 =$	42,144.-	บาท

ภาคผนวก

รายละเอียดค่าสมนาคุณ (Honorarium) ผู้ทำวิจัย

1) หัวหน้าทีมวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลพงษ์ บุญพรานมณี

	<u>ปีที่ 1</u>	<u>ปีที่ 2</u>	<u>ปีที่ 3</u>	
อัตราเงินเดือน	7,635.-	8,055.-	8,475.-	บาท
% ของเวลาที่ให้กับงานวิจัย (40%)	3,054.-	3,222.-	3,390.-	บาท
+ 15%	<u>458.-</u>	<u>483.-</u>	<u>509.-</u>	บาท
รวมค่าสมนาคุณต่อเดือน	3,512.-	3,705.-	3,899.-	บาท
รวมค่าสมนาคุณต่อปี	42,144.-	44,460.-	46,788.-	บาท

2) ทีมวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวิทย์ ศิลาวชิรนาโณ

	<u>ปีที่ 1</u>	<u>ปีที่ 2</u>	<u>ปีที่ 3</u>	
อัตราเงินเดือน	9,875.-	10,365.-	10,855.-	บาท
% ของเวลาที่ให้กับงานวิจัย (40%)	3,950.-	4,146.-	4,342.-	บาท
+ 15%	<u>593.-</u>	<u>622.-</u>	<u>651.-</u>	บาท
รวมค่าสมนาคุณต่อเดือน	4,543.-	4,768.-	4,993.-	บาท
รวมค่าสมนาคุณต่อปี	54,516.-	57,216.-	59,916.-	บาท

3) ทีมวิจัย อาจารย์ ไพบุลย์ นวลนิล

	<u>ปีที่ 1</u>	<u>ปีที่ 2</u>	<u>ปีที่ 3</u>	
อัตราเงินเดือน	5,465.-	5,745.-	6,025.-	บาท
% ของเวลาที่ให้กับงานวิจัย (40%)	2,186.-	2,298.-	2,410.-	บาท
+ 15%	<u>328.-</u>	<u>345.-</u>	<u>362.-</u>	บาท
รวมค่าสมนาคุณต่อเดือน	2,514.-	2,643.-	2,772.-	บาท
รวมค่าสมนาคุณต่อปี	30,168.-	31,716.-	33,264.-	บาท

4) ทีมวิจัย อาจารย์ สุรพล ศรีแก้ว

	<u>ปีที่ 1</u>	<u>ปีที่ 2</u>	<u>ปีที่ 3</u>	
อัตราเงินเดือน	5,745.-	6,025.-	6,305.-	บาท
% ของเวลาที่ให้กับงานวิจัย (40%)	2,298.-	2,410.-	2,522.-	บาท
+ 15%	<u>345.-</u>	<u>362.-</u>	<u>378.-</u>	บาท
รวมค่าสมนาคุณต่อเดือน	2,643.-	2,772.-	2,900.-	บาท
รวมค่าสมนาคุณต่อปี	31,716.-	33,264.-	34,800.-	บาท

5) ทีมวิจัย อาจารย์ ศุภโรช พลอินทร์

	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	
อัตราเงินเดือน	3,705.-	3,955.-	4,165.-	บาท
% ของเวลาที่ให้กับงานวิจัย (40%)	1,482.-	1,582.-	1,666.-	บาท
+ 15%	<u>222.-</u>	<u>237.-</u>	<u>250.-</u>	บาท
รวมค่าสมนาคุณต่อเดือน	1,704.-	1,819.-	1,916.-	บาท
รวมค่าสมนาคุณต่อปี	20,448.-	21,828.-	22,992.-	บาท
รวมค่าสมนาคุณของทีมวิจัย/ปี	178,992.-	188,484.-	197,760.-	บาท
รวมค่าสมนาคุณทั้งสิ้น			565,236.-	บาท

13.2 เงินเดือน

ขอเสนอจ้าง นักบัญชี/เลขานุการ (Administrative secretary) เต็มเวลา วุฒิระดับปริญญาตรี

เหตุผลการขอตั้ง เพราะภาควิชานิสิคส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีพนักงานธุรการ 2 คน พนักงานพิมพ์ดีด 2 คน มีภาระทางธุรการมากอยู่แล้ว ทางโครงการต้องการผู้มีความรู้ทางบัญชีและความสามารถอื่น ๆ มาช่วยงาน เพราะโครงการนี้ตั้งอยู่ต่างจังหวัด มีความคล่องตัวน้อยกว่าโครงการของสถาบันส่วนกลาง

งานที่จะมอบหมายให้คือ

- ทำบัญชีรายรับ-จ่าย และทำรายงานทุก 2 เดือน
- ช่วยจัดซื้อวัสดุ-ครุภัณฑ์ เช่น สิบราคา เตรียมเอกสาร ติดต่อร้านค้า จัดแฟ้มแคตตาล็อก/คู่มือ
- งานเลขานุการด้านติดต่อกับชมรมวิทยาศาสตร์ทฤษฎี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผ่านทางคอมพิวเตอร์ พิมพ์ดีดเอกสาร ป้อนข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์
- ช่วยจัดทำรายงานวิจัยและรายงานเทคนิคอื่น ๆ
- ประสานงาน/ต้อนรับ เมื่อมีการประชุมรายงานความก้าวหน้าประจำปีทีี่ขนาดใหญ่ 2 ครั้ง อำนวยความสะดวกนักวิจัยจากสถาบันอื่น เช่น การจองที่พัก ตัวเครื่องบิน เป็นต้น

การขอตั้งอัตรานี้ ด้วยคำแนะนำของคณะเจ้าหน้าที่ STDB ฝ่ายการเงิน เมื่อคราวประชุม
25 พฤษภาคม 2531

	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	
อัตราเงินเดือน	2,765.-	2,905.-	3,115.-	บาท
ภาษี	829.50	871.50	934.50	บาท
รายได้ต่อเดือน	3,590.-	3,780.-	4,045.-	บาท
รายได้ต่อปี	43,080.-	45,360.-	48,600.-	บาท

13.3 ค่าครุภัณฑ์

13.3.1 เครื่องจ่ายกำลังพลาสมาและอุปกรณ์ประกอบ 1 ชุด 441,150.- บาท
(Plasma Power Sources and Accessories)

แหล่งที่ซื้อ ผ่านตัวแทนประเทศไทย คือ บริษัท ACK Engineering ถนนสุขุมวิท กรุงเทพฯ
รายละเอียด ยี่ห้อ Thermal Dynamic Corp, USA. รุ่น PAK45 (ได้แนบแคตตาล็อก ราคา
คู่มือมาครบถ้วน)

ประกอบด้วย

Cat.No. 1-4150-251 คือ

- เครื่องจ่ายกำลังพลาสมาไฟฟ้ากระแสตรง กำลัง 80kVA ให้กระแส 400A 200V
(PAK 45 Power Source)
- ชุดอะไหล่ของหัวอาร์คพลาสมาชิ้นต้น (Introductory spare parts)
- หัวควบคุมก๊าซไนโตรเจน (N₂ regulator)
- ชุดควบคุมระยะไกล (remote control kit)
- สายเคเบิล 10 ฟุต (Interface cable)
- หัวเชื่อมไฟฟ้า (Machine torch) พร้อมสาย 50 ฟุต
- สายควบคุมระยะไกล ยาว 50 ฟุต

Cat.No. 5-2857 ชุดอะไหล่เพิ่มเติม (Additional spare part kit)

ราคาอุปกรณ์ CIF Songkla US * 17,300.00

หรือ 441,150.- บาท รวมค่าขนส่งถึงสงขลา ไม่รวมภาษี

(คิด 1 * US = 25.50 บาท ตามข้อเสนองของเจ้าหน้าที่)

ค่าภาษี 36% ของราคา CIF คิดเป็น 158,814.- บาท

กำหนดเวลาที่ต้องจัดซื้อ ภายใน 3 เดือนแรก บริษัทสามารถนำส่งและติดตั้งได้ภายใน 60 วัน

เหตุผลและความจำเป็น

เทคโนโลยีพลาสมาสเปร์ยต้องใช้อุปกรณ์ราคาแพงและกำลังสูง ถ้าซื้ออุปกรณ์สำเร็จรูป เช่น ยี่ห้อ MBN ของบริษัท METCO, USA. ราคาชุดละ US \$ 34,843.00 (FOB, Westbury, New York) หรือคิดประมาณ 2 เท่าของอุปกรณ์ที่จะจัดซื้อ อุปกรณ์ที่จะจัดซื้อจะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าตรงสูงถึง 400 แอมแปร์ ค่ายสูงถึง 200 โวลต์ จึงใช้กับก๊าซทุกชนิดได้ ในการสเปร์ยผงเซรามิกให้ได้ผลต้องใช้กำลังไม่น้อยกว่า 20 กิโลวัตต์ ยังไม่มีอุปกรณ์ดังกล่าวในภาคใต้ และผู้วิจัยก็จะต้องดัดแปลงหัวอาร์คไฟฟ้าให้เป็นหัวสเปร์ย พร้อมทั้งพัฒนาระบบอื่น ๆ เช่น ระบบจับยึดวัสดุรองรับใช้ฐานของกระจกไฟฉาย ปตอ. ที่ได้รับบริจาคจาก กองทัพบก ระบบป้องกันรังสี เป็นต้น การดัดแปลงอุปกรณ์นี้จะลดค่าใช้จ่าย เป็นการเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ที่จะเป็นประโยชน์ต่อกองทัพและภาคอุตสาหกรรมในงานเคลือบผิววัสดุ และอุปกรณ์นี้ยังสามารถใช้ในงานถลุงแร่ต่อไปได้อีกด้วย

