

## บทที่ 4

## ผลการทดลอง

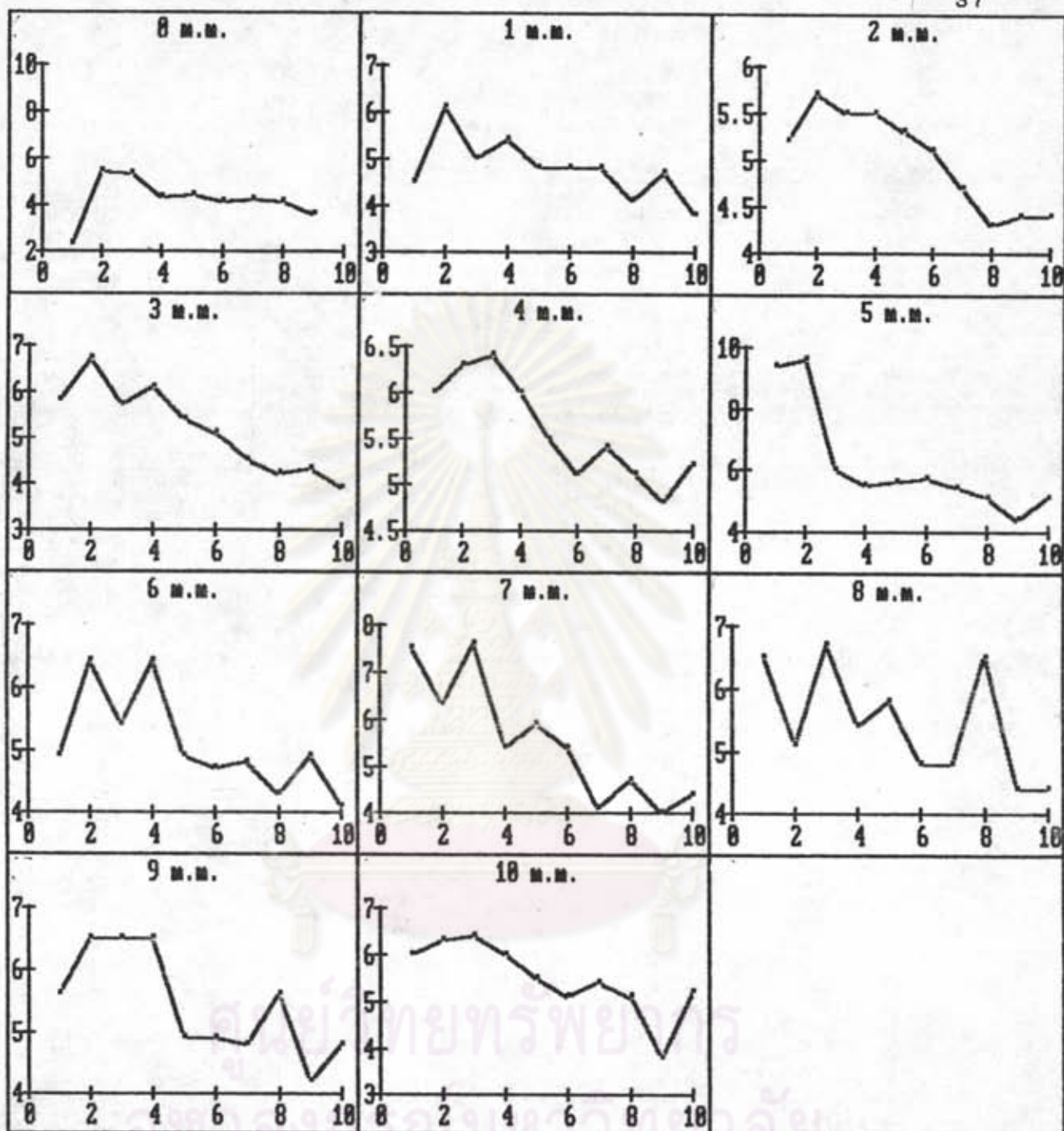
4.1 ผลการทดลองการหาระยะที่เหมาะสมของตัวอย่างทองแดงชุบทอง  
ในการวัดด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกต่อแบคกราวด์กับระยะทางระหว่าง  
ต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่างทองแดงชุบทองและระยะทางระหว่างต้นกำเนิด  
รังสีกับหัววัดรังสีในการวัดด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

x \ y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10(ม.ม.)
1	2.3	4.5	5.2	5.8	6.0	9.4	4.9	7.5	6.5	5.6	7.4
2	5.4	6.1	5.7	6.7	6.3	9.6	6.4	6.3	5.1	6.5	5.2
3	5.3	5.0	5.5	5.7	6.4	6.0	5.4	7.6	6.7	6.5	5.4
4	4.3	5.4	5.5	6.2	6.0	5.5	6.4	5.4	5.4	6.5	5.7
5	4.4	4.8	6.2	5.4	5.5	5.6	4.9	5.9	5.8	4.9	6.5
6	4.1	4.8	5.1	5.1	5.1	5.7	4.7	5.4	4.8	4.9	5.1
7	4.2	4.8	4.7	4.5	5.4	5.4	4.8	4.1	4.8	4.8	5.2
8	4.1	4.1	4.3	4.2	5.1	5.1	4.3	4.7	6.5	5.6	5.0
9	3.6	4.7	4.4	4.3	3.8	4.4	4.9	4.0	4.4	4.2	5.6
10		3.8	4.4	3.9	5.2	5.1	4.1	4.4	4.4	4.8	3.8

x = ระยะระหว่างหัววัดรังสีเอกซ์กับต้นกำเนิดรังสีเอกซ์

y = ระยะระหว่างต้นกำเนิดรังสีเอกซ์กับชิ้นงาน



แกนตั้งคือค่าอัตราส่วนพื้นที่ใต้พิกศต่อแบคกราวน์

แกนนอนคือระยะระหว่างต้นกำเนิดรังสีและตัวอย่างทองแดงเคลือบทองเป็น ม.ม.

x = ระยะระหว่างหัววัดรังสีเอกซ์กับต้นกำเนิดรังสีเอกซ์

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พิกศต่อแบคกราวน์กับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีและตัวอย่างทองแดงเคลือบทองที่ระยะห่างของต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีต่างๆ

4.2 ผลการวัดความหนาตัวอย่างทองแดงชุบทองโดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

หัววัดรังสีแบบพรอพเพอร์ชันแนล

ต้นกำเนิดรังสี Cd-109 ความแรง 20 มิลลิวูรี

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการวัดความหนาของทองโดยใช้เทคนิคการวัดความเข้มรังสีเอกซ์  
เรืองของโลหะฐาน

ความหนา (ไมครอน)*	จำนวนนับได้ peak ทองแดง/100 วินาที			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0	1942015	1942433	1939998	1941482
0.83	1412003	1411887	1411636	1411842
1.00	1396182	1396508	1396540	1396410
1.69	1133178	1132853	1133050	1133027
3.20	603245	602998	603180	603141
2.37	917700	917624	917848	917724
8.05	223688	223702	223821	223737

\* เป็นความหนาที่ได้จากการวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

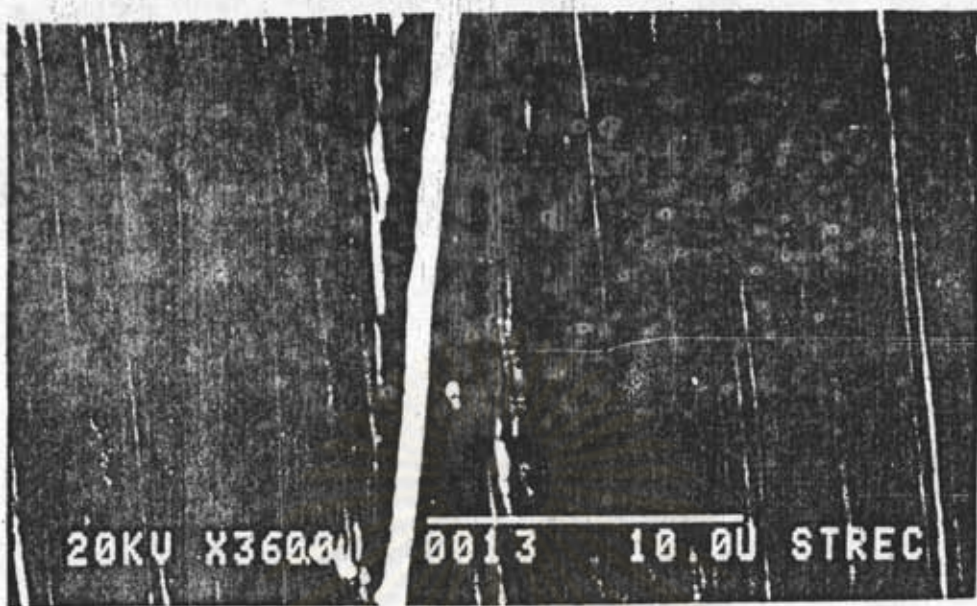
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



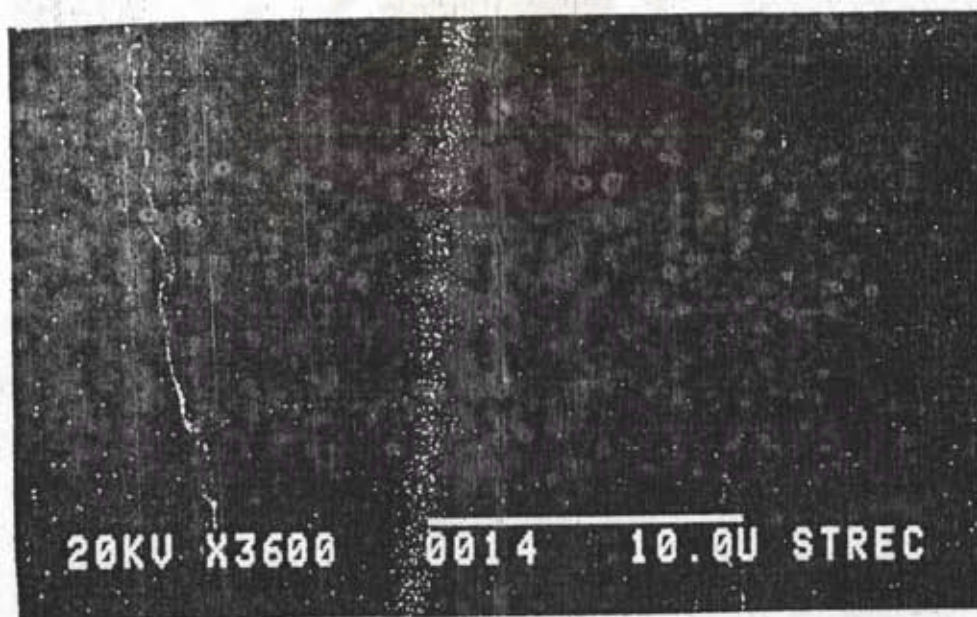
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการวัดความหนาของทองโดยใช้เทคนิคการวัดความเข้มรังสีเอกซ์  
 เรืองของโลหะเคลือบ

