

## 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 ณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
วิทยาเขตหาดใหญ่
  - 4.2 ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีพลาสมา ภาควิชาฟิล์ม ณะวิทยาศาสตร์ 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 - นิสั่มบางของดีบุกออกไซด์โดยวิธีเคลือบผิวไอเคมี  
 - 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 ขณะนี้ได้พบสารที่มีธาตุกัลเลียมเป็นองค์ประกอบ 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 "การเตรียมวีเคราะห์วัดและประยุกต์ใช้ฟิล์มหนาของสารตัวนำยิ่งยวดโดยวิธีพลาสมาสเปรย์" 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 อุปกรณ์วัดและวิเคราะห์ (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 เพื่อศึกษาวิเคราะห์และวัดคุณสมบัติของสารตัวนำยิ่งยวดที่เตรียมได้ 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 เพื่อกระตุ้นให้เกิดการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องทางด้านการศึกษา วิเคราะห์ แต่งแร่และ  
ถลุงแร่หายาก (rare earth) ให้เข้มข้นและมีมูลค่าเพิ่ม 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

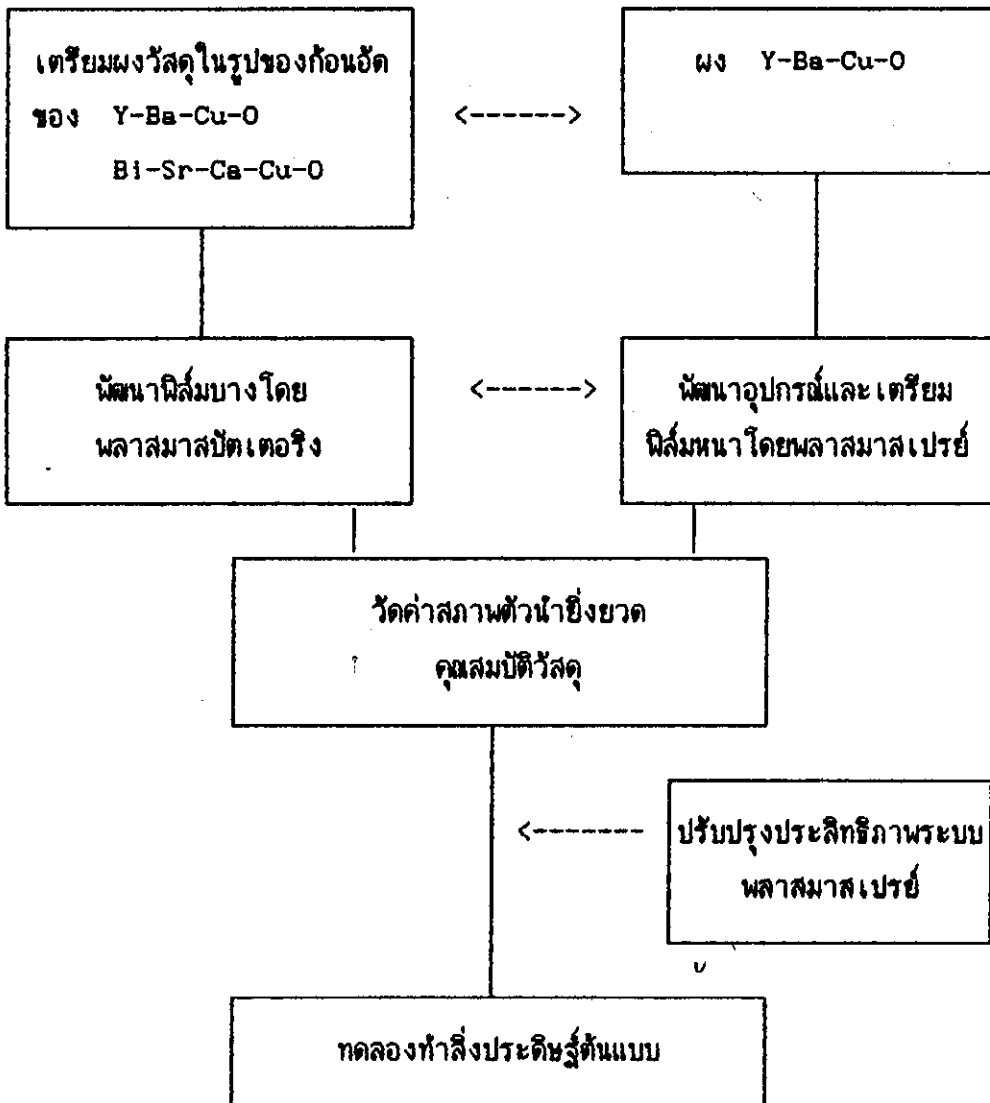
## 12. แผนการดำเนินงาน

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  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{ZnO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  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 โดยใช้ผงเซรามิกธรรมดา ก่อน 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

แผนผังแสดงขั้นตอนทางเทคโนโลยี



13. หัวข้อคำชี้แจงการตั้งงบประมาณและรายละเอียดค่าใช้จ่าย13.1 ค่าตอบแทน