13.3.2 เตาเผาอุณหภูมิสูง จำนวน 2 ชุด 100,000.- บาท

แหล่งที่ซื้อ จำหน่ายในประเทศ ทั้งนี้ เนื่องจากหากซื้อสำเร็จรูปจากต่างประเทศจะมีราคาแพงมาก (ประมาณชุดละ 400,000.- บาท)

รายละเอียด เตาที่ 1 เป็นเตาเผาชนิดท่อ (ยาวอย่างน้อย 60 ซม.) ซึ่งการกระจายความร้อนสม่ำเสมอตลอดท่อ โดยต้องสามารถทำให้อุณหภูมิสูงถึง 1300 องศาเซลเซียส และสามารถทำการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติโดยอุณหภูมิที่เพิ่มหรือลดนี้สามารถควบคุมได้ดีกว่า 1 องศาต่อนาที นอกจากนี้ยังต้องสามารถใส่ท่อหรือท ซึ่งทำให้สามารถปล่อยออกซิเจนผ่านได้ด้วย

เตาที่ 2 เป็นเตาชนิดตุ้ (หรือ ถ้าเป็นท่อก็ต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางกว้างกว่า 10 ซม.) เตาที่สามารถลดหรือเพิ่มอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติโดยอุณหภูมิซึ่งสามารถควบคุมได้นี้ต้องดีกว่า 1 องศาต่อนาที

กำหนดเวลาที่จะจัดซื้อ ภายใน 3 เดือนแรก หลังจากทำสัญญา

เหตุผลและความจำเป็น ในปัจจุบันทางกลุ่มผู้วิจัยต้องยืมเตาเผาของภาควิชาเคมีมาใช้ ซึ่งเตาเป็นเตาขนาดเล็ก อีกทั้งระยะเวลาที่ทางภาควิชาเคมีให้ยืมก็จำกัด (ถึงเดือนกรกฎาคม นี้) เตาเป็นเตาซึ่งไม่สามารถเพิ่มหรือลดอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติ ทำให้ผู้วิจัยต้องเสียเวลาอย่างมากในการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ ทั้งนี้เพราะสารตัวนำยิ่งยวดจะมีคุณภาพขึ้นอยู่กับกระบวนการอุณหภูมิอย่างช้า ๆ แต่สม่ำเสมอ (เช่น 1 องศาต่อนาที เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จาก 800 ถึง 280 องศาเซลเซียส ในกรณีของ Bi-Sr-Ca-Cu-O) ในอนาคตหลังจากที่เตรียมสารตัวนำยิ่งยวดได้ในลักษณะแผ่นฟิล์ม แล้ว

แผ่นฟิล์มที่ต้องนำมาเผาและจ่ายออกซิเจนเติมให้อีกครั้ง ดังนั้น อุปกรณ์
เตาเผาจึงมีความจำเป็นอย่างมาก

13.3.3 **เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล** 132,750.- บาท

แหล่งที่ซื้อ บริษัท เมเซอร์โทรนิคส์ จำกัด ซึ่งเป็นตัวแทนของบริษัท FLUKE อเมริกา
รายละเอียด ต้องสามารถวัดอุณหภูมิได้ละเอียดถึง $.1^{\circ}\text{C}$ โดยช่วงวัดอุณหภูมิต้อง
อยู่ในช่วง -180°C ถึง 100°C หรือดีกว่า ต้องสามารถเลือกวัดเป็น
องศาเซลเซียสหรือฟาเรนไฮด์ได้ สามารถเชื่อมต่อกับ thermocouple
ได้หลายแบบ และ ต้องสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ รวมทั้งระบบ
คอมพิวเตอร์ได้ด้วย ทั้งนี้เนื่องการจัดเก็บข้อมูลอย่างมีระบบ ลักษณะของ
เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลซึ่งตรงตามข้อกำหนดนี้คือ FLUKE Digital
thermometer model 2190 A พร้อมอุปกรณ์

ราคาอุปกรณ์ ซื้อ off shelf ทั้งระบบ รวม 132,750.- บาท

เหตุผลและความจำเป็น การวัดคุณสมบัติของสารตัวนำยิ่งยวดนี้ ปัจจัยหลักก็คือ ต้อง
สามารถวัดค่า Tc ที่แท้จริงได้ ซึ่งอุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการขณะนี้
ไม่สามารถทำเป็นขึ้นได้ นอกจากค่า Tc แล้ว ในการเตรียมสารก็จำเป็นต้อง
ต้องทราบอุณหภูมิที่เที่ยงตรงของเตาเผา ซึ่งในปัจจุบันใช้ thermocouple
ต่อกับอุปกรณ์วัด ซึ่งไม่สะดวกและค่าไม่ถูกต้อง ปัจจุบันอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ
มาตรฐานเช่นนี้ยังไม่ใช้ในภาควิชา

13.3.4 **ดิจิตอลมัลติมิเตอร์** ชุดละ 87,000.- บาท จำนวน 2 ชุด 174,000.- บาท

แหล่งที่ซื้อ จัดซื้อในประเทศ จากบริษัท เมเซอร์โทรนิคส์ จำกัด ซึ่งเป็นตัวแทน
ขายผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ของ FLUKE U.S.A.

รายละเอียด ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ที่ต้องการต้องสามารถวัดค่าศักย์ไฟฟ้าได้ละเอียดถึง
 100 nV และค่ากระแสที่ละเอียดที่สุดได้อย่างน้อย 1 โดยมีค่าความ
เที่ยงตรงของการวัดศักย์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ละเอียดถึง 0.003% และ
ศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับได้ละเอียดถึง 0.08% นอกจากนี้ต้องสามารถ
เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ เมื่อประโยชน์ในการเก็บข้อมูลและความคุม
การทดลอง

ราคาอุปกรณ์ ซื้อ off shelf ราคาละ 87,000.- บาท 2 ชุด จำนวนเงิน
174,000.- บาท

เหตุผลและความจำเป็น การที่จะทำการวิจัยและสามารถตีพิมพ์ผลงานได้อย่างมั่นใจ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่สามารถอ่านค่าได้อย่างละเอียด อีกทั้งอุปกรณ์ดิจิทัล มิลลิเมตรนี้ สามารถใช้ในการวัดคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของสารตัวนำยิ่งยวด ได้ทุกการทดลอง ไม่ว่าจะเป็นค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้า หรือคุณสมบัติทางแม่เหล็ก ฯลฯ สาเหตุที่จำเป็นต้องใช้ 2 เครื่อง ก็เนื่องจากส่วนใหญ่แล้วจำเป็นต้องวัดค่าในลักษณะสัมพัทธ์กัน เช่น คัดยัไฟฟ้าที่ตกคร่อมสารตัวนำยิ่งยวดเทียบกับคัตยัไฟฟ้าที่ผ่านจากเทอร์โมคัปเปิล เป็นต้น ซึ่งค่าเหล่านี้ล้วนเป็นค่าที่มีค่าต่ำ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ซึ่งสามารถอ่านได้ละเอียดสูง ดิจิทัลมิเตอร์ของ FLUKE digital Multimeter model 8842 A

13.3.5 **เครื่องชั่งชนิดละเอียด (DTL Cahn Balance)** 120,000.- บาท

แหล่งที่ซื้อ บริษัท เบคไทย กรุงเทพมหานคร เคมีภัณฑ์ จำกัด

รายละเอียด ต้องเป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้วัดค่าน้ำหนักสารได้ละเอียดถึงหนึ่งในร้อย มิลลิกรัม และต้องสามารถเช็ดน้ำหนักได้ทั้งจากการวางบนฐานด้านบนหรืออาจจะโดยวัดจากแรงดึงทางด้านล่างของฐานก็ได้ นอกจากนี้ค่าที่อ่านได้ต้องสามารถนำไปเชื่อมโยงกับระบบคอมพิวเตอร์ได้ อุปกรณ์ที่มีรายละเอียดตามที่กล่าวมาคือ Cahn DTL Balance model DTL-3