ความหนา (ไมครอน)	จำนวนนับได้ peak ทอง/100 วินาที			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0	45935	46211	46271	46139
0.83	91024	90309	90383	90572
1.00	98753	97855	97650	98086
1.69	146779	146893	146536	146736
3.20	246228	245995	246686	246303
2.37	180192	180366	180165	180241
8.05	345441	345397	345533	345457

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



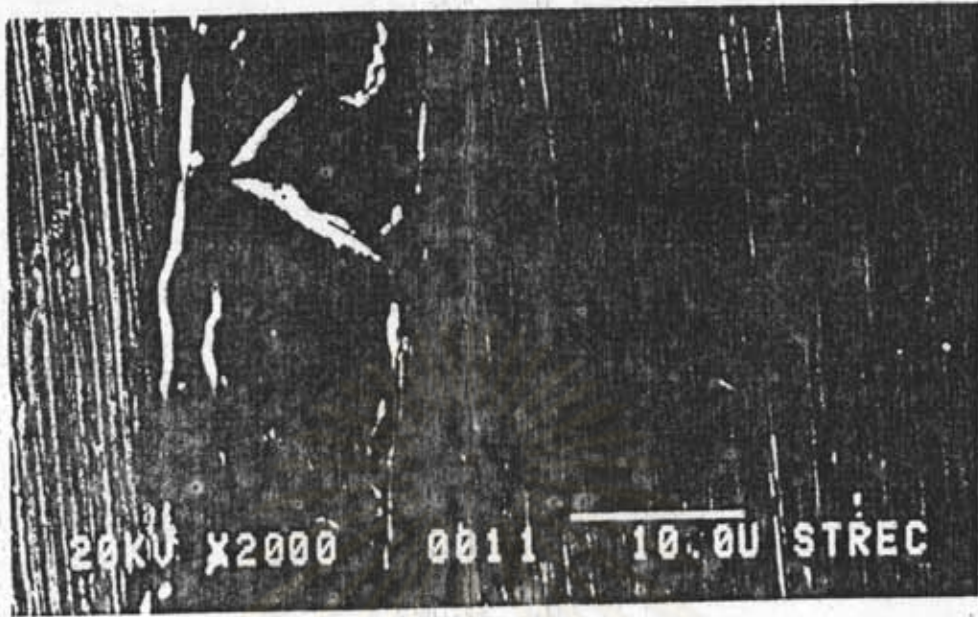
รูปที่ 4.2 ก ตัวอย่าง 1



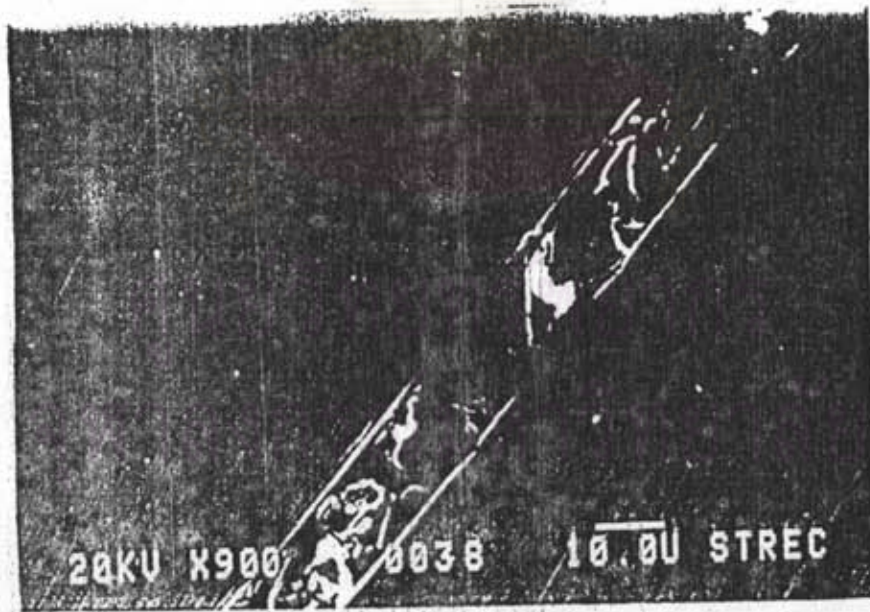
รูปที่ 4.2 ข ภาพ mapping ของตัวอย่าง 1

รูปที่ 4.2 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



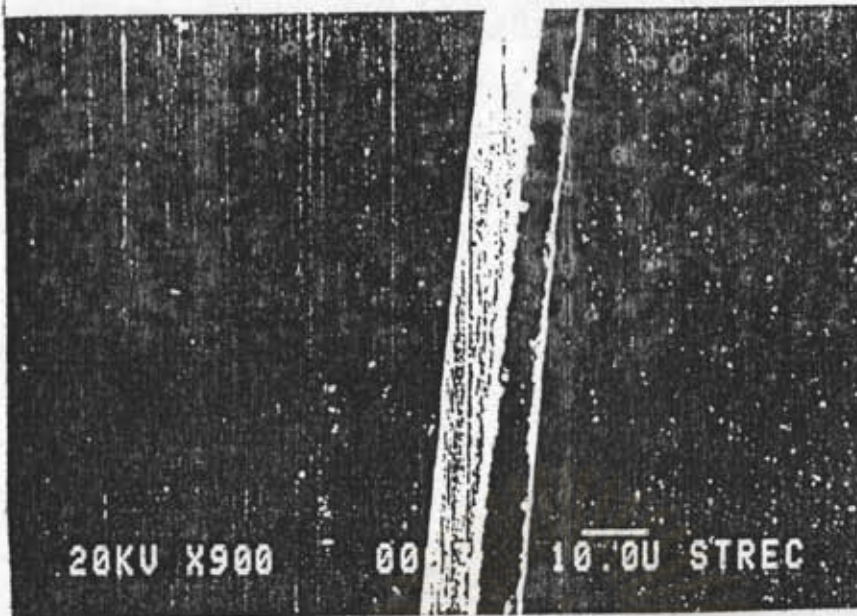


รูปที่ 4.2 ค ตัวอย่าง 2

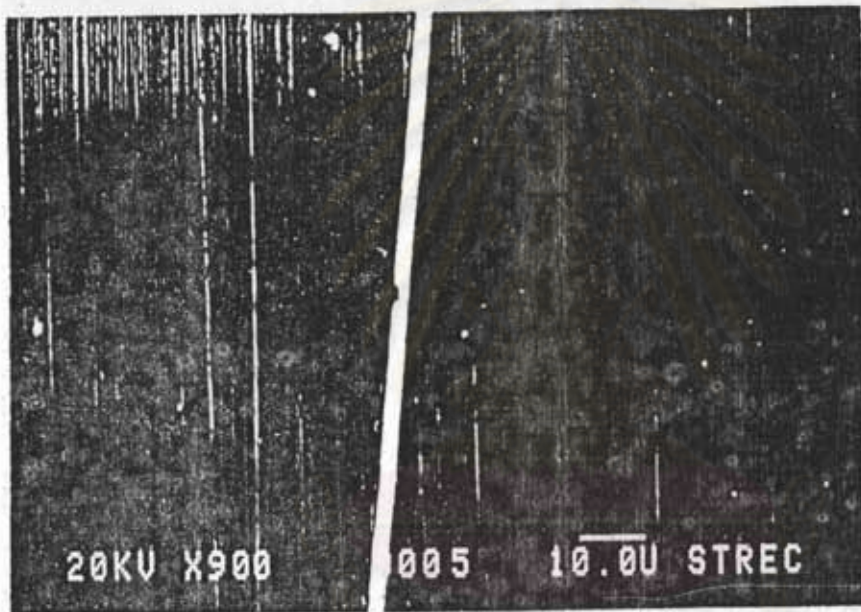


รูปที่ 4.2 ง ตัวอย่าง 5

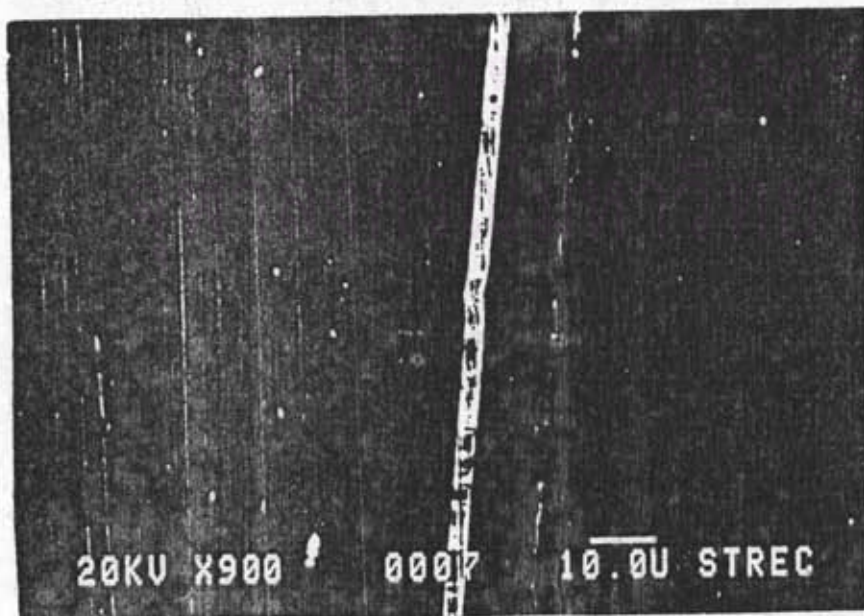
รูปที่ 4.2 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน(ต่อ)



รูปที่ 4.2 จ ตัวอย่าง 10



รูปที่ 4.2 ฉ ตัวอย่าง 7

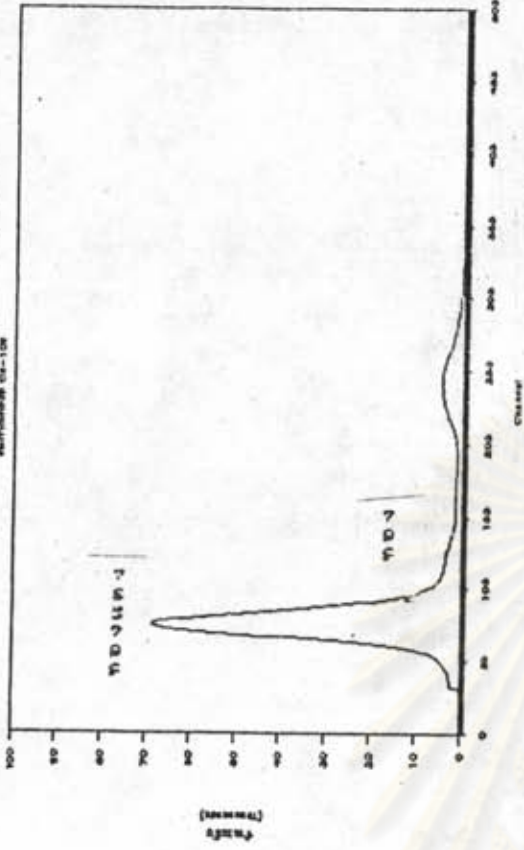


รูปที่ 4.2 ช ตัวอย่าง 20

รูปที่ 4.2 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน(ต่อ)