นักวิจัยทั้งหมดพักอาศัยอยู่ในบ้านพักและแฟลตของมหาวิทยาลัย ใช้เวลาเดินทางไปถึงห้องปฏิบัติการในภาควิชาฟิสิกส์ไม่เกิน 5 นาที สามารถทำงานได้ทั้งวันทั้งคืน ตั้งแต่ 6.00-24.00 น. รวมทั้งวันหยุดสุดสัปดาห์ โดยไม่มีปัญหาในการเช่าออกอาคาร สำหรับงานวิจัยพลาสมาสเปร์ยอาจต้องทำงานกลางคืนเป็นหลัก 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

$$\therefore \% \text{ ของเวลาที่ทำงาน} = 38/35 = 108 \%$$

แต่คิดเวลาวิจัยเพื่อคำนวณค่าตอบแทนเพียง 40 %

อนึ่ง นักวิจัยทั้งหมดไม่มีการะงานบริหารเต็มเวลา ชั่วโมงสอนของภาควิชาฟิสิกส์เฉลี่ยเพียง 6 ชั่วโมง/สัปดาห์

ตัวอย่าง

การคิดค่าตอบแทน

เงินเดือน	7,635.-	บาท
40% ของเวลา	3,054.-	บาท
+ โบนัส 15%	458.-	บาท (พิเศษต่ำกว่า 5 กิ่ง)
รวมค่าตอบแทน/เดือน	3,512.-	บาท
ค่าตอบแทนทั้งปี 3,512 x 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 (N<sub>2</sub> 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 และผู้วิจัย ขจะต้องดัดแปลงหัวอาร์คไฟฟ้าให้เป็นหัวสเปร์ย 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) เตาที่เป็นเตาซึ่งไม่สามารถเพิ่มหรือลดอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติ ทำให้ผู้วิจัยต้องเสียเวลาอย่างมากในการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ ทั้งนี้เพราะสารตัวนำยิ่งยวดจะมีคุณภาพขึ้นอยู่กับกาลดอุณหภูมิอย่างช้า 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  $-180^{\circ}\text{C}$  ถึง  $100^{\circ}\text{C}$  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  
 $100\text{ nV}$  และค่ากระแสที่ละเอียดที่สุดได้อย่างน้อย 1 โดยมีค่าความ  
เที่ยงตรงของการวัดศักย์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ละเอียดถึง  $0.003\%$  และ  
ศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับได้ละเอียดถึง  $0.08\%$  นอกจากนี้ต้องสามารถ  
เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ เมื่อประโยชน์ในการเก็บข้อมูลและความคุม  
การทดลอง