กำหนดเวลาการจัดซื้อ ภายใน 3 เดือนแรกหลังจากทำสัญญา

ราคาอุปกรณ์ ราคายกเว้นภาษี ชดเชย 120,000.- บาท
ค่าภาษี 56,500.- บาท

เหตุผลและความจำเป็น อุปกรณ์เครื่องซึ่งที่สามารถอ่านค่าได้ละเอียด จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการเตรียมสาร และจากคุณสมบัติพิเศษของ DTL-3 กล่าวคือสามารถทราบน้ำหนักจากแรงดึงทางด้านล่างของงานได้ และค่าที่อ่านได้สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ ทำให้สามารถประยุกต์ไปใช้วัดค่า Magnetic Susceptibility ของสารได้ ซึ่งค่า Magnetic Susceptibility นี้จะสามารถอธิบายคุณสมบัติทางแม่เหล็กของสารตัวนำยิ่งยวดได้อย่างดี

13.3.6 เครื่องบันทึก 2 แกน (X-Y Recorder) 55,000.- บาท

แหล่งที่ซื้อ ชื่อจาก บริษัท OMEGA สหรัฐอเมริกา

รายละเอียด สามารถรับสัญญาณอะนาล็อกจากศักย์ไฟฟ้า 2 แหล่ง แล้วแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสองได้บนกระดาษขนาดไม่ต่ำกว่า 11"x7" โดยมีความละเอียดในการพล็อตไม่ต่ำกว่า 0.5% และสามารถรับศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้มีขนาดตั้งแต่ 1 mV ถึง 10 โวลต์ และมี Sweep Speed ตั้งแต่ 0.1 - 20 วินาที/ชม. อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติดังนี้คือ OMEGA Model P.N-26

กำหนดเวลาที่จะจัดซื้อ ภายใน 3 เดือนแรกหลังจากทำสัญญา

ราคาอุปกรณ์ ราคา CIF ถึงเมืองไทยประมาณ 55,000.- บาท

ภาษี ประมาณ 40% 20,000.- บาท

เหตุผลและความจำเป็น อุปกรณ์ X-Y recorder จำเป็นอย่างมากสำหรับการวัดค่าคุณสมบัติต่าง ๆ เกี่ยวกับอุณหภูมิ เช่น resistivity, Magnetic Susceptibility ฯลฯ ซึ่งจากผลที่ได้ทำให้สามารถบวกลบคุณสมบัติของสารตัวนำยิ่งยวดได้ทันที เช่น จุดที่เริ่มเปลี่ยนสภาพ (Tc) ฯลฯ

13.3.7 DC Magnetron Sputtering Accessories 215,000.- บาท

แหล่งที่ซื้อ จากบริษัท Edward หรืออาจจัดซื้อภายในประเทศ

รายละเอียด เป็นชุดอุปกรณ์ซึ่งสามารถนำมาต่อเติมเข้ากับอุปกรณ์เคลือบผิวระบบสุญญากาศ (vacuum coater) ของบริษัท Edwards รุ่น 306A ได้โดยหากเมื่อติดตั้งแล้วต้องทำให้สามารถเพิ่มอัตราการ deposit บน substrate อยู่ในช่วงไม่ต่ำกว่า 2-3 ไมครอนต่อนาที (ซึ่งสูงจาก Diode sputtering มาก)

กำหนดเวลาที่จะจัดซื้อ ภายใน 3 เดือนหลังจากได้ทำสัญญา

เหตุผลและความจำเป็น ปัจจุบันอุปกรณ์เคลือบผิวที่ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีใช้อยู่นี้ คือ Edwards รุ่น 306 A พร้อม DC Diode sputtering ซึ่งเป็นอุปกรณ์ซึ่งมีราคาสูงมาก สามารถใช้ในการเคลือบผิววัสดุที่เป็นตัวนำได้อย่างดี แต่สำหรับสารตัวนำยิ่งยวดที่อุณหภูมิสูงนี้เป็นสารเซรามิกซ์ ซึ่งที่อุณหภูมิปกติจะมีความต้านทานสูง การใช้ Diode Sputtering อย่างเดียวอาจใช้เวลาานและได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร เครื่องเคลือบผิว Edwards 306 A นี้เป็นอุปกรณ์พื้นฐานซึ่งสามารถเพิ่มเติมให้มีคุณสมบัติเป็น DC Magnetron Sputtering

System (ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการเคลื่อนผิวโดยใช้สารที่มีความต้านทานสูงนี้ทำได้โดยง่าย) ได้ทันที ทำให้สามารถประหยัดไปได้มาก

13.3.8 **เครื่องตัดสารตัวอย่าง** 10,000.- บาท

แหล่งที่ซื้อ จ้างเหมาทำในประเทศ

รายละเอียด สามารถตัดสารตัวอย่างซึ่งมีความแข็งได้โดยไม่มีการสั่นคลอนของใบมีดตัดและต้องสามารถหมุนใบเลื่อยได้ด้วยความเร็วสูง

ราคาอุปกรณ์ จ้างเหมาทำภายในประเทศราคาชุดละ 10,000.- บาท

เหตุผลและความจำเป็น เพื่อใช้ตัดสารตัวอย่างสำหรับใช้วัดค่าคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น Resistivity, Magnetic Susceptibility ทั้งนี้ เพราะสารที่เตรียมได้จะอยู่ในสภาพเป็นเม็ด (pellet) ไม่เหมาะสำหรับนำมาวัดโดยตรง

13.3.9 **เครื่องอัดสารตัวอย่าง** 20,000.- บาท

แหล่งที่ซื้อ จ้างเหมาทำในประเทศ

รายละเอียด เป็นเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ซึ่งสามารถอัดได้ด้วยความดันถึง 10 ตัน

ราคาอุปกรณ์ จ้างเหมาทำภายในประเทศราคาชุดละ 20,000.- บาท

เหตุผลและความจำเป็น เพื่อใช้อัดสารตัวอย่างให้เป็นเม็ดหรือเป็นทรงต่าง ๆ เนื่องจากสารตัวนำยิ่งยวดที่อุณหภูมิสูงนี้เป็นเซรามิกส์ ดังนั้น จึงต้องทำให้เกล็ดสาร (grain) เกาะติดกันมากที่สุด

13.4 ค่าวัสดุ

เนื่องจากงานวิจัยเรื่องนี้มีเนื้อหาที่จะทำวิจัยอยู่ 2 แนวคือ การพัฒนาแผ่นฟิล์มบางโดยใช้สปีดเตอร์ริง และแผ่นฟิล์มหนาโดยใช้พลาสมาสเปรย์ ดังนั้น เพื่อให้ภาพพจน์ดีขึ้นจึงขอแยกอธิบายงบการใช้วัสดุเป็นแต่ละโครงการ

ก) ค่าวัสดุในโครงการเตรียม วิเคราะห์/วัด และประยุกต์ใช้ฟิล์มบางของสารตัวนำยิ่งยวด โดยวิธีพลาสมาสปีดเตอร์ริง

13.4.1 วัสดุอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้า 5๘,๕๕๕.- บาท

วัสดุในหมวดนี้เป็นวัสดุทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งใช้ในการสร้างวงจรขยายสัญญาณ วงจรตัดสัญญาณรบกวน และอื่น ๆ ฯลฯ เพื่อใช้ประกอบการวัดค่าทางไฟฟ้า และค่าทางแม่เหล็กของสารตัวนำยิ่งยวด รายละเอียดของวัสดุในหมวดนี้มีดังนี้

- 1) low noise preamp AD 518 ราคาตัวละ @ 8๐๐.- บาท 2 ตัว 1,6๐๐.- บาท
- 2) low noise preamp AD 5๐4 " @ 1,5๐๐.- " 2 " 3,๐๐๐.- บาท
- 3) low noise preamp AD 515 " @ 1,๐๐๐.- " 4 " 4,๐๐๐.- บาท
- 4) Thermocouple สำหรับใช้วัดอุณหภูมิของเตาเผาและอุณหภูมิซึ่งสารมีสภาพเป็นตัวนำยิ่งยวด

Type J Thermocouple wires (สำหรับวัดอุณหภูมิต่ำ)

Omega Cat.No. TTJ 30 (AWG 30)	ราคา/4๐ ฟุต	2,๐๐๐.- บาท
TTJ 36 (AWG 30)	ราคา/5๐ ฟุต	2,4๐๐.- บาท
TTJ 40 (AWG 40)	ราคา/5๐ ฟุต	3,๐๐๐.- บาท

Type S Thermocouple (สำหรับวัดอุณหภูมิสูง)(platinum vs pt+10% RL)