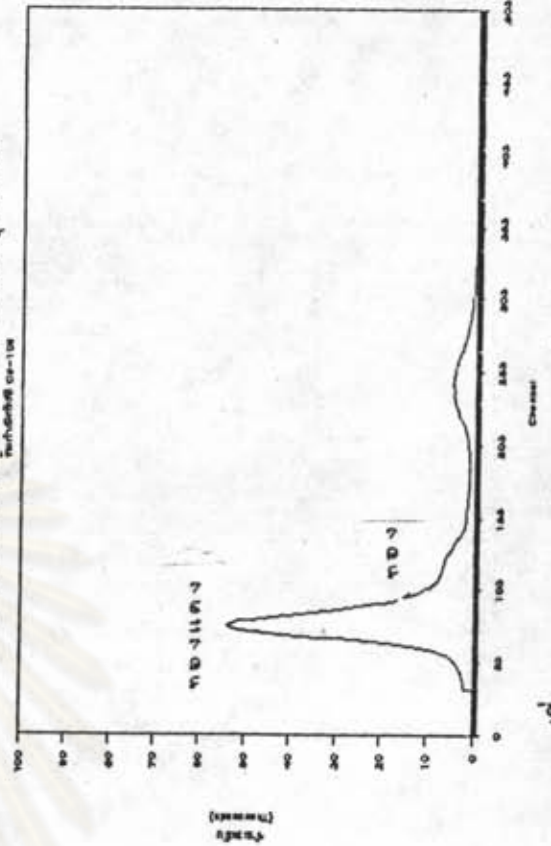


สเปกตรัมของตัวอย่างทองแดงซึบทอง



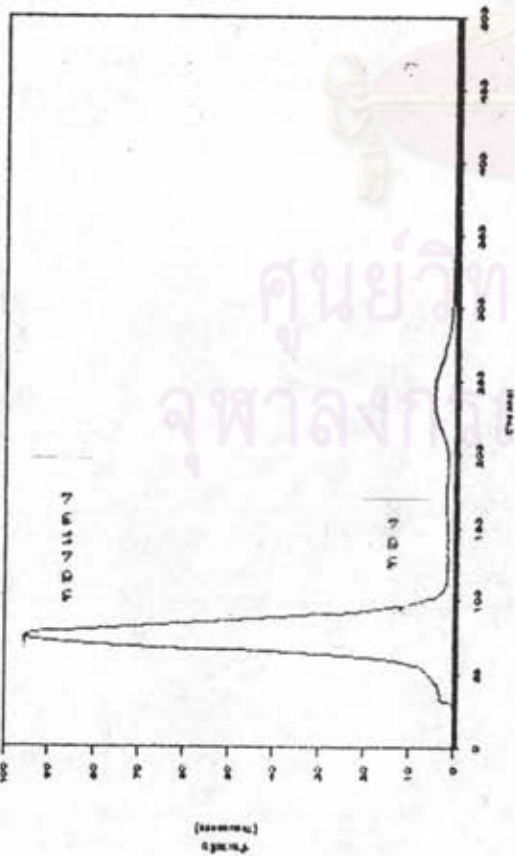
รูปที่ 4.3 ข ความหนาของเท่ากับ 0.83 ไมครอน

สเปกตรัมของตัวอย่างทองแดงซึบทอง



รูปที่ 4.3 ง ความหนาของเท่ากับ 1.69 ไมครอน

สเปกตรัมของตัวอย่างทองแดงซึบทอง



รูปที่ 4.3 ก ความหนาของเท่ากับ 0 ไมครอน

สเปกตรัมของตัวอย่างทองแดงซึบทอง

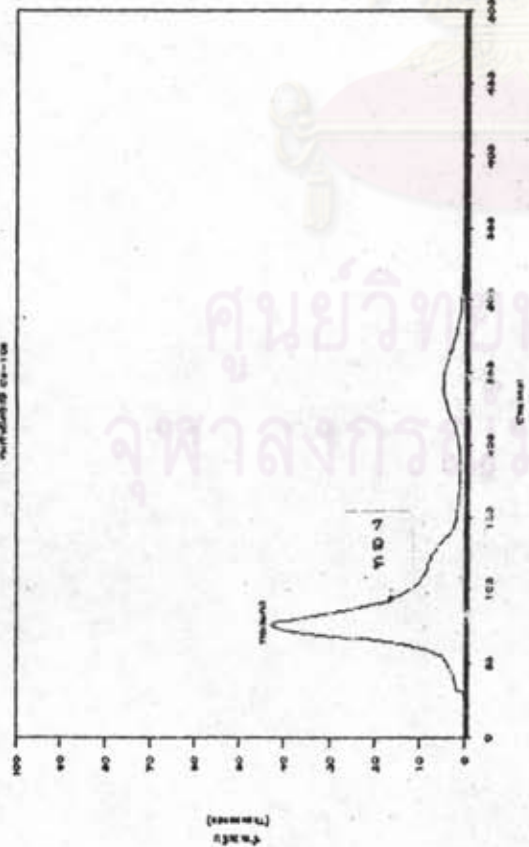


รูปที่ 4.3 ค ความหนาของเท่ากับ 1.00 ไมครอน

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

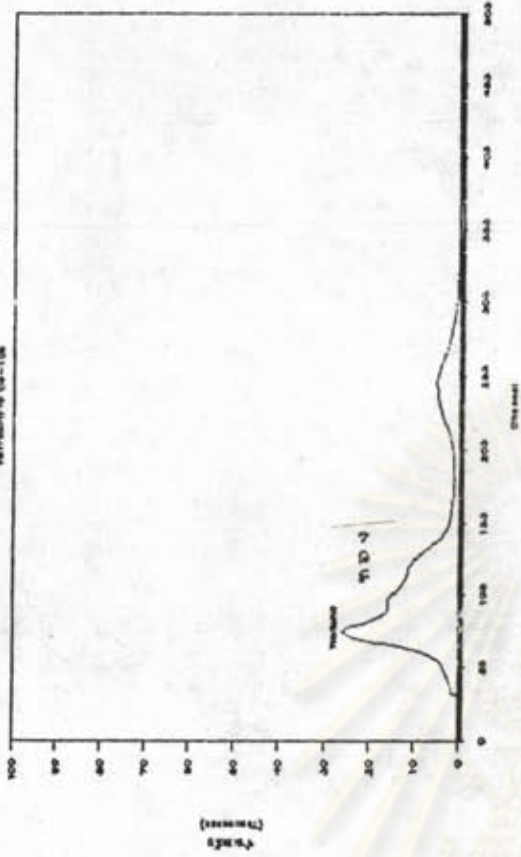


สเปกตรัมของตัวอย่างทองแดงซึบทอง



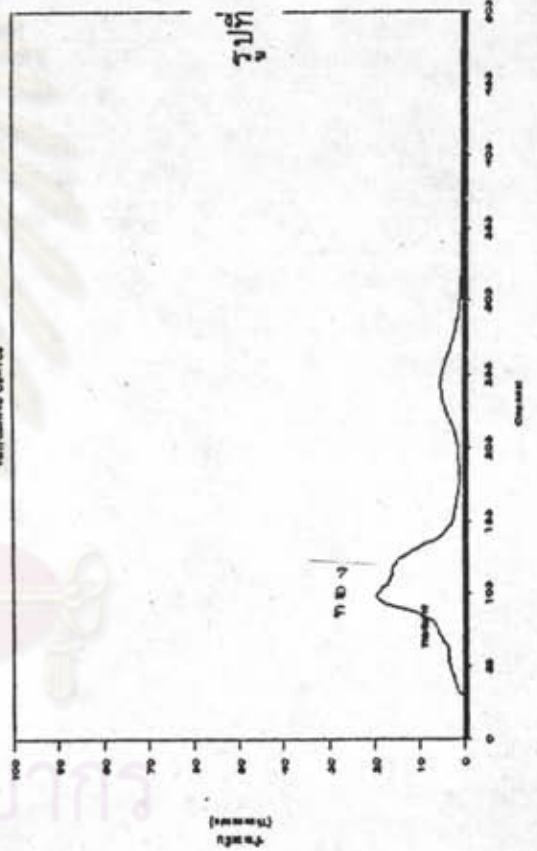
รูปที่ 4.3 จ ความหนาของเท่ากับ 2.37 ไมครอน

สเปกตรัมของตัวอย่างทองแดงซึบทอง



รูปที่ 4.3 ฉ ความหนาของเท่ากับ 3.2 ไมครอน

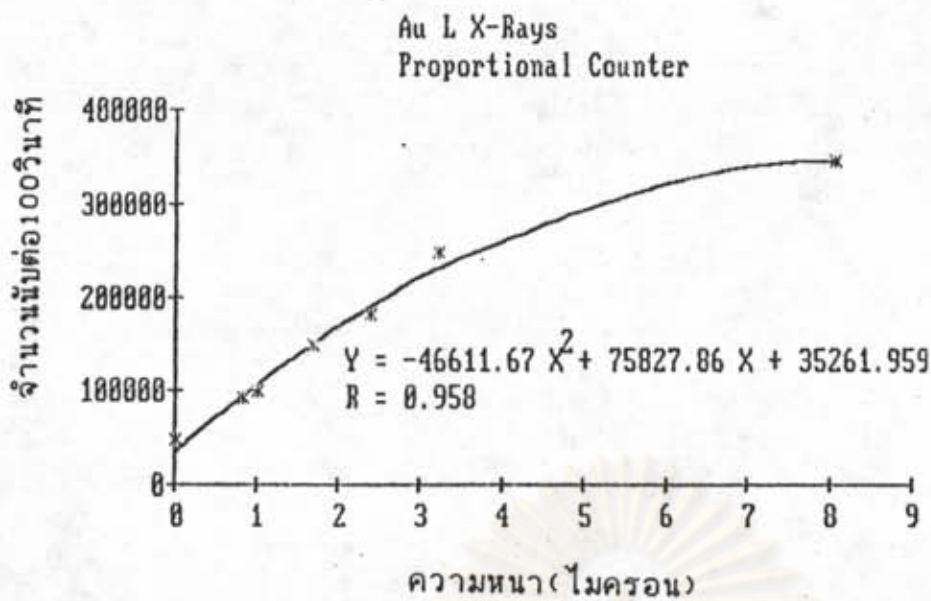
สเปกตรัมของตัวอย่างทองแดงซึบทอง



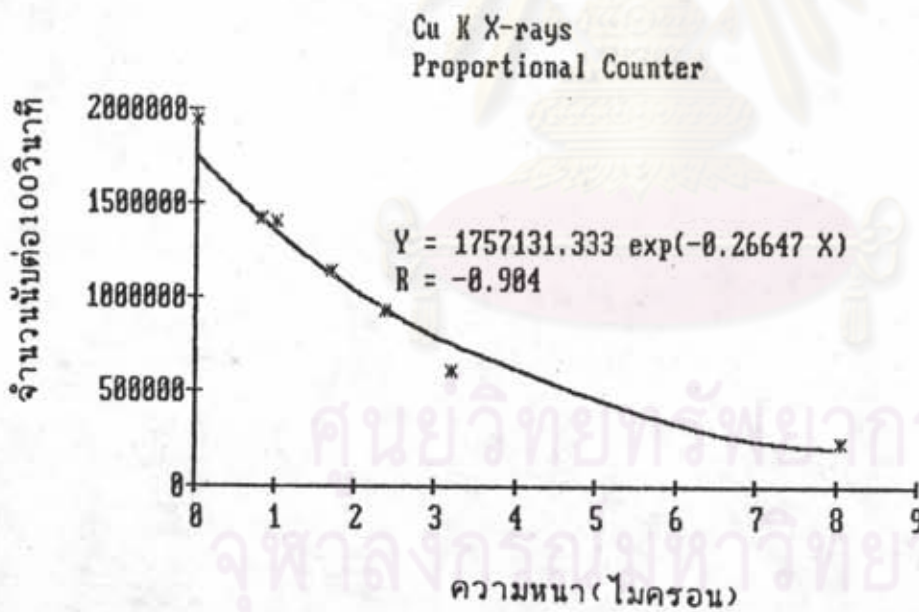
รูปที่ 3.6 ข ความหนาของเท่ากับ 8.05 ไมครอน