**ราคาอุปกรณ์** ซื้อ off shelf ราคาระบบละ 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 (ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการเคลื่อนผิวโดยใช้สารที่มีความต้านทานสูงทำได้โดยง่าย) 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 <sub>3</sub> ขนาด 1 ตร.นิ้ว ราคา 10,000.- บาท จำนวน 2 ชุด เป็นเงิน	20,000.-	บาท
	- ZrO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 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 g./6,500
Cupric Oxide, puriss, p.a.	500 g./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 g./2,500
Lithium Carbonate, puriss	500 g./2,500
Erbium Oxide, puriss	25 g./3,500
Gadolinium Oxide	25 g./3,000
Holmium Oxide	5 g./1,000
Ethanol(absolute)	1 litre/1,000
Acetone	1 litre/500
13.4.4 วัสดุเชิงกลอื่น ๆ ซึ่งประกอบด้วย	48,200.- บาท
- เบ้าอัดเม็ดสารตัวอย่างทำด้วยสแตนเลส ชุดละ 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	<b>วัสดุคอมพิวเตอร์</b>	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
	<b>รวม</b>	<b>514,000.-</b>	<b>บาท</b>

## ข) ในโครงการวิจัยพลาสมาสเปร์ย์ แยกรายการได้ดังนี้

13.4.6	<b>วัสดุไฟฟ้ากำลัง</b> 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 ราคาม้วนละ 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	<b>วัสดุผงสเปรย์เพื่อทดสอบเครื่องและเตรียมสารตัวนำยิ่งยวด</b>	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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 2 กก. (ใช้สเปรย์ทดสอบเครื่อง)	10,000.- บาท
13.4.8	<b>วัสดุสำหรับปรุห้องสเปรย์ เพื่อป้องกันเสียง ฝุ่น และ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำที่อุดคูดวันพีช และฉนวนทนไฟ (ห้องสเปรย์ ราคาสำเร็จรูปของ Metco US \$ 11,714.00)</b>	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		
	และไน้ผ้าแอมสูงขณะทำการทดลองสเปร์ย 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>วัสดุสำหรับระบบระบายความร้อนหัวอาร์คนลามา</u> ใช้น้ำเย็น จากเครื่องทำน้ำเย็นวงจรปิดที่มีอยู่แล้ว	3,4๐๐.- บาท
	- ท่อพีวีซี ขนาด 1/2 นิ้ว 12 ท่อน ๗ ละ 4 เมตร พร้อม ข้อต่อตรง โค้ง สามทาง, กาวทาก่อ	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	<b>วัสดุไฟฟ้า</b> 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		
รวมกัน 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		750.- บาท
(ใช้ทำสะพานไฟ)		
- แผ่นอะลูมิเนียมพอยด์ 10 ม้วน ๆ ละ 50.- บาท (ใช้ทำซิล)		500.- บาท
- แท่งเทฟลอน (Teflon) ขนาดหน้ากว้าง 5 นิ้ว 1 กิโลกรัม		1,650.- บาท
13.4.17 <b>วัสดุคอมพิวเตอร์</b>		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. วัสดุผงสเปร์ย์	111,800.-	บาท
3. วัสดุปรับปรุงห้องสเปร์ย์	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
<b>กลุ่ม ก</b>			
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.-
<b>กลุ่ม ข</b>			
ข.1 วัสดุไฟฟ้ากำลัง	39,200.-	-	-
ข.2 วัสดุผงสเปรย์	111,800.-	-	-
ข.3 วัสดุปรับปรุงห้องสเปรย์	24,150.-	-	-
ข.4 วัสดุฟิล์ม	-	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 วัสดุระบบผงสเปรย์	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			<u>796,270.-</u>