Omega Cat.No.SPPI-0๐5 (platinum) wire dia..๐๐5	ราคา/ฟุต	
2๐๐.- บาท จำนวน 1๐ ฟุต =		2,๐๐๐.- บาท
SP10RH-0๐5 (pt+10% RL) wire dia..๐๐5	ราคา/ฟุต	
2๐๐.- บาท จำนวน 1๐ ฟุต =		2,๐๐๐.- บาท
Cat.No.SPPL-02๐	dia..๐๐2 ราคา/ฟุต	
2,5๐๐.- บาท จำนวน 6 ฟุต =		15,๐๐๐.- บาท
Cat.No.SP10RH-02๐	dia..๐๐2 ราคา/ฟุต	
2,5๐๐.- บาท จำนวน 6 ฟุต =		15,๐๐๐.- บาท
	รวมทั้งสิ้น	5๘,5๕๕.- บาท

13.4.2	วัสดุเครื่องแก้วและวัสดุทนความร้อน	150,000.-	บาท
1)	ท่อควอทซ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2" ยาว 30"		
	จำนวน 20 ท่อ ราคาต่อละ 1,000.- บาท เป็นเงิน	20,000.-	บาท
2)	ครกทำด้วย Argate ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม.		
	ราคาต่อหน่วย 10,000.- บาท จำนวน 2 ชิ้น เป็นเงิน	20,000.-	บาท
3)	อุปกรณ์เครื่องแก้ว Dessicator ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม.		
	ราคาต่อหน่วย 5,000.- บาท รวม 3 หน่วย เป็นเงิน	15,000.-	บาท
4)	Crucible สำหรับเผาสาร		
	Alumina Crucible แบบถ้วยพร้อมฝาปิด เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม.		
	สูง 4 ซม. ราคาต่อหน่วย 100.- บาท รวม 200 ชุด		
	เป็นเงิน	20,000.-	บาท
	Alumina Boat ขนาดยาว 10 ซม. กว้าง 2 ซม.		
	ราคาต่อหน่วย 200.- บาท รวม 100 อัน เป็นเงิน	20,000.-	บาท
	Platinum Crucible 4 ชุด ขนาด 3x4 ซม.		
	ราคาต่อหน่วย 2,000.- บาท เป็นเงิน	8,000.-	บาท
	Gold Crucible 2 ชุด ขนาด 3x4 ซม.		
	ราคาต่อหน่วย 1,500.- บาท เป็นเงิน	3,000.-	บาท
5)	Substrate สำหรับ thin film		
	- SrTiO ₃ ขนาด 1 ตร.นิ้ว ราคา 10,000.- บาท จำนวน 2 ชุด		
	เป็นเงิน	20,000.-	บาท
	- ZrO ₂ ขนาด 1 ตร.นิ้ว ราคา 2,000.- บาท จำนวน 4 ชุด		
	เป็นเงิน	8,000.-	บาท
	- MgO ขนาด 1 ตร.นิ้ว ราคา 500.- บาท จำนวน 4 ชุด		
	เป็นเงิน	2,000.-	บาท
	- Al ₂ O ₃ ขนาด 1 ตร.นิ้ว ราคา 500.- บาท จำนวน 8 ชุด		
	เป็นเงิน	4,000.-	บาท
	- Sapphire ขนาด 1 ตร.นิ้ว ราคา 500.- บาท จำนวน 20 ชุด		
	เป็นเงิน	10,000.-	บาท

13.4.3 วัสดุสารเคมี

250,000.- บาท

วัสดุสารในส่วนนี้ประกอบด้วยวัสดุเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารและวัสดุเคมี เพื่อใช้ทำ
ความสะอาด (โดยมีรายละเอียดของราคาแนบท้ายมาด้วยแล้ว)

1) สารเคมีเพื่อใช้ทำความสะอาด

- Ethanol (Absolute)	จำนวน 10 ลิตร	= 10,000.- บาท
- Acetone	จำนวน 20 ลิตร	= 20,000.- บาท

2) สารเคมีที่ใช้เตรียมสารตัวนำยิ่งยวด อาทิเช่น Y-Ba-Cu-O, Bi-Sr-Ca-Cu-O

- Copper Oxide	จำนวน 4 กิโลกรัม	= 32,000.- บาท
- Yttrium Oxide	จำนวน .75 กิโลกรัม	= 97,000.- บาท
- Barium Carbonate	จำนวน 2 กิโลกรัม	= 5,000.- บาท
- Strontium Carbonate	จำนวน 2 กิโลกรัม	= 4,000.- บาท
- Strontium Oxide	จำนวน 2 กิโลกรัม	= 4,000.- บาท
- Holmium Oxide	จำนวน 60 กรัม	= 12,000.- บาท
- Bismuth Carbonate	จำนวน 2 กิโลกรัม	= 10,000.- บาท
- Bismuth Oxide	จำนวน 2 กิโลกรัม	= 10,000.- บาท
- Calcium Carbonate	จำนวน 2 กิโลกรัม	= 1,000.- บาท
- Titanium Dioxide	จำนวน 3 กิโลกรัม	= 3,500.- บาท
- Lithium Carbonate	จำนวน 1.5 กิโลกรัม	= 7,500.- บาท
- Erbium Oxide	จำนวน 100 กรัม	= 14,000.- บาท

3) วัสดุเคมีอื่น ๆ อาทิเช่น

ลวดอินเดียม (Indium Wire)	6,000.- บาท/ชุด	= 6,000.- บาท
Silver paint	9,000.- บาท/150 ml	= 9,000.- บาท

4) แก๊สที่จำเป็นต้องใช้

ออกซิเจน ถังละ 250.- บาท	จำนวน 20 ถัง	= 5,000.- บาท
รวมงบประมาณทั้งสิ้นสำหรับวัสดุเคมี		= 250,000.- บาท

รายละเอียดราคาสารเคมี (Price list for chemical compounds)

	Unit Price (B)
Yttrium Oxide, puriss, 5N	50 ๑./6,500
Cupric Oxide, puriss, p.a.	500 ๑./4,000
Barium Carbonate, puriss, p.a.	1 Kg./2,500
Strontium Carbonate, purum	1 Kg./2,000
Calcium Carbonate, purum	1 Kg./500
Titanium Dioxide, purum	1 Kg./1,000
Bismuth Carbonate, purum	1 Kg./5,000
Bismuth Oxide, purum	500 ๑./2,500
Lithium Carbonate, puriss	500 ๑./2,500
Erbium Oxide, puriss	25 ๑./3,500
Gadolinium Oxide	25 ๑./3,000
Holmium Oxide	5 ๑./1,000
Ethanol(absolute)	1 litre/1,000
Acetone	1 litre/500
13.4.4 วัสดุเชิงกลอื่น ๆ ซึ่งประกอบด้วย	48,200.- บาท
- เบ้าอัดเม็ดสารตัวอย่างทำด้วยสแตนเลส ขนาด 10,000.- บาท	
จำนวน 2 ชุด	= 20,000.- บาท
- ใบมีด (diamond blade) สำหรับเครื่องตัดสารตัวอย่าง	
ชิ้นละ 10,000.- บาท จำนวน 2 ชิ้น	= 20,000.- บาท
- แทนโลหะ	= 2,000.- บาท
- สายพาน	= 500.- บาท
- สายไฟ	= 200.- บาท
- วัสดุอื่น ๆ	= 300.- บาท
- ท่อสแตนเลสขนาด :-	
เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. ยาว 2 เมตร 2 ท่อ	= 1,000.- บาท
1.5 ซม. ยาว 2 เมตร 2 ท่อ	= 1,500.- บาท
2 ซม. ยาว 2 เมตร 2 ท่อ	= 2,700.- บาท

13.4.5	วัสดุคอมพิวเตอร์	15,800.-	บาท
	- กระดาษต่อเนื่องสำหรับใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์		
	ขนาด 9"x11" ราคากล่องละ 290.- บาท รวม 10 กล่อง	2,900.-	บาท
	- diskettes สำหรับเก็บข้อมูลขนาด 5 1/4" ราคากล่องละ 600.- บาท รวม 10 กล่อง	6,000.-	บาท
	- diskettes ขนาด 3 1/2" จำนวน 4 กล่อง		
	กล่องละ 1,200.- บาท	4,800.-	บาท
	- หมึกพิมพ์สำหรับเครื่องพิมพ์ EPSON อันละ 350.- บาท		
	จำนวน 6 อัน	2,100.-	บาท

รวมรายการวัสดุพิมพ์ ก

1.	วัสดุอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้า	50,000.-	บาท
2.	วัสดุเครื่องแก้วและวัสดุทนความร้อน	150,000.-	บาท
3.	วัสดุสารเคมี	250,000.-	บาท
4.	วัสดุเชิงกล	48,200.-	บาท
5.	วัสดุคอมพิวเตอร์	15,800.-	บาท
	รวม	514,000.-	บาท