รูปที่ 4.3 แสดงสเปกตรัมของตัวอย่างทองแดงเคลือบทอง (ต่อ)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของทองและความเข้มรังสีเอกซ์เรืองของทอง



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของทองและความเข้มรังสีเอกซ์เรืองของทองแดง



4.3 ผลการทดลองการหาระยะที่เหมาะสมของตัวอย่างเหล็กเคลือบดีบุก

หัววัดรังสีแบบพรอพพอร์ชั่นแนล

ต้นกำเนิด Fe-55 และ Pu-238 ความแรง 20 และ 30 มิลลิวูรี

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าจำนวนนับกับระยะทางระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่างเหล็กเคลือบดีบุกที่ peak ดีบุก

y <sup>*</sup>	Area	Background	Area/Bg
1	80347	33478	2.4
2	110197	31485	3.5
3	120118	19691	6.1
4	135119	24567	5.5
5	138645	26662	5.2
6	141231	27159	5.2
7	148577	29433	5.1
8	146339	28142	5.2
9	140125	29193	4.8
10	136541	31754	4.3

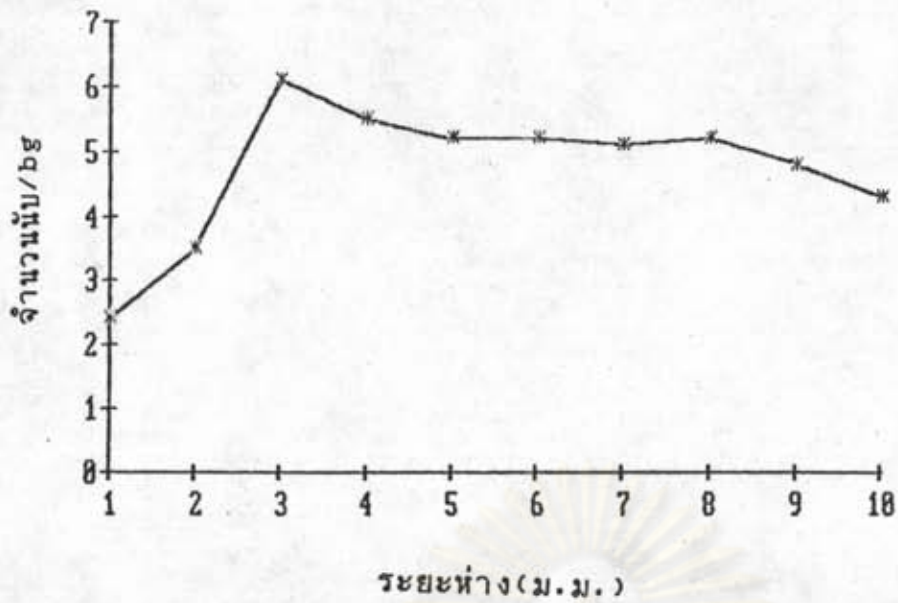
\* ระยะระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับชิ้นงาน

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าจำนวนนับกับระยะทางระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่าง  
เหล็กเคลือบดีบุกที่ peak เหล็ก

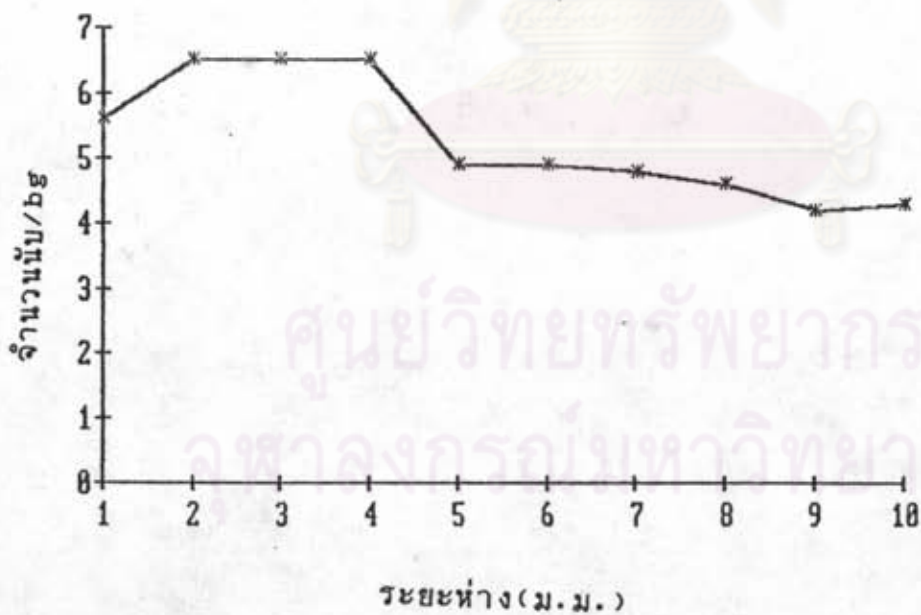
y <sup>*</sup>	Area	Background	Area/Bg
1	3792	816	5.6
2	13464	2448	6.5
3	19886	3648	6.5
4	22327	4080	6.5
5	21877	5568	4.9
6	20846	5280	4.9
7	18510	4896	4.8
8	18036	3936	5.6
9	16103	5040	4.2
10	15625	4128	4.8

\* ระยะระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับชิ้นงาน





รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของต้นกำเนิดรังสีและตัวอย่าง กับจำนวนนับที่ผิดปกติ



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของต้นกำเนิดรังสีและตัวอย่าง กับจำนวนนับที่ผิดปกติ

4.4 ผลการทดลองการวัดความหนาตึกที่เคลือบบนเหล็กโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

วัด Sn โดยใช้ ต้นกำเนิดรังสี Fe-55  
หัววัดรังสีแบบพรอพพรอชันแนล

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลการวัดตัวอย่างเหล็กชุบตึกโดยวิธีการวัดตึก

หมายเลขตัวอย่าง	จำนวนนับ/300 วินาที		
#25/50 (หน้า)	149213	149454	149484
(หลัง)	178939	180009	178427
#100 (หน้า)	261424	260839	262401
(หลัง)	263294	262616	261666
#50/100(หน้า)	183053	182169	179975
(หลัง)	260082	257710	257483
#25 (หน้า)	151275	150051	149818
(หลัง)	157664	156459	153324
#75/100(หน้า)	236328	234629	235887
(หลัง)	178157	179161	182419

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับจำนวนนับของตัว  
อย่างเหล็กชุบตีบ

ความหนา ( $\text{gm/m}^2$ )	จำนวนนับ 300 วินาที	จำนวนนับ 1 วินาที	3 Std
3.9	149882.5	499.61	1.29
4.2	155815.66	519.38	1.32
5.1	179912.33	599.71	1.41
5.2	179125.00	597.08	1.40
5.6	181732.33	605.77	1.42
8.5	235614.66	785.38	1.62
10.6	258425.00	861.42	1.69
10.9	262040.00	873.47	1.71

ศูนย์วิทยพัทพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวัดความหนาติบูกโดยการวัดความเข้มรังสีเอกซ์ เรืองของเหล็ก  
 ต้นกำเนิดรังสี Pu-238  
 หัววัดรังสีแบบพรอพพรอชั่นแนล

ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับจำนวนนับของตัวอย่างเหล็กชุบติบูก

หมายเลขตัวอย่าง	จำนวนนับ/300 วินาที		
#25/50 (หน้า)	2190283	2172297	2200378
(หลัง)	2032979	2029992	2035511
#100 (หน้า)	1549343	1508319	1543783
(หลัง)	1549256	1512226	1545715
#50/100(หน้า)	2057264	2048994	2041915
(หลัง)	1576771	1575941	1560054
#25 (หน้า)	2211760	2166794	2213339
(หลัง)	2186283	2140690	2206517
#75/100(หน้า)	1732523	1701231	1746475
(หลัง)	2091752	2026220	2060824

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



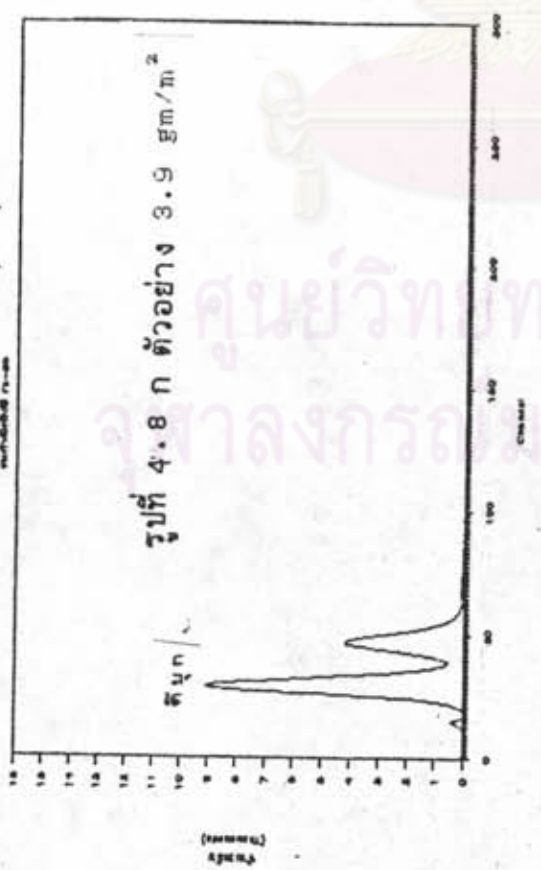


ตารางที่ 4.9 แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับความหนาแน่นของตัวอย่างเหล็กชุบตีบุก