## 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
<b>ปี 1</b>			
นายพลพงษ์ บุญพราหมณ์	1. กรุงเทพฯ	ประชุมครึ่งปี	4,275.-
	2. เชียงใหม่	ประชุมประจำปี	5,670.-
นายชัยวิทย์ ศิลาวชิราโน	1. กรุงเทพฯ	ประชุมครึ่งปี	4,275.-
	2. เชียงใหม่	ประชุมประจำปี	5,670.-
นายไพบุลย์ นวลนิล	1. เชียงใหม่	ประชุมประจำปี	3,648.-
		รวมปีที่ 1	23,538.50
<b>ปี 2</b>			
นายพลพงษ์ บุญพราหมณ์	1. กรุงเทพฯ	ประชุมครึ่งปี	4,275.-
นายชัยวิทย์ ศิลาวชิราโน	1. กรุงเทพฯ	ประชุมครึ่งปี	4,275.-
นายไพบุลย์ นวลนิล	1. กรุงเทพฯ	วิเคราะห์วัสดุ	2,648.-
นายสุรพล ศรีแก้ว	1. กรุงเทพฯ	วิเคราะห์วัสดุ	2,881.-
นางสาวคุณสิโรษ พลอินทร์	1. กรุงเทพฯ	วิเคราะห์วัสดุ	2,881.-
		รวมปีที่ 2	16,960.50
<b>ปี 3</b>			
นายพลพงษ์ บุญพราหมณ์	1. เชียงใหม่	ประชุมครึ่งปี	5,670.-
	2. กรุงเทพฯ	ประชุมประจำปี	4,275.-
นายชัยวิทย์ ศิลาวชิราโน	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
นายพลพงษ์ 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.-	
นายสุรพล 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	
นางสาวศุภสิโรษ พลอินทร์	1) กรุงเทพฯ	วิเคราะห์ ทดสอบวัสดุ	4	4	รถไฟฟ้ 2 นอน 543x2	70x6 = 420.-	162.50 x 6 = 975.-		400.-	2,941.-	

นักวิจัย	จุดหมาย	จุดประสงค์ของการเดินทาง	สี	จำนวน	ค่าพาหนะ	ค่าเบี้ยเลี้ยง	ค่าที่พัก	ค่าธรรมเนียม	ค่ารถรับจ้าง	รวมเงิน	หมายเหตุ
นายชัยวิทย์ กิลาวีระนาโง	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.-	
นายใหญ่พลย์ นวลนิล	1) เชียงใหม่	ประชุมรายงานความก้าวหน้าประจำปี ครั้งที่ 1	5	5	รถไฟชั้น 2 นอน 543x2 = 350.-	70x5 = 350.-	162.50 x 5 = 812.50	-	400.-	3,648.50	
	2) กรุงเทพฯ	ประชุมรายงานความก้าวหน้าประจำปี ครั้งที่ 2	5	5	รถไฟชั้น 2 นอน 543x2 = 350.-	70x5 = 350.-	162.50 x 5 = 812.50	-	400.-	2,648.50	
	3) กรุงเทพฯ	วิเคราะห์ ทดสอบวัสดุ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	5	5	รถไฟชั้น 2 นอน 543x2 = 350.-	70x5 = 350.-	162.50 x 5 = 812.50	-	400.-	2,648.50	
	4) กรุงเทพฯ	ทดลองพลาสมาสเปร์รี่ ที่กองทัพอากาศ	5	5	รถไฟชั้น 2 นอน 543x2 = 350.-	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

ธนาคาร ไม่มีวารสารนี้ในประเทศไทย จำเป็นสำหรับการติดตามงาน

วิจัยด้านกระบวนการประยุกต์ใช้พลาสมา]

13.6.8	<u>ค่าจ้างเหมา</u>	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
	ถ่ายเนลยิปสีละ 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 ค่ารวมค่าวิเคราะห์ต่อชิ้นงานดังนี้			
	- 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

## ประวัตินักวิจัย

<u>ชื่อ</u>	พลพงษ์ บุญพรานนท์
<u>ตำแหน่ง</u>	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 6
<u>วัน เดือน ปีเกิด</u>	23 กันยายน 2496
<u>สถานที่เกิด</u>	จังหวัดเชียงราย
<u>ประวัติการศึกษา</u>	Ph.D. (ฟิสิกส์) Kent State Univ., สหรัฐอเมริกา M.Sc. (ฟิสิกส์) Kent State Univ., สหรัฐอเมริกา วท.บ. (ฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

### ประวัติการทำงาน

- อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2518
- รักษาการหัวหน้าฝ่ายเครื่องจักรกล ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- รักษาการหัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- รักษาการรองผู้อำนวยการศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### ประวัติการวิจัย

- งานวิจัยทางด้านผลึกเหลว
- งานวิจัยเกี่ยวกับสารตัวนำยิ่งยวด
- งานประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานวิจัยวิทยาศาสตร์

### ผลงานตีพิมพ์

- 1) P. Boonbrahm, M. Stefanov, P. Photinos and A. Saupe, 13 th Liquid Crystal Conference, Frieburg, Germany (March 1983)
- 2) A. Saupe, P. Boonbrahm and L.J. Yu, J. Chim. Physiques 80, 1(1983)
- 3) P. Boonbrahm and A. Saupe, J. Chem. Phys. 81(4), 1984
- 4) P. Boonbrahm and A. Saupe, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 109,225(1984)
- 5) P. Boonbrahm, Liquid Crystal in Industry, J. Science, Nov. 85(in Thai)
- 6) P. Boonbrahm, Birefringence measurement using Microcomputer, J. Science, Nov. 86 (in Thai)
- 7) P. Boonbrahm, High Temperature Superconductor, Physics Newsletter, Sept. 1987 (in Thai)

## ประวัตินักวิจัย

<u>ชื่อ</u>	ชัยวิทย์ ศิลาวรรณาไพบ	
<u>ตำแหน่ง</u>	รองศาสตราจารย์ ระดับ 8	
<u>วัน เดือน ปีเกิด</u>	13 กันยายน 2489	
<u>สถานที่เกิด</u>	จังหวัดตรัง	
<u>สถานภาพ</u>	สมรส บุตร 2 คน	
<u>ประวัติการศึกษา</u>	Ph.D. (ฟิสิกส์พลาสมา)	มหาวิทยาลัยเมลเบิร์น ออสเตรเลีย
	M.Sc. (ฟิสิกส์พลาสมา)	มหาวิทยาลัยซัคคักชวัน แคนาดา
	B.Sc. (ฟิสิกส์-คณิต)	มหาวิทยาลัยนิวเซาท์เวลส์ ออสเตรเลีย

### ประวัติการทำงาน

- อาจารย์โท มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ.2512
- หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- นักวิจัยสมทบ ICTP (อิตาลี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ - ปัจจุบัน

### ประวัติงานวิจัย

- การวิจัยทางฟิสิกส์พลาสมาทดลองและนิวเคลียร์นิวชัน
- เลเซอร์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กำลังสูง
- เทคโนโลยีพลังงานแสงแดด

### ผลงานตีพิมพ์

- 1."Observation of Quasi-Coherent Electron Oscillations and Spatial Bunching in a Converging Beam-Plasma system"Can.J.Phys.51, 23, 1973, with L.Schott.
- 2."Observation of the Reversed Current Effect", J.Plasma Phys, 22, 1980, with I.R.Jones.
- 3."The Effect of Preionisation Level on a Stabilised Z- Pinch" Aust.J. Phys.33,1980,1001-1015,with F.S.B. Anderson,M.H.Brennan,G.Durance, I.R.Jones,E.L.Murray,J.Tendys.
- 4."Plasma Technology in Sputtering Application"Proc.1st Tropical College on Applied Physics-Laser and Plasma Technology, 1984, World Science Publishing,Singapore.
- 5."120 Degrees Magnetic Coils for Detection of High Current Plasma Column Displacement"Songkla nakarin J.Sci.Technol., 7, 171-177, 1985

6. "Plasma Diagnostics Techniques Using Lasers" Proc. Laser Atomic and Molecular Physics Conf, ICTP, 1987.
7. "Development of a Simple DC Plasmatron for Plasma Arc Metallurgy" Proc. Experiments with Small Scale Plasma Physics Laboratory, ICTP, 1987, eds. Sakanaka P., Lee S., World Science Publishing, Singapore.
8. "A DC Magnetron Plasma Sputtering Experiment", Proc. Expt. Small Scale Lab., ICTP, 1987.
9. "A Multipurpose DC Plasmatron" Thai J. Phys., 4, 1, 1987.
10. "Characteristics of an Argon Plasma Jet" to be published, 1988.
11. "Characteristics of a Pulsed Cylindrical Plasma" Phys. in Canada, 1972, with L. Schott, abstract only.
12. "Coherent Electron Oscillation Excited by Converging Electron Beam in a Plasma" Bull. Can. Assoc. Phys., 1973, with L. Schott, abstract only.
13. "Electron Beam Plasma Instabilities in a finite System" Proc. Symp. on Scientific Research, Bangkok, 1972, abstract only.
14. "Results from FUZA-1" Bull. Am. Phys. Soc., 21, 1976, 1056, with P.G. Weber, M.H. Brennan, I.R. Jones, E.L. Murray, abstract only.
15. "The FUZA-2 Stabilized Z-pinch" Proc. 12th AINSE Plasma Physics Conf., 1979, with F.S.B. Anderson, M.H. Brennan, G. Durance, I.R. Jones, abstract only.
16. "A Steady State Field Free Plasma Device" Symp. Scientific Research, 1982, with D. Breen, C. Orapiriyakul, abstract only.
17. "Plasma Physics and Its Application" Proc. 13th Conf. on Sci. and Technol. of Thailand, 1987, invited paper, abstract only.
18. "A Mini Linear Hall Effect Magnetic Probe" Proc. 13th Conf. on Sci. and Technol. of Thailand, 1987, paper A45, with P. Nuannin, abstract only.
19. "Application of Plasma Sputtering in Industry" Science, 39, 11, 704-706, 1985, review article in Thai.
20. "X-ray from Plasma Sources" Songklanakarin J. Sci. and Technol., 8, 2, 1986, review paper in Thai.
21. "Plasma Isotope Separation" Songklanakarin J. Sci. and Technol., 8, 3, 1986, review paper.
22. "Plasma Extractive Metallurgy" Proc. 4th Natl. Mining Conf., 1986, review paper.
23. "Plasma Physics for High School Teacher" Science, 41, 1987, review paper in Thai.
24. "Plasma Spraying of High Tc Superconductors" Proc. Third Tropical College in Applied Physics: Laser and Plasma Technology, World Science Publishing, Singapore, 1988, invited paper.

## ประวัตินักวิจัย

ชื่อ ไพบูลย์ นวลนิล  
ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ 5  
วัน เดือน ปีเกิด 16 ตุลาคม 2500  
สถานที่เกิด จังหวัดสงขลา  
สถานภาพ โสด

### ประวัติการศึกษา

วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วท.บ.อุตสาหกรรม (เครื่องมือวัด) เกียรตินิยม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ปวส. (อิเล็กทรอนิกส์)	เทคนิคกรุงเทพฯ

### ประวัติการทำงาน

- ช่างเทคนิค	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	พ.ศ.2521-2525
- วิศวกร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	พ.ศ.2525-2529
- อาจารย์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	พ.ศ.2529-ปัจจุบัน

ประวัติงานวิจัย พัฒนาลาสมาอาร์ค

### ผลงานตีพิมพ์

1. "A Mini Linear Hall Effect Magnetic Probe" Proc. 13<sup>th</sup> Conf. on Sci. and Technol. of Thailand, 1987, paper A45 with C.Silawatshanana

## ประวัตินักวิจัย

<u>ชื่อ</u>	สุรพล ศรีแก้ว
<u>ตำแหน่ง</u>	อาจารย์ ระดับ 5
<u>วัน เดือน ปีเกิด</u>	26 กรกฎาคม 2499
<u>สถานที่เกิด</u>	จังหวัดนครศรีธรรมราช
<u>สถานภาพ</u>	สมรส
<u>ประวัติการศึกษา</u>	- วท.ม. (นิสิทส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย - วท.บ. (นิสิทส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
<u>ประวัติงานวิจัย</u>	-
<u>ผลงานตีพิมพ์</u>	-S. Srikeaw, Master Thesis, Chulalongkorn Universty, 1983 (Titled:-An applications of SnO <sub>2</sub> in Solar Cell Processing by Chemical Vapor Deposition)