ข) ในโครงการวิจัยพลาสมาสเปร์ย์ แยกรายการได้ดังนี้

13.4.6	วัสดุไฟฟ้ากำลัง เพื่อป้อนไฟฟ้าแก่เครื่องจ่ายกำลังพลาสมา	39,200.-	บาท
	แยกเป็น :-		
	- สายพิวส์และสวิตช์ปลอดภัย ขนาด 150A ใช้ 3 ชุด เพื่อควบคุมไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้า 500 kVA เมนไฟฟ้าอาคารและประจำที่ห้องสเปร์ย์ ชุดละ 3,500.- บาท 3 ชุด	10,500.-	บาท
	- สายเคเบิลแอมป์สูง 600V 150V เป็นสายทองแดง พื้นทึ่หน้าตัด 25 ตารางมิลลิเมตร ต้องใช้สายยาว 140 เมตร รวม 4 เส้น ราคา만원ละ 4,350 บาท/100 เมตร ต้องใช้ 6 ม้วน	26,100.-	บาท
	- รางยึดสายไฟ (wire rack) พร้อมลูกถ้วยฉนวน เพื่อใช้ยึดสายเคเบิล 4 สาย ภาดไปตามอาคาร ราคา 75.- บาท/ชุด ใช้ 20 ชุด	1,500.-	บาท

	- แคลมป์ต่อสายไฟ ขนาด 150A 8 อัน ๆ ละ 100.- บาท	800.- บาท
	- แท่งทองแดงยาว 1 เมตร ใช้ทำสายดินของเครื่องจ่ายกำลัง	300.- บาท
13.4.7	วัสดุผงสเปรย์เพื่อทดสอบเครื่องและเตรียมสารตัวนำยิ่งยวด	111,800.- บาท
	- ผงสารตัวนำยิ่งยวด $YBa_2Cu_3O_7$ สำเร็จรูป ซึ่งจะซื้อจากบริษัท Metco เตรียมพิเศษสำหรับงานสเปรย์ โดยมีขนาดผงที่เหมาะสม การใช้ผงสำเร็จรูปทำให้วัสดุเริ่มต้นเหมือนกัน แต่จะเปลี่ยนแปลงกระบวนการสเปรย์ ราคา FOB, Westbury, New York 1 กก. US \$ 2,500.00 ราคาถูกกว่าการซื้อผง BrO , Y_2O_3 , CuO แยกเป็นถึง 2 เท่า, รวมค่าภาษีวัสดุ 40%	80,800.- บาท
	- ผงวัสดุยึดผิว (Bonding powder) NiCrAlY ของ Metco ใช้สเปรย์ผิวเพื่อให้ยึดแน่น 1 กก. 15,000.- บาท รวมภาษี 40%	21,000.- บาท
	- ผงวัสดุเซรามิกสังเคราะห์ (AL ₂ O ₃) 2 กก. (ใช้สเปรย์ทดสอบเครื่อง)	10,000.- บาท
13.4.8	วัสดุสำหรับปรุห้องสเปรย์ เพื่อป้องกันเสียง ฝุ่น และ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำที่อุดคควันพีช และฉนวนทนไฟ (ห้องสเปรย์ ราคาสำเร็จรูปของ Metco US \$ 11,714.00)	24,150.- บาท
	- แผ่นเรียบทนไฟ 10 แผ่น ๆ ละ 120.- บาท	1,200.- บาท
	- แผ่นสังกะสี 4x8 ฟุต แผ่นละ 500.- บาท 10 แผ่น	5,000.- บาท
	- แผ่นอะลูมิเนียม 4x8 ฟุต แผ่นละ 800.- บาท 10 แผ่น	8,000.- บาท
	- อิฐทนไฟขนาดปูนซีเมนต์ไทย (ST-76) 40 ก้อน ๆ ละ 40.-บาท	1,600.- บาท
	- ปูนทนไฟ (Mortar) 10 กุง ๆ ละ 50.- บาท	500.- บาท
	- คอนกรีตทนไฟ 50 กิโลกรัม ๆ ละ 60.- บาท	3,000.- บาท
	- อะไหล่ใบพัดคูดลม 1 อัน ๆ ละ 800.- บาท	800.- บาท
	- แผ่นแอสเบสตอสทนไฟ 1 แผ่น	1,000.- บาท
	- ลวดตาข่ายขนาดเล็ก 30 เมตร ๆ ละ 10.- บาท	300.- บาท
	- แผ่นนลาสติก (อะคลิลิก) หนา 5 มม. ขนาด 4x8 ฟุต	2,000.- บาท
	- ท่อพีวีซี ขนาด 6 นิ้ว ยาว 3 เมตร ท่อละ 250.- บาท	750.- บาท

13.4.9	วัสดุฟิล์มและเทปทีวี เพื่อใช้บันทึกภาพพลาสมาสเปร์ยขณะทำงาน	3,270.-	บาท
	- ฟิล์มสไลด์ 36 รูป 5 ม้วน ๆ ละ 150.- บาท	750.-	บาท
	- ฟิล์มสี 36 รูป 5 ม้วน ๆ ละ 80.- บาท	400.-	บาท
	- ฟิล์มขาวดำ 36 รูป 5 ม้วน ๆ ละ 70.- บาท	350.-	บาท
	- เทปบันทึกภาพชนิด 120 นาที 1 ตลับ	170.-	บาท
	- ฟิล์มโพลารอยด์ 4 กล้อง ๆ ละ 8 รูป กล้องละ 400.- บาท	1,600.-	บาท
	(สำหรับถ่ายภาพจากจอออสซิลโลสโคป)		
13.4.10	วัสดุก๊าซพลาสมาและก๊าซนำผงป้อนระบบสเปร์ย	18,230.-	บาท
	(ไม่รวมค่ามัดจำถัง)		
	- ก๊าซไฮโดรเจน 3 ถัง ๆ ละ 6 ลบ.ฟุต ๆ ละ 720.- บาท	2,160.-	บาท
	- ก๊าซฮีเลียม 2 ถัง ๆ ละ 4,200.- บาท (เกรดแลกเปลี่ยน)	8,400.-	บาท
	- ก๊าซอาร์กอน 3 ถัง ๆ ละ 1200.- บาท ขนาด 6 ลบ.ฟุต	3,600.-	บาท
	- ก๊าซไนโตรเจน 3 ถัง ๆ ละ 750.- บาท (เกรดแลกเปลี่ยน)	1,250.-	บาท
	- ก๊าซออกซิเจน 3 ถัง ๆ ละ 240.- บาท	720.-	บาท
	- ก๊าซอะซีทีลีน 2 ถัง ๆ ละ 500.- บาท	1,000.-	บาท
	- ก๊าซบอนไดออกไซด์ 2 ถัง ๆ ละ 500.- บาท	1,000.-	บาท
13.4.11	วัสดุเพื่อระบบความปลอดภัย ป้องกันนักวิจัย 2 คน จาก	3,500.-	บาท
	ก๊าซพิษ, แสงอัลตราไวโอเล็ต, เสียงระดับ 100 เดซิเบล		
	และไฟฟ้าแอมสูงขณะทำการทดลองสเปร์ย ใช้ของภายใน		
	ประเทศอย่างง่าย		
	- ถุงมือหนัง 2 คู่ ๆ ละ 250.- บาท	500.-	บาท
	- ครอบหูป้องกันเสียง 2 คู่ ๆ ละ 400.- บาท	800.-	บาท
	- หน้ากากป้องกันแสงยูวี พร้อมกระจกกรองแสง		
	2 อัน ๆ ละ 500.- บาท	1,000.-	บาท
	- ครอบจมูกป้องกันควันพิษ 2 อัน ๆ ละ 300.- บาท	600.-	บาท
	- ค่าอัดน้ำยาดับเพลิง (ถังมีแล้ว) 1 ครั้ง	600.-	บาท
13.4.12	วัสดุเคมี เพื่อใช้ทำความสะอาดผิว ชัดผิววัสดุรองรับ	12,320.-	บาท
	และเตรียมสารตัวอย่าง และใช้ในระบบสุญญากาศ		
	- แอลกอฮอล์ 1 ลิตร ๆ ละ 1,000.- บาท	1,000.-	บาท
	- กรดไนตริก 1 ขวด	400.-	บาท
	- กระดาษทรายและผงขัดหลายเกรด	500.-	บาท

	- น้ำมันก๊าด 1 บีบ 2๑ ลิตร	2๑๐.- บาท
	- ถังน้ำพลาสติก (ใส่น้ำกลั่น) 1 ลูก	8๐.- บาท
	- กิโนเนอร์จ 1 ลิตร ๗ ละ 2๐.- บาท 1๐ ลิตร	2๐๐.- บาท
	- น้ำยากัดสนิม จ 45๐ ลบ.ซม. 2 ขวด ๗ ละ 65.- บาท	13๐.- บาท
	- ยาขัดโลหะชนิดครีม จ 7๐ กรัม 2 กระป๋อง ๗ ละ 35.- บาท	7๐.- บาท
	- ครกอะลูมินา 1 ลูก	1๐๐.- บาท
	- น้ำมันสบูโรตารี 1 แกลลอน	1,2๐๐.- บาท
	- อีพอกซีสูญญากาศ (Vacuum Epoxy หรือ Silver Epoxy) ขนาด 1 ปอนด์ ซื้อมาจากต่างประเทศ โดยขนส่งทางไปรษณีย์ ถึงหาดใหญ่ รวมภาษี 4๐% แล้ว	3,64๐.- บาท
	- ท่อแก้วควอทซ์ ขนาด 2 นิ้ว ยาว 3๐ นิ้ว 2 ท่อน ท่อนละ 1,๐๐๐.- บาท	2,๐๐๐.- บาท
	- ทองคำ 1/2 บาท (เพื่อใช้ระเหิดในสูญญากาศเป็น รอยต่อไฟฟ้ากับสารตัวนำยิ่งยวด)	2,5๐๐.- บาท
	- ผงซิลิกาเจล (ใช้ดูดความชื้น) 1 กก.	3๐๐.- บาท
13.4.13	<u>วัสดุรองพื้น</u> (substrate) สำหรับแผ่นสเปร์ย์เพื่อเตรียม สารตัวนำยิ่งยวดและทดลองทำสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบ	5,73๐.- บาท
	- แผ่นเหล็กสเตนเลส ขนาด 4x8 ฟุต 1 แผ่น	1,5๐๐.- บาท
	- แผ่นทองแดงหนา 4x8 ฟุต หนา 1 มม.	1,2๐๐.- บาท
	- แผ่นอะลูมินา ขนาด 2๐x2๐x1 มม. จำนวน 1๐ แผ่น แผ่นละ 4๐.- บาท	4๐๐.- บาท
	- ลวดความร้อน สำหรับทำความร้อนวัสดุรองพื้น	5๐๐.- บาท
	- วงจรควบคุมอุณหภูมิ 1 ชุด สำหรับลวดความร้อน	1,๐๐๐.- บาท
	- ที่จับยึดวัสดุรองพื้น (substrate manipulator)	1,13๐.- บาท
13.4.14	<u>วัสดุสำหรับระบบระบายความร้อนหัวอาร์คนพลาสมา</u> ใช้น้ำเย็น จากเครื่องทำน้ำเย็นวงจรปิดที่มีอยู่แล้ว	3,4๐๐.- บาท
	- ท่อพีวีซี ขนาด 1/2 นิ้ว 12 ท่อน ๗ ละ 4 เมตร พร้อม ข้อต่อตรง โค้ง สามทาง, กวาทาก่อ	1,8๐๐.- บาท
	- สายยางความดันสูงสีดำ 15 เมตร ๗ ละ 4๐.- บาท	6๐๐.- บาท
	- ก๊อกน้ำ (ball valve) 4 อัน ๗ ละ 25๐.- บาท	1,๐๐๐.- บาท

13.4.15	วัสดุสำหรับพัฒนาระบบสเปร์ย์และป้อนผงวัสดุและหัวสเปร์ย์	8,100.-	บาท
	- สายยางความดันสูงขนาด 1/4 ยาว 2 เมตร ๆ ละ 50.- บาท	100.-	บาท
	- หัวจ่ายผงวัสดุ (nozzle) 1 อัน	800.-	บาท
	- กรวยป้อนผงวัสดุ 1 อัน	1,500.-	บาท
	- เฟืองป้อนผงขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาดเล็ก	500.-	บาท
	- แท่งทองแดง (ใช้ทำ nozzle) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว 5 กิโลกรัม ๆ ละ 180.- บาท	900.-	บาท
	- วงแหวนยางและยางปะเก็นขนาดต่าง ๆ	500.-	บาท
	- ข้อต่อท่อน้ำขนาดเล็กอย่างดี 40 อัน ๆ ละ 200.- บาท	800.-	บาท
	- ท่อก๊าซแบบโลหะพร้อมข้อต่อยาว 2 เมตร ๆ ละ 500.- บาท จำนวน 4 ท่อ	2,000.-	บาท
	- ถักรวมผง (vibrator) 1 ตัว	1,000.-	บาท
13.4.16	วัสดุไฟฟ้า สำหรับทำกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อวัดค่าทางไฟฟ้า	48,600.-	บาท
	- สายโคแอกเซียลขนาด 50 โอห์ม 20 บาท/เมตร ยาว 50 เมตร	1,000.-	บาท
	- ข้อต่อ BNC แบบต่าง ๆ เช่น ต่อตรง, สามทาง, ท่อ RF 10 ประเภท ๆ ละ 20 ตัว ๆ ละเฉลี่ย 50.- บาท	10,000.-	บาท
	- ฟิลเตอร์ไฟฟ้ากำลั้ง 50 Hz	1,000.-	บาท
	- วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์แบบขึ้นบันได (ramp generator) 1 อัน	1,000.-	บาท
	- วงจรขยายสัญญาณเริ่มต้น (pre-amp) 1 อัน	1,000.-	บาท
	- วงจรจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 25 โวลต์ 1 แอมป์	1,000.-	บาท
	- กล่องพลาสติกเก็บวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ อันละ 20.- บาท จำนวน 10 กล่อง	200.-	บาท
	- วงจรวัดอุณหภูมิพลาสติกด้วยหลอดทั้งสแตน 1 ชุด	1,000.-	บาท
	- คาปาซิเตอร์อิเล็กโทรลิติกแบบกระป๋อง 600 VDC 1uF จำนวน 10 อัน ๆ ละ 500.- บาท (ใช้ประกอบวงจรเร็คตีไฟเออร์)	5,000.-	บาท

- สายซิลหรือท่อทองแดง สำหรับป้องกันคลื่น รบกวน ยาว 10 เมตร ๆ ละ 100.- บาท	1,000.- บาท
- แบตเตอรี่ไฟฟ้า 6V 2A 2 ลูก ๆ ละ 150.- บาท	300.- บาท
- ดินน้ำมันซิลิโคน (silicone putty) ใช้ทำฉนวนไฟฟ้า 1 ชุด	500.- บาท
- คาปาซิเตอร์เซรามิกส์ขนาด 1000 pF 30kV (ใช้ทำวงจร กระแสพัลส์ ป้อนหัวอาร์คไฟฟ้า ตามคำแนะนำของ ดร.วิโรจน์ ตันตราภรณ์ STDB เมื่อ 20 พฤษภาคม 2531 ชื่อต่างประเทศ รวมภาษี 40% แล้ว) ตัวละ 1,000.- บาท 20 ตัว	20,000.- บาท
- ตัวต้านทานแบบลวด 100 kOhm ขนาด 100 วัตต์ (สำหรับใช้กับวงจรพัลส์) จำนวน 2 ตัว ๆ ละ 1,000.- บาท	2,000.- บาท
- ฉนวนไฟฟ้าแบบไมลาร์ (ใช้กับวงจรพัลส์) ราคา 70.- บาท ต่อเมตร จำนวน 10 เมตร	700.- บาท
- แผ่นทองแดงพอยด์อย่างบาง 5 ม้วน ๆ ละ 150.- บาท (ใช้ทำสะพานไฟ)	750.- บาท
- แผ่นอะลูมิเนียมพอยด์ 10 ม้วน ๆ ละ 50.- บาท (ใช้ทำซิล)	500.- บาท
- แท่งเทฟลอน (Teflon) ขนาดหน้ากว้าง 5 นิ้ว 1 กิโลกรัม	1,650.- บาท
13.4.17 วัสดุคอมพิวเตอร์	3,970.- บาท

เพื่อเก็บข้อมูล วิเคราะห์ แสดงผล โดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์
ของภาควิชาฟิสิกส์ และศูนย์คอมพิวเตอร์

- กระดาษพิมพ์ต่อเนื่อง 9"x11" จำนวน 2 กล่อง ๆ ละ 350.- บาท เป็นเงิน	700.- บาท
- แผ่นดิสเก็ต 5 นิ้ว จำนวน 1 กล่อง สำหรับ IBM PC	500.- บาท
- แผ่นดิสเก็ต 3 1/2 นิ้ว จำนวน 2 กล่อง สำหรับ McIntoch	2,400.- บาท
- เทปหมึกพิมพ์คอมพิวเตอร์ จำนวน 1 อัน สำหรับ EPSON	370.- บาท

รวมรายการ วัสดุของโครงการ ข

1. วัสดุไฟฟ้ากำลัง	39,200.- บาท
2. วัสดุผงสเปร์รี่	111,800.- บาท
3. วัสดุปรับปรุงห้องสเปร์รี่	24,150.- บาท
4. วัสดุฟิล์ม	3,270.- บาท
5. วัสดุก๊าซ	18,230.- บาท

6.	วัสดุความปลอดภัย	3,500.-	บาท
7.	วัสดุเคมี	12,320.-	บาท
8.	วัสดุรองพื้น	5,730.-	บาท
9.	วัสดุระบายอากาศความร้อน	3,400.-	บาท
10.	วัสดุระบบผนังสเปร์ย์	8,100.-	บาท
11.	วัสดุไฟฟ้า	48,600.-	บาท
12.	วัสดุคอมพิวเตอร์	3,970.-	บาท
	รวมเงิน	282,270.-	บาท

รายละเอียดงบประมาณวัสดุจำแนกเป็นรายปี

	ปี 1	ปี 2	ปี 3	
กลุ่ม ก				
ก.1	วัสดุอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้า	30,000.-	20,000.-	-
ก.2	วัสดุเครื่องแก้วและวัสดุทนความร้อน	60,000.-	60,000.-	30,000.-
ก.3	วัสดุสารเคมี	100,000.-	100,000.-	50,000.-
ก.4	วัสดุเชิงกล	48,000.-	-	-
ก.5	วัสดุคอมพิวเตอร์	5,000.-	10,000.-	800.-
กลุ่ม ข				
ข.1	วัสดุไฟฟ้ากำลัง	39,200.-	-	-
ข.2	วัสดุผงสเปร์ย์	111,800.-	-	-
ข.3	วัสดุปรับปรุงห้องสเปร์ย์	24,150.-	-	-
ข.4	วัสดุฉนวน	-	3,270.-	-
ข.5	วัสดุก๊าซ	6,110.-	9,010.-	3,110.-
ข.6	วัสดุความปลอดภัย	3,500.-	-	-
ข.7	วัสดุเคมี	4,000.-	4,000.-	4,320.-
ข.8	วัสดุรองพื้น	3,030.-	2,700.-	-
ข.9	วัสดุระบายความร้อน	3,400.-	-	-
ข.10	วัสดุระบบผงสเปร์ย์	8,100.-	-	-
ข.11	วัสดุไฟฟ้า	20,000.-	20,000.-	8,600.-
ข.12	วัสดุคอมพิวเตอร์	-	-	3,970.-
	รวม	466,490.-	228,980.-	100,800.-
	รวม 3 ปี			796,270.-

13.5 ค่าเดินทางและเบี้ยเลี้ยง (ทีม ก)

สำหรับการเดินทางไปร่วมประชุมระหว่างกลุ่มผู้วิจัยโครงการสารตัวนำยิ่งยวด (จัดโดย FTS) ซึ่งจะจัดให้มีขึ้นปีละ 2 ครั้ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ครั้งที่ 1 จัดที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ครั้งที่ 2 จัดที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ครั้งที่ 3 จัดที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ครั้งที่ 4 จัดที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ครั้งที่ 5 จัดที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ครั้งที่ 6 จัดที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยแต่ละครั้งทางกลุ่มจะส่งผู้เข้าร่วมประชุมอย่างน้อย 2 คน

ค่าเดินทางและเบี้ยเลี้ยงจำแนกตามปี

ชื่อ	จุดปลายทาง	วัตถุประสงค์	ค่าใช้จ่าย
ปี 1			
นายพลพงษ์ บุญพรหมณ์	1. กรุงเทพฯ	ประชุมครึ่งปี	4,275.-
	2. เชียงใหม่	ประชุมประจำปี	5,670.-
นายชัยวิทย์ ศิลาวชิราไณย	1. กรุงเทพฯ	ประชุมครึ่งปี	4,275.-
	2. เชียงใหม่	ประชุมประจำปี	5,670.-
นายไพบุลย์ นวลนิล	1. เชียงใหม่	ประชุมประจำปี	3,648.-
		รวมปีที่ 1	23,538.50
ปี 2			
นายพลพงษ์ บุญพรหมณ์	1. กรุงเทพฯ	ประชุมครึ่งปี	4,275.-
นายชัยวิทย์ ศิลาวชิราไณย	1. กรุงเทพฯ	ประชุมครึ่งปี	4,275.-
นายไพบุลย์ นวลนิล	1. กรุงเทพฯ	วิเคราะห์วัสดุ	2,648.-
นายสุรพล ศรีแก้ว	1. กรุงเทพฯ	วิเคราะห์วัสดุ	2,881.-
นางสาวกุศลโรช พลอินทร์	1. กรุงเทพฯ	วิเคราะห์วัสดุ	2,881.-
		รวมปีที่ 2	16,960.50
ปี 3			
นายพลพงษ์ บุญพรหมณ์	1. เชียงใหม่	ประชุมครึ่งปี	5,670.-
	2. กรุงเทพฯ	ประชุมประจำปี	4,275.-
นายชัยวิทย์ ศิลาวชิราไณย	1. เชียงใหม่	ประชุมครึ่งปี	5,850.-
	2. กรุงเทพฯ	ประชุมประจำปี	4,455.-
นายไพบุลย์ นวลนิล	1. กรุงเทพฯ	วิเคราะห์วัสดุ	2,648.50
	2. กรุงเทพฯ	วิเคราะห์วัสดุ	2,648.50
นายสุรพล ศรีแก้ว	1. กรุงเทพฯ	วิเคราะห์วัสดุ	2,648.50
		รวมปีที่ 3	28,195.50
		รวม 3 ปี	68,694.50

นักวิจัย	จุดหมาย	จุดประสงค์ของ การเดินทาง	ปี	จำนวน	ค่าพาหนะ	ค่าเบี้ย เลี้ยง	ค่าที่พัก	ค่าธรรมเนียม	ค่ารถรับจ้าง	รวมเงิน	หมายเหตุ
นายอนุพงษ์ บุญพรานนท์	1) กรุงเทพฯ	ประชุมเพื่อรายงานความ ก้าวหน้าครึ่งปี ครั้งที่ 1	6	3	เครื่องบิน = 2,995.-	80x3 = 240.-	200 x 3 = 600.-	40.-	400.-	4,275.-	
	2) เชียงใหม่	ประชุมเพื่อรายงานความ ก้าวหน้าประจำปี ครั้งที่ 1	6	3	เครื่องบิน = 4,390.-	80x3 = 240.-	200 x 3 = 600.-	40.-	400.-	5,670.-	
	3) กรุงเทพฯ	ประชุมเพื่อรายงานความ ก้าวหน้าครึ่งปี ครั้งที่ 2 และวิเคราะห์ทดสอบวัสดุ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	6	3	เครื่องบิน = 2,995.-	80x3 = 240.-	200 x 3 = 600.-	40.-	400.-	4,275.-	
	4) เชียงใหม่	ประชุมเพื่อรายงานความ ก้าวหน้าประจำปี ครั้งที่ 2	6	3	เครื่องบิน = 4,390.-	80x3 = 240.-	200 x 3 = 600.-	40.-	400.-	5,670.-	
	5) กรุงเทพฯ	ประชุมเพื่อรายงานความ ก้าวหน้า ครั้งที่ 3	6	3	เครื่องบิน = 2,995.-	80x3 = 240.-	200 x 3 = 600.-	40.-	400.-	4,275.-	
นางสุรพล ศรีแก้ว	1) กรุงเทพฯ	วิเคราะห์ ทดสอบวัสดุ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	5	6	รถไฟฟ้ 2 นอน 543x2	70x6 = 420.-	162.50 x 6 = 975.-		430.-	2,941.-	
	2) กรุงเทพฯ	จัดซื้อวัสดุ	5	5	รถไฟฟ้ 2 นอน 543x2	70x5 = 350.-	162.50 x 5 = 812.50		400.-	2,648.50	
นางสาวศุภสิโรช พลอินทร์	1) กรุงเทพฯ	วิเคราะห์ ทดสอบวัสดุ	4	4	รถไฟฟ้ 2 นอน 543x2	70x6 = 420.-	162.50 x 6 = 975.-		400.-	2,941.-	

นักวิจัย	จุดหมาย	จุดประสงค์ของการเดินทาง	ฐิ	จำนวน	ค่าพาหนะ	ค่าเบี้ยเลี้ยง	ค่าที่พัก	ค่าธรรมเนียม	ค่ารถรับจ้าง	รวมเงิน	หมายเหตุ
นายชัยวิทย์ กิลาว์ชานาโย	1) กรุงเทพฯ	ประชุมเพื่อรายงานความก้าวหน้าครึ่งปี ครั้งที่ 1 และทดสอบพลาสมาสเปร์รี่ ที่กองทัพอากาศ	8	3	เครื่องบิน = 2,995.-	80x3 = 240.-	200 x 3 = 600.-	40.-	400.-	4,275.-	
	2) เชียงใหม่	ประชุมเพื่อรายงานความก้าวหน้าประจำปี ครั้งที่ 1	8	3	เครื่องบิน = 4,390.-	80x3 = 240.-	200 x 3 = 600.-	40.-	400.-	5,670.-	
	3) กรุงเทพฯ	ประชุมเพื่อรายงานความก้าวหน้าครึ่งปี ครั้งที่ 2 และวิเคราะห์ทดสอบวัสดุ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	8	3	เครื่องบิน = 240.-	80x3 = 240.-	200 x 3 = 600.-	40.-	400.-	4,275.-	
	4) เชียงใหม่	ประชุมเพื่อรายงานความก้าวหน้าประจำปี ครั้งที่ 2	8	3	เครื่องบิน = 4,390.-	80x3 = 240.-	200 x 3 = 600.-	40.-	400.-	5,670.-	
	5) กรุงเทพฯ	ประชุมเพื่อรายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 3	6	3	เครื่องบิน = 2,995.-	80x3 = 240.-	200 x 3 = 600.-	40.-	400.-	4,275.-	
นายบุญลย์ นวลนิล	1) เชียงใหม่	ประชุมรายงานความก้าวหน้าประจำปี ครั้งที่ 1	5	5	รถไพ้ยน 2 นอน 543x2	70x5 = 350.-	162.50 x 5 = 812.50	-	400.-	3,648.50	
	2) กรุงเทพฯ	ประชุมรายงานความก้าวหน้าประจำปี ครั้งที่ 2	5	5	รถไพ้ยน 2 นอน 543x2	70x5 = 350.-	162.50 x 5 = 812.50	-	400.-	2,648.50	
	3) กรุงเทพฯ	วิเคราะห์ ทดสอบวัสดุ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	5	5	รถไพ้ยน 2 นอน 543x2	70x5 = 350.-	162.50 x 5 = 812.50	-	400.-	2,648.50	
	4) กรุงเทพฯ	ทดลองพลาสมาสเปร์รี่ ที่กองทัพอากาศ	5	5	รถไพ้ยน 2 นอน 543x2	70x5 = 350.-	162.50 x 5 = 812.50	-	400.-	2,648.50	

13.6	ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด (other direct costs)	163,303.50 บาท
	แบ่งออกเป็นค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดของทีม ก	98,610.- บาท
	ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดของทีม ข	64,693.5 บาท

โดยมีรายละเอียดดังนี้

ทีม ก

13.6.1	ค่าบอกรับวารสาร Journal of Superconductor ในอัตราปีละ * 140 เป็นเวลา 3 ปี เป็นเงินทั้งสิ้น	10,710.- บาท
13.6.2	ค่าวิเคราะห์สารตัวอย่างที่ศูนย์เครื่องมือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
	1) วิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง (SEM) เพื่อดูลักษณะผิว ความหนา ความพรุน ตัวอย่างละ 300.- บาท จำนวนทั้งสิ้น 100 ตัวอย่าง	30,000.- บาท
	2) ค่าวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้ x-ray diffraction ตัวอย่างละ 300.- บาท จำนวนทั้งสิ้น 100 ตัวอย่าง	30,000.- บาท
	3) ค่าวิเคราะห์โดยวิธี x-ray fluorescences ตัวอย่างละ 300.- บาท จำนวนทั้งสิ้น 60 ตัวอย่าง	18,000.- บาท
13.6.3	ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มบทความที่เกี่ยวข้อง	4,000.- บาท
13.6.4	ค่าซื้อถังออกซิเจน จำนวน 2 ถัง ๆ ละ 2,000.- บาท	4,000.- บาท
13.4.5	ค่าโทรศัพท์ทางไกลในกรณีติดต่อระบบเครือข่ายกับ FTS (ใช้ช่วงกลางคืนหลัง 22.00 น. ซึ่งอัตราถูกที่สุด)	1,900.- บาท
	รวมทั้งสิ้น	98,610.- บาท

ทีม ข

13.6.7	ค่าบอกรับวารสาร	รวม	11,551.50 บาท
	[บอกรับวารสาร Plasma Chemistry and Plasma Processing ราคาปี 2531 US * 151/ปี คิดอัตรา US 1 = 25.50 บาท บอกรับ 3 ปี เป็นเงิน 11,511.50 บาท บวกค่าธรรมเนียมดริวฟ ธนาकार ไม่มีวารสารนี้ในประเทศไทย จำเป็นสำหรับการติดตามงาน วิจัยด้านกระบวนการประยุกต์ใช้พลาสมา]		

13.6.8	ค่าจ้างเหมา	รวม	16,000.-	บาท
	เป็นค่าจ้างทางเทคนิค คือ			
	1) ค่าจ้างกลึงชิ้นส่วนละเอียดของหัวสเปร์ย์พลาสติกและหัวป้อนผงวัสดุ ต้องอาศัยความชำนาญ		5,000.-	บาท
	2) ค่าจ้างติดตั้งเครื่องจ่ายกำลังพลาสติก เดินท่อน้ำระบายความร้อน เดินทางเคเบิลขนาด 150 แอมแปร์ จากหม้อแปลงไฟฟ้า 500 kVA ไปยังห้องทดลองระยะทาง 140 เมตร		5,000.-	บาท
	3) ค่าจ้างปรับปรุงห้องสเปร์ย์พลาสติก คือ ติดตั้งท่อดูดควันบนผนังห้องด้วยแผ่นเหล็ก เพื่อป้องกันการกระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและลดเสียงรบกวน		4,000.-	บาท
	4) ค่าจ้างเป่าแก้ว		2,000.-	บาท
13.6.9	ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่ม	รวม	1,692.-	บาท
	ถ่ายเนลึบปีละ 1000 แผ่น 3 ปี รวม 3000 แผ่น คิดแผ่นละ 50 สตางค์ เพื่อถ่ายเอกสารอ้างอิง			
13.6.10	ซื้อถังก๊าซไฮโดรเจน	รวม	2,000.-	บาท
	ยังไม่มีถังก๊าซไฮโดรเจนขนาด 6 ลบ.ฟุต ส่วนถังก๊าซ N_2, O_2, Ar, He จะใช้ถังเก่าที่มีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการ ใช้แทนกันไม่ได้เนื่องจากไฮโดรเจนคิดไฟระเบิดได้			
13.6.11	ค่าวิเคราะห์และทดสอบวัสดุ	รวม	24,450.-	บาท
	เป็นค่าวิเคราะห์และทดสอบคุณสมบัติทางวัสดุของฟิล์มหนา ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จะทดสอบหลายชิ้นงาน			
	1) วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง (SEM) เพื่อดูลักษณะผิว ความหนา ขนาดของเม็ด ความพรุน หัวอัตราส่วนประกอบของธาตุ คำนวณค่าวิเคราะห์ต่อชิ้นงานดังนี้			
	- ค่าคิด stub ชิ้นงานละ 80.-		บาท	
	- ค่าวิเคราะห์ธาตุเชิงคุณภาพด้วยรังสีเอกซ์ธาตุละ 200.-		บาท	
	3 ธาตุ/ชิ้น รวม 600.-		บาท	

- ค่าวัสดุเครื่องต่อชั่วโมง (1 ชม. ได้ 4 ชิ้นงาน) 250.- บาท
เฉลี่ย 60.- บาท/ชิ้นงาน

- ค่าถ่ายภาพและล้างฟิล์ม ฟิล์มละ 100.- บาท

สรุป ค่าใช้จ่ายต่อชิ้นงาน 840.- บาท/ชิ้นงาน

รวมค่าวิเคราะห์ 20 ชิ้นงาน $840 \times 20 = 16,800.-$ บาท

2) ค่าวิเคราะห์ด้วย X-rays diffractometer เพื่อหาอัตราส่วน
ประกอบอย่างละเอียด เฉลี่ย 500.- บาท/ชิ้น

รวมค่าวิเคราะห์ 5 ชิ้นงาน $500 \times 5 = 2,000.-$ บาท

3) ค่าวิเคราะห์ด้วย X-rays fluorescence Spectrometer

- ค่าวัสดุเครื่องต่อชั่วโมง 350.- บาท ได้ชั่วโมงละ 2 ชิ้น
= 175.- บาท/ชิ้นงาน

- ค่าวิเคราะห์ธาตุเชิงคุณภาพธาตุละ 50.- บาท

- ค่าเตรียมกราฟมาตรฐาน 300.- บาท/ธาตุ รวม 4 ธาตุ
= 1,200.- บาท

- ค่าวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ ธาตุละ 60.- บาท รวม 4 ธาตุ
= 240.- บาท/ชิ้นงาน

รวมค่าวิเคราะห์ $1,200 + 470 \times 5$ ชิ้นงาน = 3,550.- บาท

4) ค่าวิเคราะห์ความแข็งแบบ Vicker test

- ค่าทดสอบแรงกด 100 บาท/ชิ้นงาน

- ค่าทดสอบการตัดโค้ง 60 บาท/ชิ้นงาน

รวมคิดเป็นเงิน 160 บาท/ชิ้นงาน $\times 10$ ชิ้นงาน = 1,600.- บาท

13.6.12 ค่าพิมพ์รายงานวิจัยของทิม ก และ ข ทิมละ 4,500 บาท 9,000.- บาท

รวมทั้งสิ้น (ทิม ข) 64,693.50 บาท

รวมทั้งสิ้นตลอด 3 ปี เป็นเงิน 163,303.50 บาท