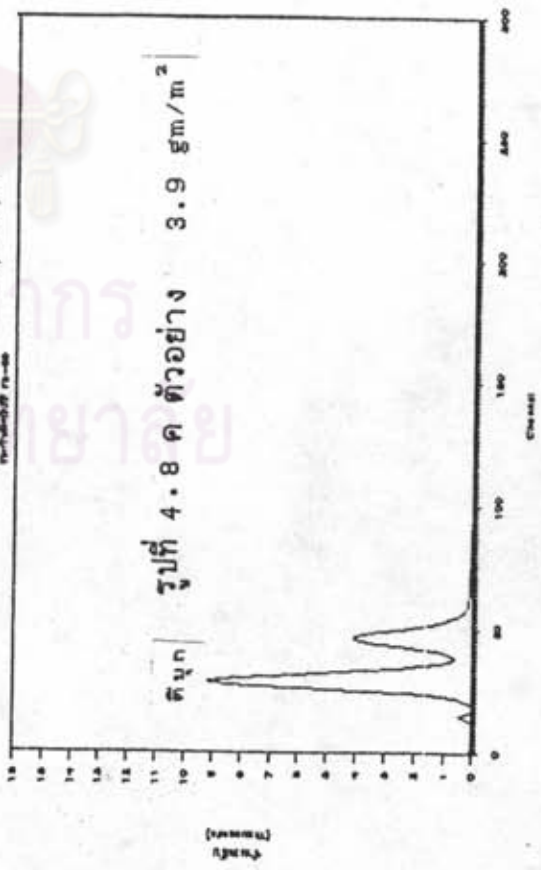
ความหนา ( $\text{gm/m}^2$ )	จำนวนนับ 300 วินาที*	จำนวนนับ 1 วินาที	3 Std
3.9	2192475	7308.25	4.93
4.2	2177830	7259.43	4.92
5.1	2059599	6865.33	4.78
5.2	2032827	6776.09	4.75
5.6	2049391	6831.30	4.77
8.5	1726743	5755.81	4.38
10.6	1570922	5236.41	4.18
10.9	1534774	5115.91	4.13

\* เฉลี่ยจากความหนาที่เท่ากันทุกตัวอย่าง

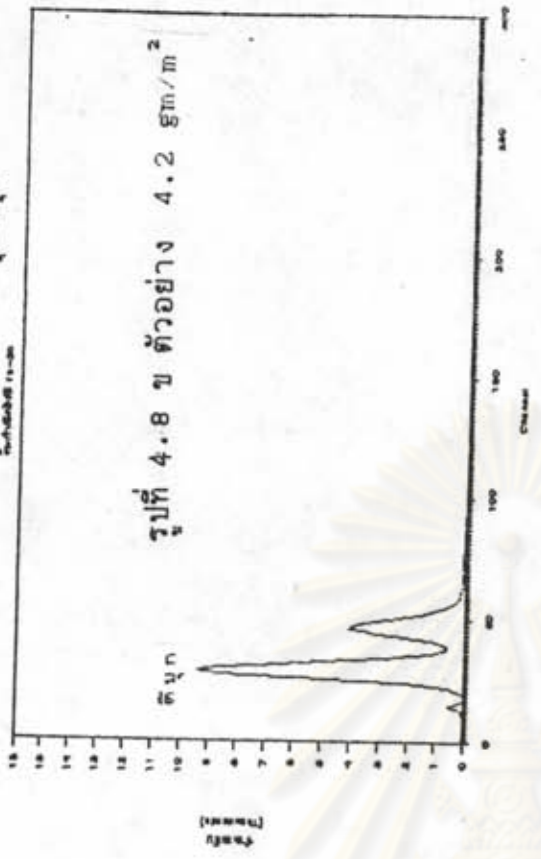
สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบดีบุก



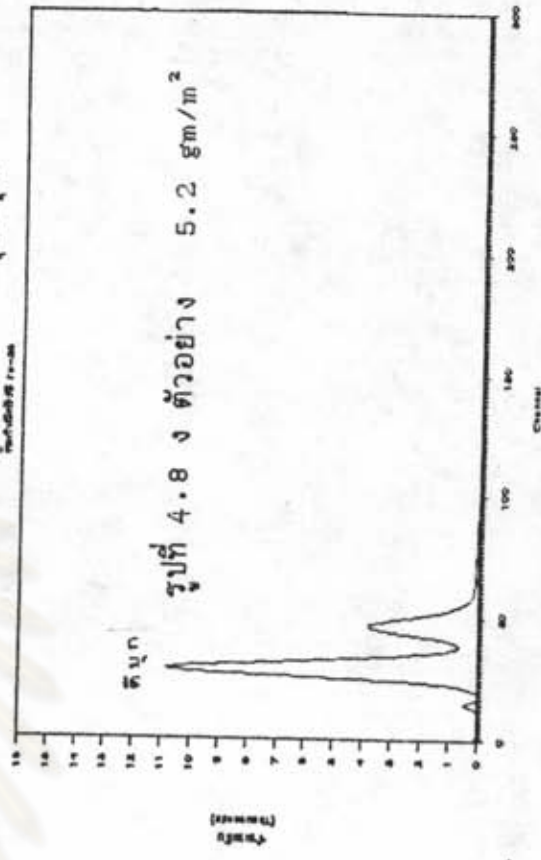
สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบดีบุก



สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบดีบุก

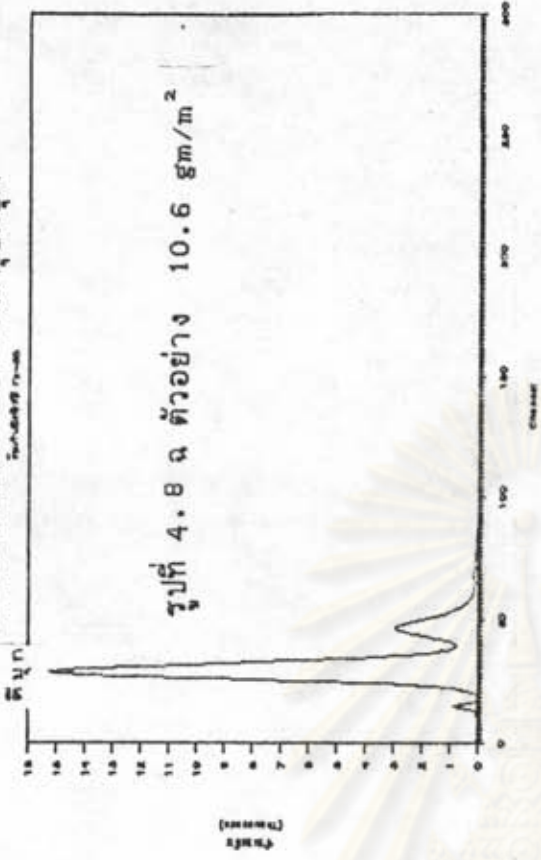


สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบดีบุก

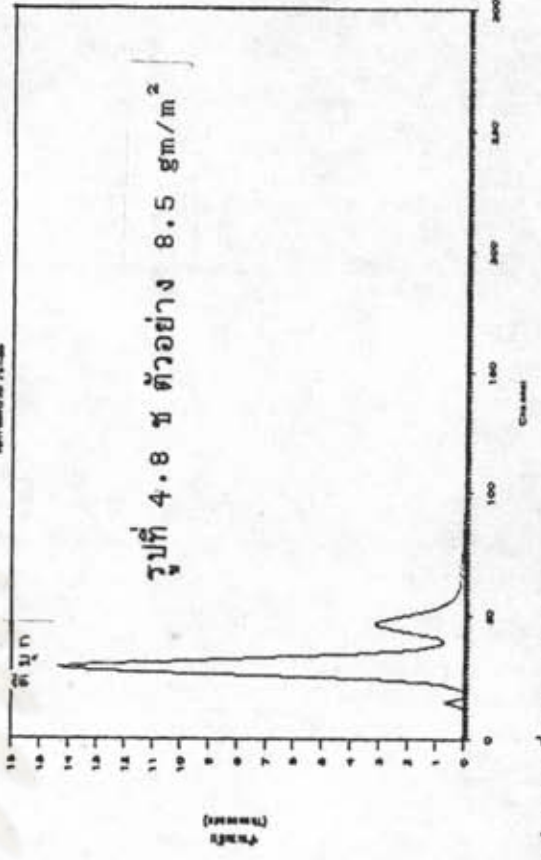


รูปที่ 4.8 แสดงสเปกตรัมตัวอย่างเหล็กชุบดีบุก

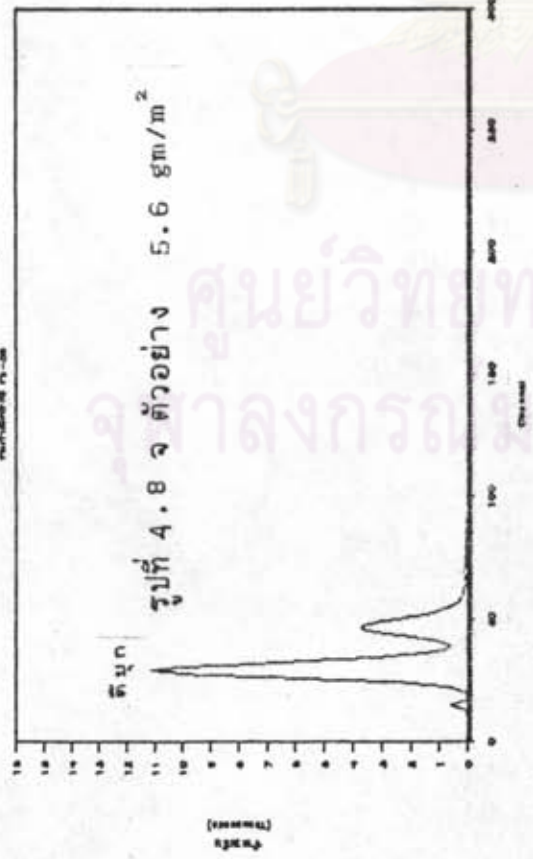
สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบตีบุก



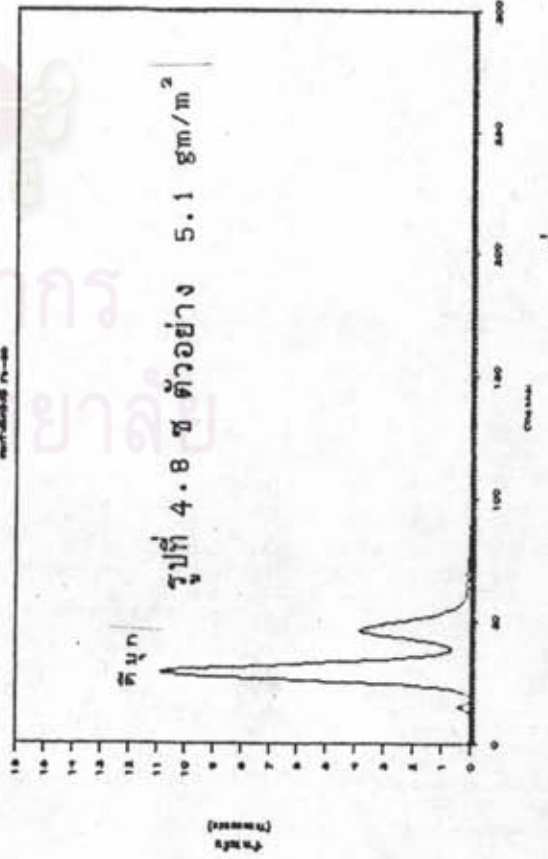
สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบตีบุก



สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบตีบุก

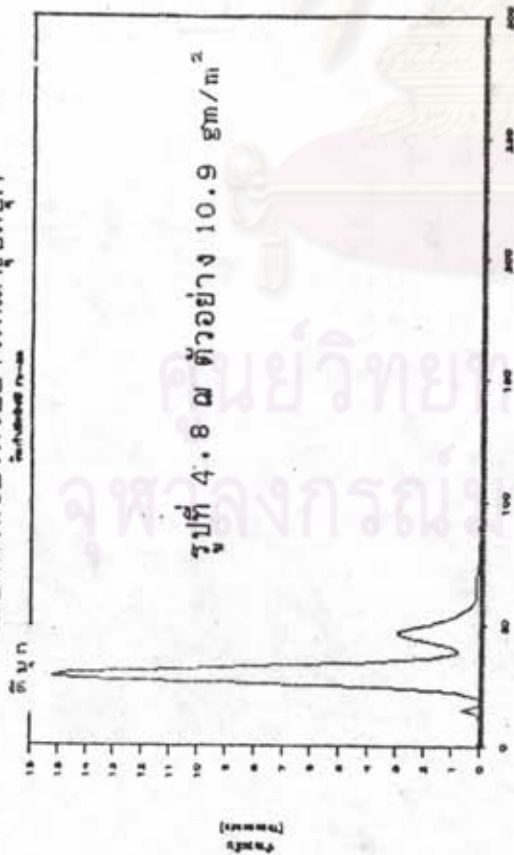


สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบตีบุก

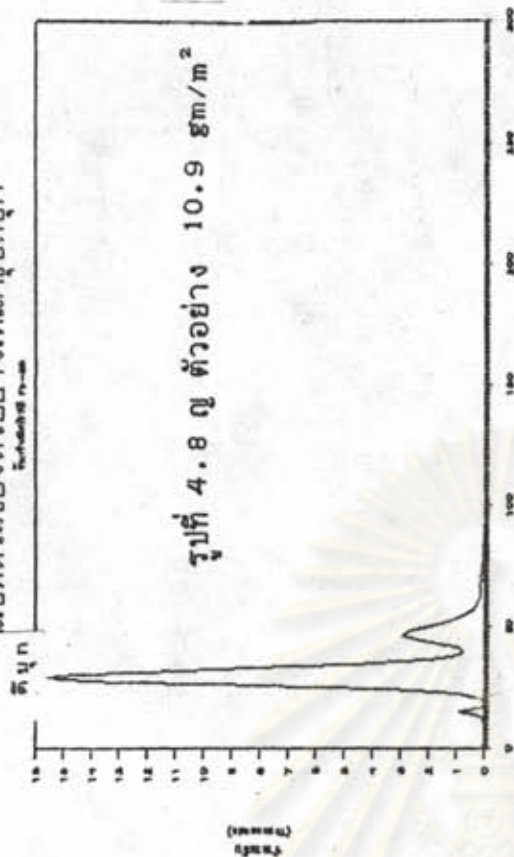




สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบนิโคร



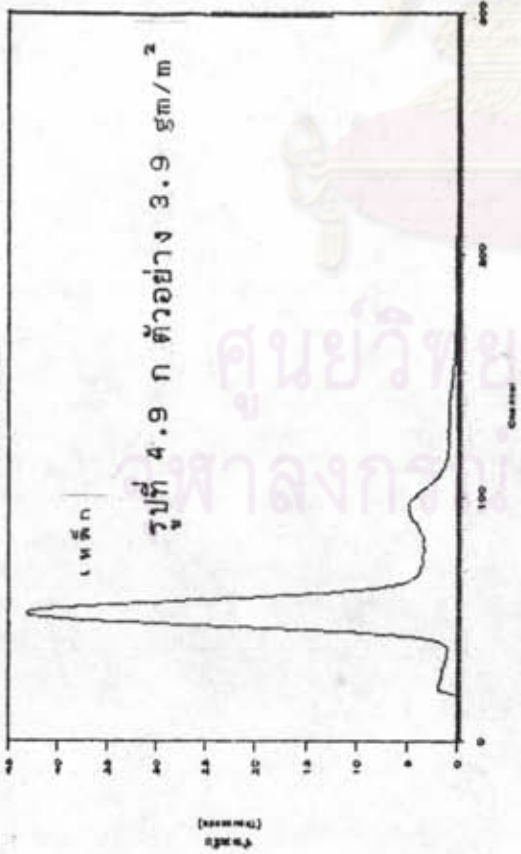
สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบนิโคร



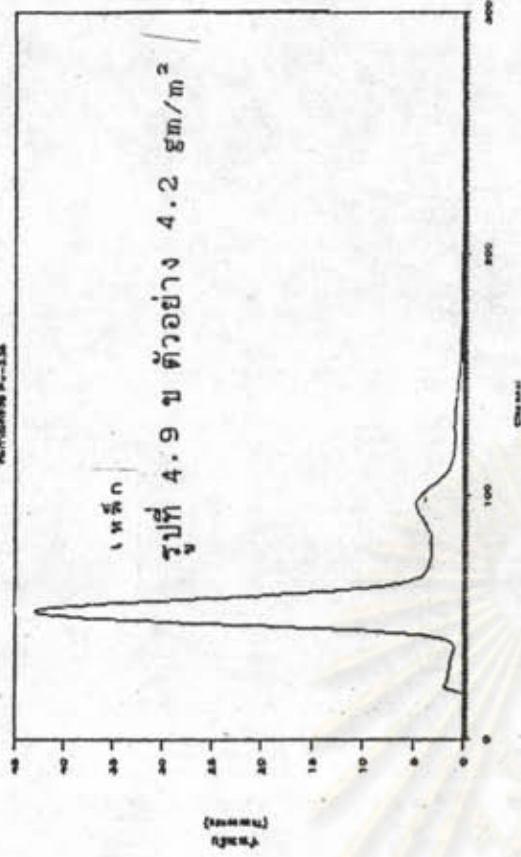
รูปที่ 4.8 แสดงสเปกตรัมตัวอย่างเหล็กวิลาศ(ต่อ)

ศูนย์วิจัยการแพทย์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

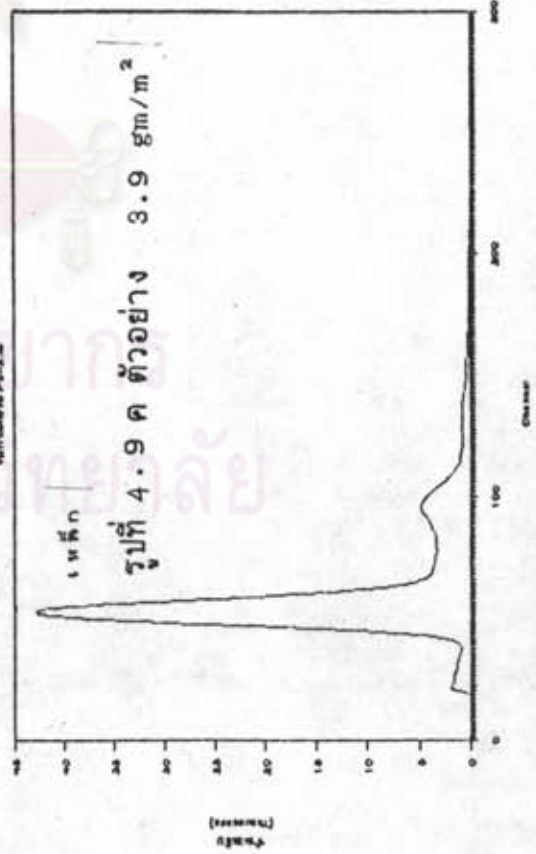
สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบตีบุก



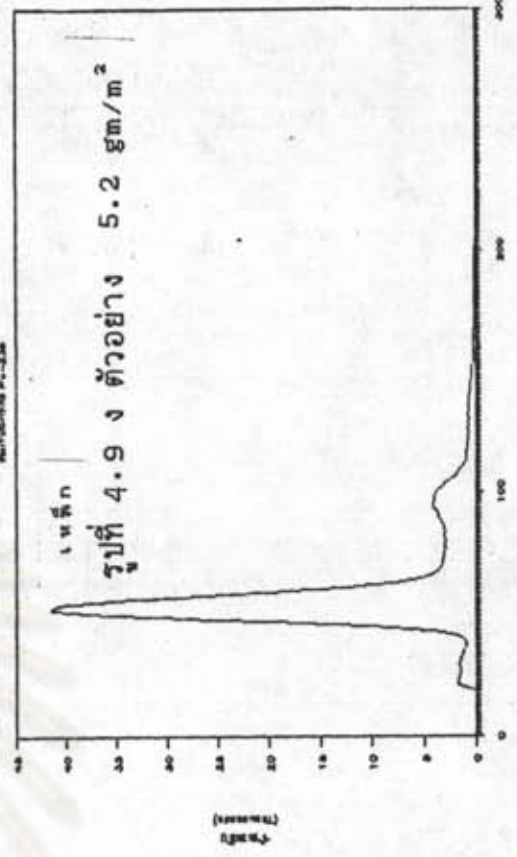
สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบตีบุก



สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบตีบุก

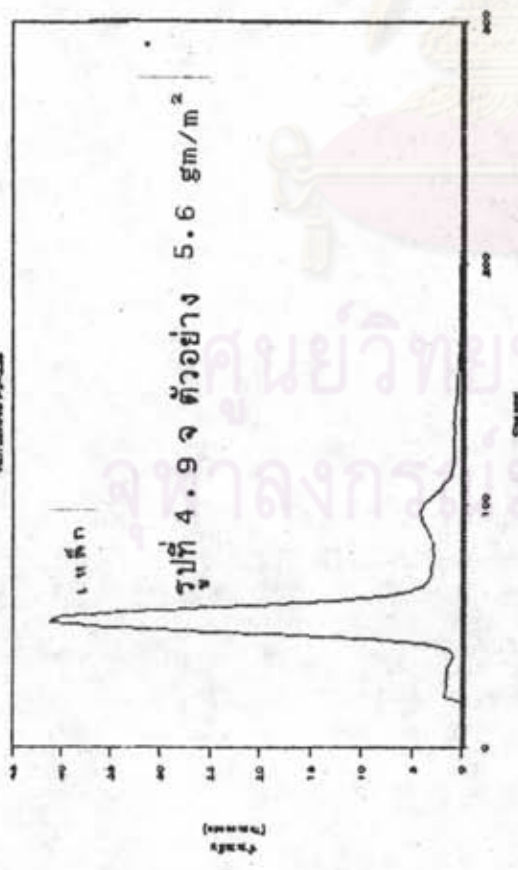


สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบตีบุก

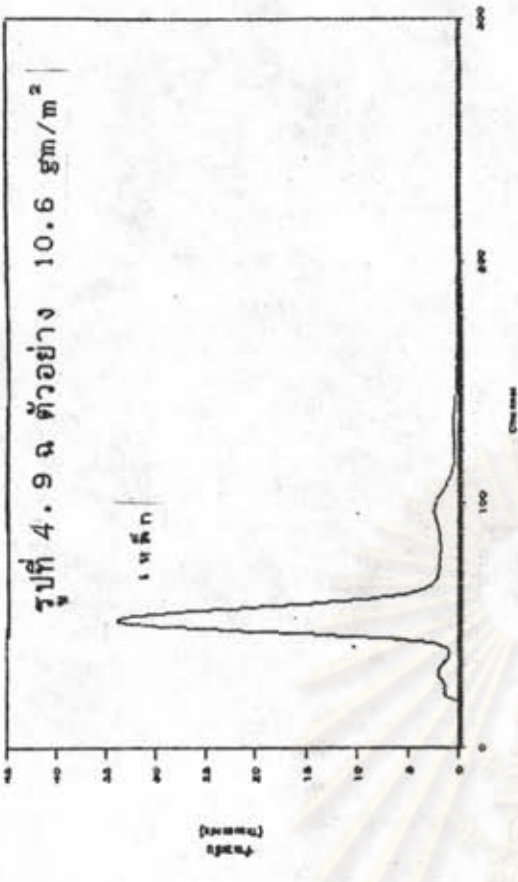


รูปที่ 4.9 แสดงสเปกตรัมตัวอย่างเหล็กกล้า

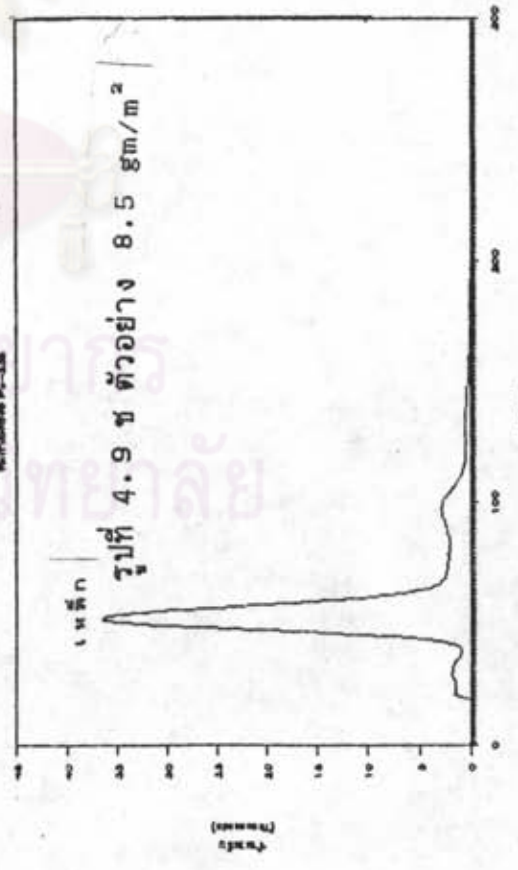
สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบดีบุก



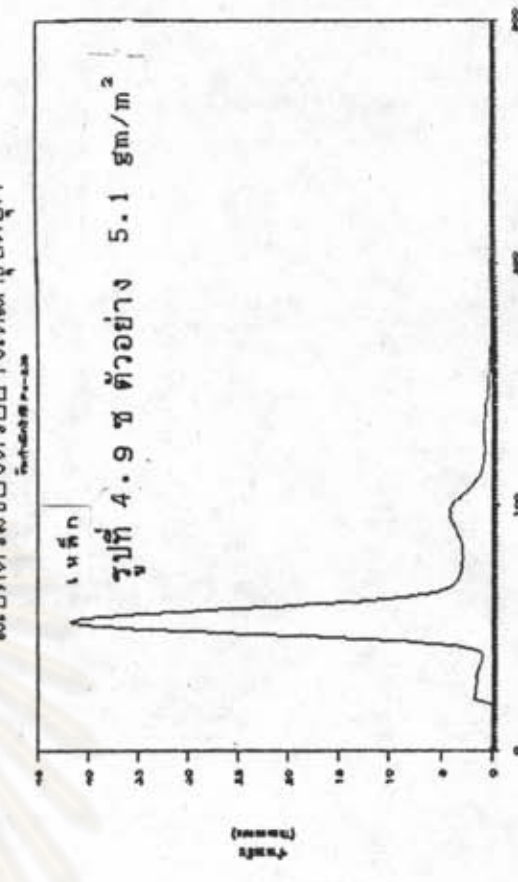
สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบดีบุก



สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบดีบุก



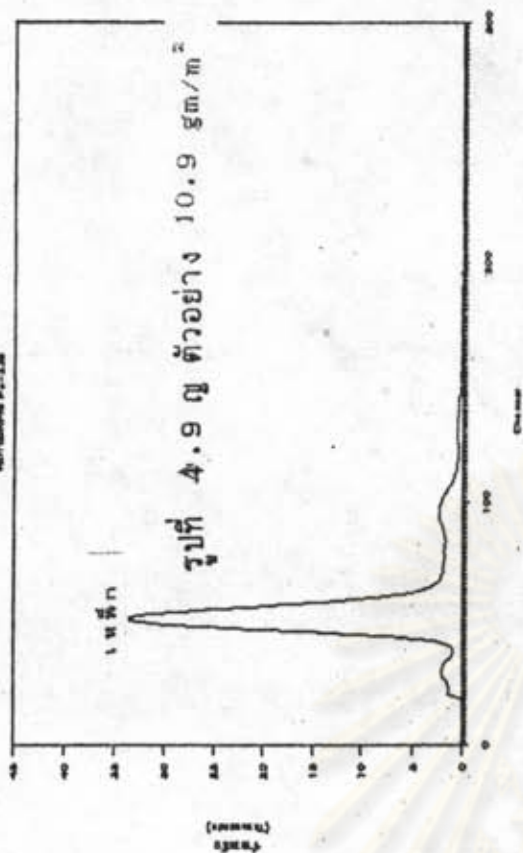
สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบดีบุก



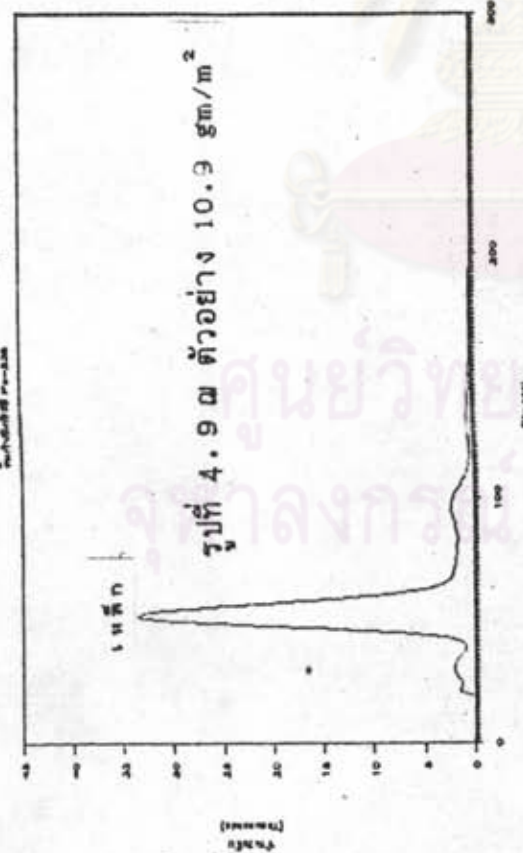
รูปที่ 4.9 แสดงสเปกตรัมตัวอย่างเหล็กเวลา (ต่อ)



สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบดีบุก

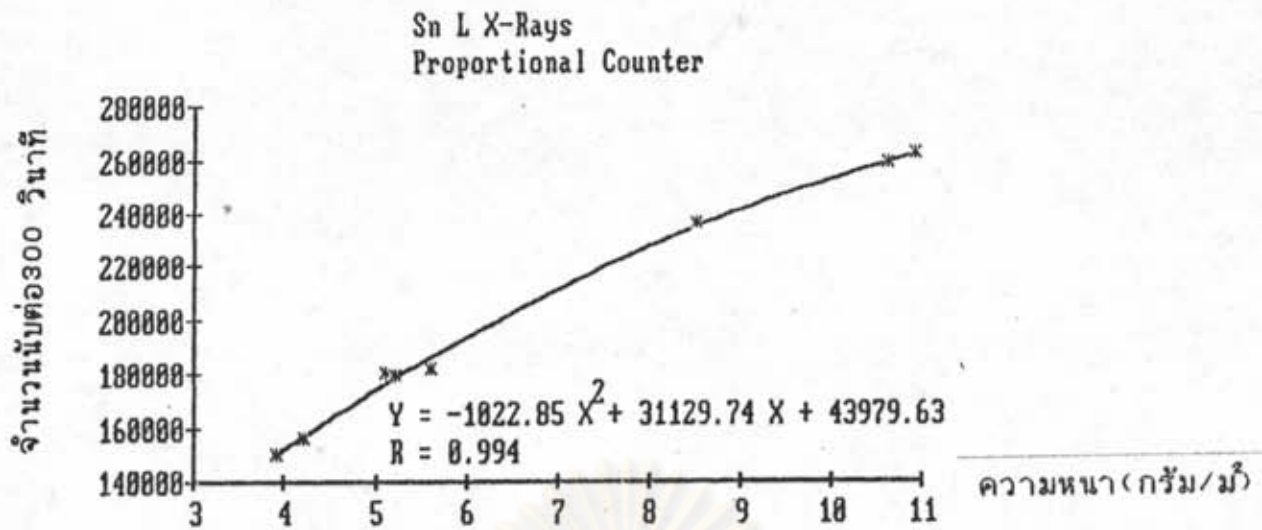


สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กชุบดีบุก

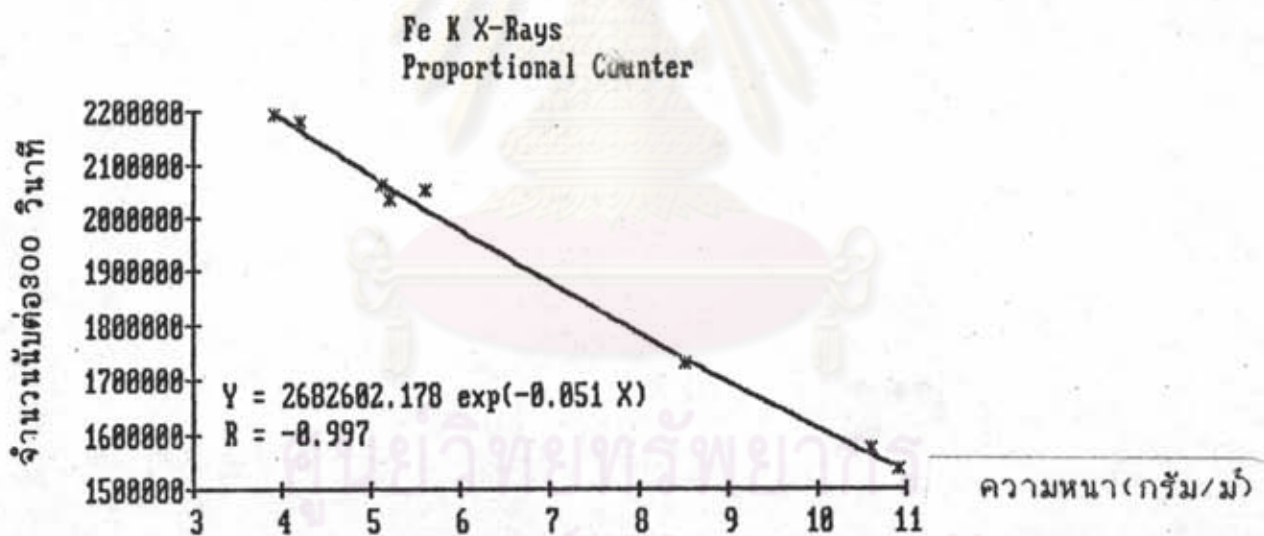


รูปที่ 4.9 แสดงสเปกตรัมตัวอย่างเหล็กวิลาศ(ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของดีบุกและความเข้มรังสีเอกซ์เรืองของดีบุก



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของดีบุกและความเข้มรังสีเอกซ์เรืองของเหล็ก



4.5 ผลการทดลองหาPlateau ของหัววัดรังสี GM ที่ใช้ในการวัดความหนา  
 ทองที่เคลือบบนทองแดง

ตารางที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับกับศักดาไฟฟ้าที่จ่ายให้หัววัดรังสี

ศักดาไฟฟ้า (โวลต์)	จำนวนนับ 10 วินาที
700	3649
750	6997
800	8600
850	9532
900	10092
950	10046
1000	10422
1050	10752
1100	12087
1150	15712
1200	22452
1250	32393



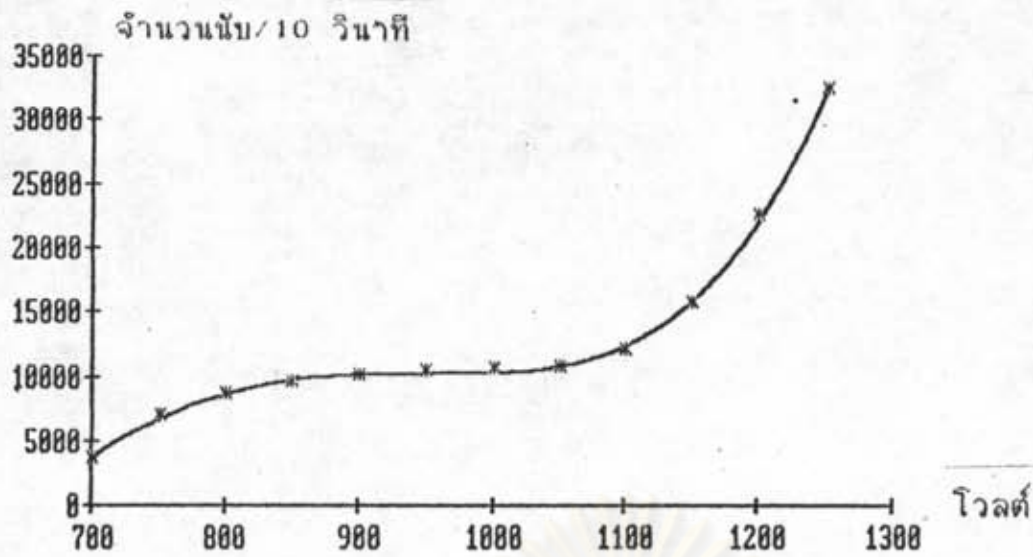
4.6 ผลการทดลองหาความหนาของทองที่เคลือบบนทองแดงโดยใช้เทคนิค  
การสะท้อนของรังสีเบตา

4.6.1 ผลการทดลองหาระยะที่เหมาะสมในการวัดความหนาของ  
ทองที่เคลือบบนทองแดงโดยใช้เทคนิคการสะท้อนของรังสีเบตา

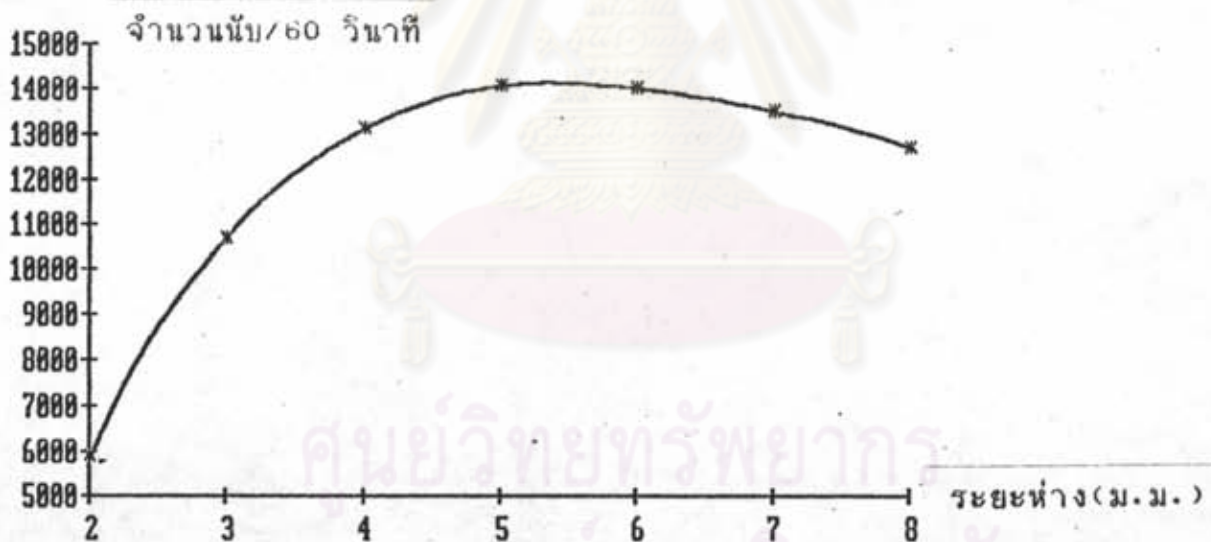
ตารางที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของต้นกำเนิดรังสีและตัวอย่างกับ  
จำนวนนับ

ระยะห่าง (มิลลิเมตร)	จำนวนนับ 1 นาที
2	5866
3	10694
4	13100
5	14066
6	13994
7	13497
8	12707

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักดาไฟฟ้ากับจำนวนนับ



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของต้นกำเนิดรังสีและตัวอย่างกับจำนวนนับ

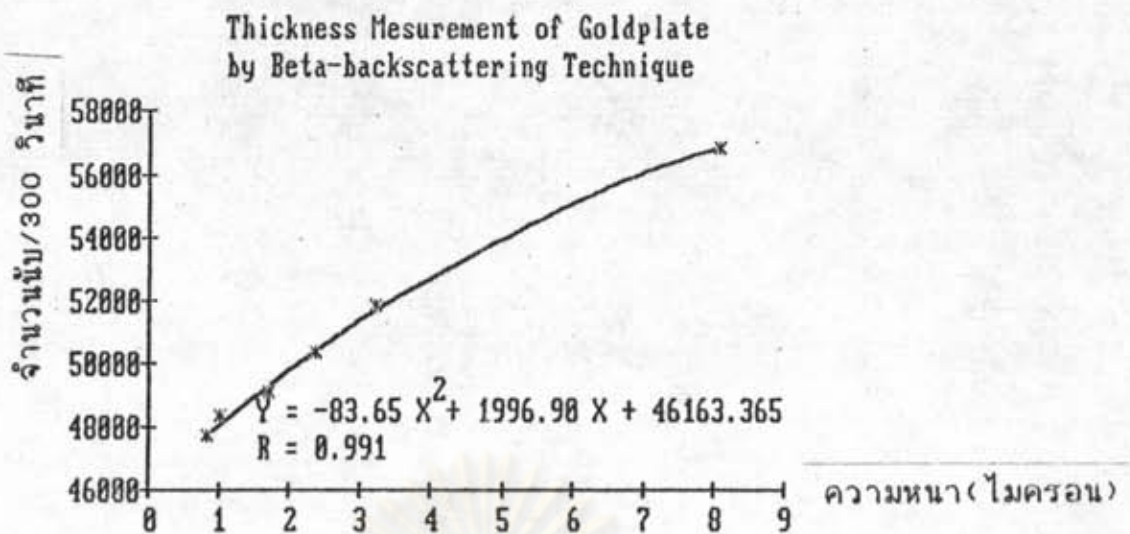
4.6.2 ผลการทดลองวัดความหนาของทองที่เคลือบบนทองแดงโดยใช้เทคนิคการสะท้อนของรังสีเบตา

ตารางที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของทองกับจำนวนนับ

ความหนา (ไมครอน)	จำนวนนับ 300 วินาที
0	46062
0.83	47693
1.00	48320
1.69	49073
2.37	50341
3.20	51844
8.05	56809

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับจำนวนนับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7 ผลการเปรียบเทียบความไวในการวัดความหนาของท่อที่เคลือบบน  
ท่อแดงโดยวิธีวัด 3 แบบ

ความไวของการวัดคำนวณจากเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของจำนวน  
นับของวิธีวัดในแต่ละวิธี

ตารางที่ 4.13 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของข้อมูลในแต่ละช่วงของความหนา  
ของท่อในแต่ละเทคนิคการวัด

ช่วงความหนา (ไมครอน)	เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์		เทคนิคการสะท้อน ของรังสีเบตา
	ฐาน	เคลือบ	
0 - 1	30.50	201.9	4.1
1 - 2	30.50	58.22	3.63
2 - 3	30.50	31.30	3.10
3 - 4	30.50	19.68	2.70
4 - 5	30.50	12.90	2.30
5 - 6	30.50	8.39	1.99
6 - 7	30.50	4.89	1.65
7 - 8	30.50	1.95	1.32

ศูนย์วิทยะทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.8 ผลการเปรียบเทียบความไวในการวัดตึกที่เคลื่อนบนเหล็กโดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการเปรียบเทียบความไวในการวัดตึกที่เคลื่อนบนเหล็กของเทคนิคการวัดทั้งสองวิธีในแต่ละช่วงความหนาของตึก

ช่วงความหนา (กรัม/ม <sup>2</sup> )	เทคนิคการวัด	
	ฐาน	เคลื่อน
0 - 1	68.45	5.23
1 - 2	37.87	5.23
2 - 3	25.46	5.23
3 - 4	18.70	5.23
4 - 5	14.40	5.23
5 - 6	11.40	5.23
6 - 7	9.20	5.23
7 - 8	7.45	5.23
8 - 9	6.03	5.23
9 - 10	4.84	5.23
10 - 11	3.80	5.23

ศูนย์วิทยพัชยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย