



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ม1 ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับอุณหภูมิ ของสาร BaTiO_3 เจือด้วย Dy 0.0 mol%

Temp.	Porosity 0.0%		Porosity 7.35%		Porosity 12.17%		Porosity 19.33%	
(°C)	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
30	1498.53	0.013	1123.90	0.049	897.30	0.047	848.75	0.049
35	1558.95	0.015	1636.00	0.059	1452.78	0.062	1093.61	0.054
40	1653.91	0.018	2451.73	0.062	2047.82	0.062	1234.24	0.058
45	1835.18	0.019	3839.99	0.064	2922.97	0.059	1403.00	0.059
50	1969.84	0.019	6756.99	0.067	3989.61	0.054	1674.34	0.059
55	2064.80	0.019	10340.10	0.055	4779.31	0.046	2008.54	0.058
60	2126.95	0.017	11231.40	0.041	5057.84	0.038	2303.04	0.057
65	2173.56	0.015	9897.57	0.028	4742.91	0.031	2513.16	0.055
70	2249.52	0.012	7908.09	0.023	4016.52	0.028	2728.25	0.053
75	2344.48	0.010	5892.92	0.002	3233.15	0.028	2860.60	0.051
80	2480.86	0.009	4781.10	0.019	2593.80	0.028	2872.19	0.050
85	2745.01	0.008	3738.78	0.019	2117.45	0.028	2855.64	0.049
90	3164.53	0.006	3030.30	0.018	1675.92	0.028	2710.05	0.048
95	3634.11	0.006	2494.03	0.018	1356.24	0.027	2445.33	0.047
100	3772.23	0.005	2009.12	0.017	1096.70	0.026	2192.19	0.046
105	3656.56	0.005	1636.00	0.016	848.24	0.024	1892.73	0.044
110	3433.85	0.005	1397.32	0.015	677.33	0.020	1606.50	0.040
115	3123.09	0.006	1200.94	0.015	539.65	0.019	1389.76	0.036
120	2931.46	0.007	1034.77	0.015	425.70	0.018	1134.97	0.030
125	2572.36	0.008	868.60	0.016	319.67	0.017	948.02	0.025
130	2401.45	0.010	756.82	0.017	221.55	0.017	790.84	0.020
135	2223.63	0.008	649.56	0.019	147.17	0.018	655.17	0.017
140	2076.88	0.009	557.41	0.020	91.78	0.020	554.25	0.016
145	1919.78	0.008	474.33	0.021	63.30	0.024	431.82	0.016
150	1861.08	0.009	413.90	0.020	55.38	0.028	354.06	0.020
155	1785.12	0.010	344.42	0.020	37.98	0.034	286.22	0.021
160	1717.78	0.011	291.54	0.019	28.48	0.041	225.01	0.021

ตารางที่ ๒ ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับอุณหภูมิ ของสาร BaTiO_3 เจือด้วย Dy 0.2 mol%

Temp.	Porosity 0.0%		Porosity 9.34%		Porosity 15.19%		Porosity 20.11%	
(°C)	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
30	2126.44	0.024	1640.40	0.041	1605.57	0.038	1302.00	0.040
35	2338.35	0.024	1876.01	0.042	1838.63	0.039	1696.20	0.036
40	2811.06	0.025	2213.87	0.043	2073.86	0.041	1808.42	0.030
45	2825.87	0.022	2354.65	0.044	2322.03	0.038	1786.84	0.027
50	2808.09	0.019	2381.32	0.046	2332.82	0.036	1769.58	0.025
55	2800.68	0.018	2407.99	0.048	2356.56	0.035	1796.91	0.025
60	2815.50	0.017	2452.45	0.045	2410.51	0.034	1814.18	0.024
65	2855.51	0.017	2551.73	0.043	2492.52	0.032	1884.67	0.023
70	2945.90	0.016	2704.36	0.042	2613.37	0.031	2021.35	0.023
75	3060.01	0.016	2953.31	0.040	2868.01	0.030	2291.82	0.023
80	3292.66	0.016	3397.87	0.039	3290.99	0.028	2864.42	0.024
85	3867.61	0.017	4731.53	0.037	4029.03	0.027	3877.25	0.025
90	7563.33	0.018	8218.31	0.034	8487.52	0.026	13723.61	0.011
95	8384.42	0.014	10684.10	0.031	13202.82	0.024	11092.26	0.006
100	8710.28	0.008	10338.83	0.028	12628.77	0.023	7976.06	0.004
105	7668.55	0.005	8316.11	0.026	9167.30	0.022	6176.27	0.003
110	6278.57	0.004	6211.89	0.025	6251.80	0.021	4694.42	0.003
115	5411.69	0.003	5021.97	0.024	4995.83	0.021	2966.56	0.003
120	4559.63	0.003	3990.61	0.023	3936.24	0.020	2956.49	0.003
125	4067.66	0.004	3255.61	0.023	3297.46	0.020	2467.34	0.003
130	3597.92	0.005	3027.41	0.022	2740.69	0.021	2110.55	0.004
135	3300.07	0.007	2575.44	0.022	2354.40	0.019	1824.25	0.005
140	2991.84	0.010	2336.87	0.023	2041.49	0.018	1548.02	0.008
145	2819.95	0.014	2068.65	0.023	1791.16	0.017	1345.17	0.010
150	2622.86	0.013	1947.14	0.024	1579.67	0.019	1182.59	0.010
155	2482.09	0.014	1711.53	0.023	1402.71	0.020	1035.85	0.012
160	2378.36	0.015	1595.94	0.023	1275.39	0.021	909.24	0.011

ตารางที่ ๗3 ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับอุณหภูมิ ของสาร BaTiO_3 เจือด้วย Dy 0.4 mol%

Temp.	Porosity 0.0%		Porosity 6.98%		Porosity 12.35%		Porosity 18.11%	
(°C)	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
30	2169.53	0.045	2012.05	0.015	1848.99	0.026	1682.22	0.044
35	2448.64	0.055	2487.29	0.018	2447.20	0.031	2171.20	0.055
40	2701.85	0.054	2962.54	0.020	3422.45	0.031	2746.96	0.055
45	3104.68	0.053	3538.58	0.019	3890.14	0.028	3382.80	0.056
50	3542.04	0.045	5013.68	0.019	4798.33	0.025	4739.60	0.053
55	3904.59	0.036	5931.25	0.017	5909.54	0.018	5595.73	0.052
60	4251.31	0.030	7352.86	0.016	7546.44	0.016	6710.54	0.053
65	4960.58	0.026	10362.70	0.016	9984.58	0.014	11146.47	0.053
70	6530.19	0.021	13216.20	0.015	11665.07	0.011	12176.16	0.044
75	7266.79	0.012	13561.80	0.012	11692.15	0.008	11850.63	0.038
80	6971.86	0.008	13195.60	0.010	10880.08	0.007	9814.65	0.030
85	6082.76	0.006	11012.80	0.006	9105.40	0.007	8124.08	0.025
90	5277.09	0.004	8385.63	0.004	7055.19	0.006	6343.39	0.022
95	4503.08	0.003	6367.40	0.003	5657.57	0.007	4808.02	0.019
100	3934.80	0.003	5095.98	0.003	4433.96	0.006	4093.74	0.017
105	3406.80	0.003	4196.93	0.003	3456.90	0.007	3391.15	0.016
110	2999.65	0.003	3365.77	0.003	2447.20	0.007	2873.80	0.015
115	2734.94	0.004	2869.96	0.003	1847.18	0.007	2424.87	0.014
120	2500.43	0.004	2493.47	0.003	1511.82	0.008	2109.45	0.013
125	2333.54	0.005	2170.47	0.003	1143.84	0.007	1822.41	0.012
130	2189.67	0.006	1911.24	0.003	987.94	0.008	1617.13	0.011
135	2061.63	0.008	1695.23	0.003	783.10	0.008	1440.23	0.009
140	1968.12	0.010	1518.30	0.003	623.58	0.009	1241.64	0.008
145	1877.48	0.015	1343.42	0.003	491.25	0.008	1134.83	0.008
150	1804.11	0.021	1201.47	0.004	435.05	0.009	1009.66	0.008
155	1733.61	0.028	1147.98	0.003	331.73	0.010	889.51	0.008
160	1673.19	0.040	1038.94	0.003	237.46	0.011	812.74	0.008

ตารางที่ 44 ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับอุณหภูมิ ของสาร BaTiO_3 เจือด้วย Dy 0.6 mol%

Temp.	Porosity 0.0%		Porosity 5.33%		Porosity 10.97%		Porosity 18.21%	
(°C)	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
30	2699.83	0.034	2508.70	0.025	2347.93	0.018	2210.68	0.021
35	3011.59	0.035	2760.47	0.028	2686.74	0.022	2541.72	0.021
40	3516.43	0.035	3416.87	0.031	3580.16	0.022	3082.23	0.018
45	4038.67	0.033	4130.82	0.025	4020.40	0.019	3837.83	0.016
50	4391.58	0.030	4350.22	0.024	4188.73	0.018	4419.49	0.013
55	4657.45	0.028	4610.98	0.024	4361.37	0.018	4782.33	0.011
60	4970.80	0.028	5170.27	0.025	4736.87	0.018	5436.93	0.010
65	5885.51	0.028	7123.28	0.031	5766.24	0.020	7449.36	0.012
70	9030.05	0.028	13768.28	0.029	12462.64	0.024	12151.24	0.012
75	10565.15	0.021	14782.44	0.022	16202.48	0.017	13404.33	0.009
80	10254.91	0.016	13361.73	0.016	16047.05	0.016	13301.50	0.008
85	9003.14	0.011	10950.12	0.010	13651.64	0.010	10954.25	0.005
90	7365.20	0.007	8646.49	0.007	10226.89	0.006	8541.61	0.004
95	6107.07	0.005	7274.35	0.006	8025.70	0.005	6632.05	0.003
100	5068.91	0.003	5663.02	0.004	5636.76	0.004	5244.29	0.003
105	4378.92	0.002	4654.14	0.004	5399.38	0.003	4329.72	0.003
110	3802.87	0.002	4022.92	0.003	4827.50	0.004	3783.59	0.002
115	3400.90	0.002	3454.64	0.003	3483.05	0.005	3183.23	0.003
120	3043.25	0.002	3005.05	0.003	2937.07	0.003	2749.32	0.002
125	2820.11	0.002	2665.16	0.003	2615.52	0.004	2532.37	0.003
130	2652.35	0.002	2427.78	0.003	2386.77	0.003	2214.42	0.003
135	2473.53	0.002	2192.19	0.003	2179.60	0.004	2004.95	0.003
140	2302.61	0.003	2033.94	0.003	1961.64	0.003	1831.01	0.003
145	2157.02	0.006	1864.89	0.003	1799.79	0.003	1660.81	0.004
150	2008.26	0.005	1749.80	0.003	1657.36	0.003	1507.45	0.003
155	1872.16	0.006	1627.51	0.003	1536.51	0.003	1434.51	0.003
160	1810.44	0.008	1551.98	0.003	1430.77	0.004	1322.29	0.004

ตารางที่ ๘๕ ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับอุณหภูมิ ของสาร BaTiO_3 เจือด้วย Dy 0.8 mol%

Temp.	Porosity 0.0%		Porosity 7.78%		Porosity 13.52%		Porosity 20.19%	
($^{\circ}\text{C}$)	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
30	2514.27	0.018	2011.03	0.036	1743.45	0.034	1514.93	0.033
35	2476.20	0.019	3346.62	0.040	4526.21	0.043	5500.09	0.039
40	2452.64	0.019	5583.45	0.040	8448.18	0.042	11605.81	0.033
45	2438.13	0.018	7743.73	0.033	10718.56	0.034	15632.72	0.024
50	2438.13	0.018	8738.73	0.026	11193.83	0.026	13327.97	0.017
55	2458.07	0.019	8807.61	0.021	11048.88	0.023	10722.58	0.011
60	2490.70	0.018	8698.54	0.019	9385.98	0.014	8294.01	0.008
65	2568.65	0.018	7336.17	0.012	7908.39	0.011	6232.38	0.006
70	2677.42	0.019	6325.86	0.009	5206.19	0.006	4346.26	0.005
75	2978.33	0.020	5041.94	0.007	3411.17	0.005	3645.62	0.004
80	3235.74	0.021	3847.95	0.005	2502.39	0.004	2888.87	0.004
85	4140.30	0.023	2784.07	0.004	1242.33	0.003	2363.75	0.003
90	9065.52	0.018	2254.04	0.004	378.66	0.003	1771.02	0.003
95	9395.44	0.013	1517.36	0.003	159.52	0.003	1312.08	0.003
100	8828.05	0.010	874.44	0.003	90.23	0.003	1148.07	0.003
105	7381.48	0.006	616.13	0.003	69.28	0.003	925.07	0.003
110	6132.50	0.004	489.84	0.003	51.56	0.002	622.95	0.002
115	4995.91	0.003	376.94	0.003	33.83	0.002	496.34	0.002
120	4229.12	0.003	298.49	0.003	27.39	0.002	399.95	0.002
125	3692.55	0.003	237.26	0.003	16.11	0.002	306.43	0.002
130	3264.75	0.003	210.47	0.003	14.50	0.002	241.69	0.003
135	2954.77	0.003	176.03	0.003	11.27	0.003	178.39	0.003
140	2722.74	0.003	154.98	0.003	12.89	0.003	133.79	0.003
145	2468.95	0.003	139.68	0.004	12.89	0.003	116.53	0.003
150	2303.99	0.003	112.89	0.005	12.89	0.003	103.58	0.003
155	2148.10	0.003	80.36	0.005	11.27	0.004	77.68	0.003
160	2035.71	0.003	66.97	0.006	9.66	0.004	60.42	0.004

ตารางที่ ๕๖ ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับอุณหภูมิ ของสาร BaTiO_3 เจือด้วย Dy 1.0 mol%

Temp.	Porosity 0.0%		Porosity 6.81%		Porosity 14.11%		Porosity 21.93%	
(°C)	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
30	2365.42	0.028	2244.65	0.021	2105.08	0.026	1533.49	0.016
35	2515.28	0.030	2955.17	0.028	2865.50	0.027	2191.04	0.024
40	2713.47	0.030	3546.96	0.026	3329.33	0.029	2907.94	0.023
45	2864.93	0.028	3910.70	0.021	3918.04	0.031	3449.17	0.019
50	3029.29	0.028	4253.71	0.019	4243.61	0.033	3980.91	0.017
55	3338.66	0.028	5073.55	0.018	4921.52	0.030	5077.62	0.016
60	3994.48	0.028	7137.27	0.017	6507.02	0.028	7199.82	0.014
65	5364.10	0.027	9900.21	0.017	9669.11	0.026	9267.43	0.012
70	7242.91	0.022	12534.95	0.013	11861.10	0.024	9846.64	0.009
75	7479.78	0.017	12649.97	0.011	8725.84	0.023	9775.43	0.008
80	7254.19	0.014	12014.82	0.009	8725.84	0.022	8315.52	0.005
85	6456.58	0.010	9743.78	0.005	7104.65	0.021	6760.66	0.004
90	5344.77	0.007	8068.30	0.004	5525.84	0.020	5203.43	0.003
95	4318.35	0.005	6063.00	0.003	3980.48	0.018	3781.51	0.003
100	3564.25	0.004	4873.77	0.003	2638.04	0.018	2884.20	0.003
105	3034.12	0.003	3822.12	0.003	1288.91	0.019	2357.21	0.003
110	2595.84	0.003	3092.75	0.002	769.33	0.019	1799.36	0.003
115	2230.07	0.003	2606.50	0.002	468.29	0.018	1381.56	0.003
120	1941.64	0.003	2101.41	0.003	249.75	0.017	1042.11	0.003
125	1714.45	0.003	1669.82	0.003	202.92	0.015	778.61	0.004
130	1554.93	0.003	1477.58	0.003	173.93	0.013	507.99	0.004
135	1398.63	0.003	1292.88	0.003	118.18	0.013	372.69	0.004
140	1297.11	0.003	1062.95	0.003	69.12	0.012	244.50	0.003
145	1171.43	0.003	906.52	0.003	42.36	0.012	178.03	0.005
150	1086.03	0.003	759.52	0.003	24.52	0.011	106.82	0.007
155	1005.46	0.003	629.48	0.003	20.06	0.010	73.58	0.008
160	941.01	0.004	501.32	0.002	13.37	0.012	49.85	0.008

ตารางที่ พ7 ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับอุณหภูมิ ของสาร BaTiO_3 เจือด้วย Dy 1.2 mol%

Temp.	Porosity 0.0%		Porosity 7.12%		Porosity 14.85%		Porosity 20.34%	
(°C)	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
30	2712.55	0.020	2636.39	0.024	2613.51	0.019	2456.87	0.022
35	2734.65	0.020	2891.75	0.025	2733.04	0.020	2529.03	0.023
40	2804.63	0.020	3217.25	0.023	2840.07	0.020	2571.67	0.022
45	2880.13	0.019	3438.45	0.021	2948.90	0.019	2627.44	0.021
50	2974.04	0.019	3690.22	0.019	3071.99	0.018	2722.56	0.019
55	3136.10	0.018	4245.91	0.018	3418.08	0.017	2906.25	0.017
60	3635.15	0.017	5350.10	0.016	4013.93	0.016	3358.92	0.015
65	5023.65	0.017	6619.74	0.014	5483.92	0.014	4205.21	0.013
70	8133.97	0.014	7718.54	0.011	6814.76	0.012	7293.52	0.011
75	9097.09	0.010	7759.90	0.010	7333.89	0.009	8389.11	0.009
80	8936.88	0.009	7563.88	0.008	7139.44	0.008	7808.52	0.006
85	8010.59	0.007	6842.74	0.006	6848.65	0.006	6504.64	0.005
90	6933.31	0.006	5914.79	0.005	6106.52	0.005	5377.89	0.005
95	5658.98	0.005	4844.77	0.004	5237.73	0.004	4410.23	0.004
100	4644.30	0.004	3938.40	0.003	4140.59	0.003	3591.82	0.003
105	3940.84	0.004	3348.53	0.003	3576.85	0.003	3017.78	0.003
110	3209.76	0.003	2774.86	0.003	2902.51	0.003	2591.35	0.002
115	2716.23	0.003	2400.80	0.003	2540.37	0.003	2291.22	0.003
120	2440.00	0.003	2131.05	0.003	2278.12	0.003	2035.36	0.004
125	2189.56	0.003	1877.48	0.004	2028.37	0.003	1792.63	0.004
130	1917.01	0.003	1704.84	0.005	1776.83	0.003	1649.94	0.003
135	1721.81	0.003	1535.79	0.005	1619.84	0.003	1508.89	0.003
140	1572.65	0.003	1418.90	0.005	1464.63	0.003	1362.92	0.004
145	1454.79	0.003	1300.21	0.005	1345.11	0.003	1251.39	0.003
150	1322.20	0.003	1192.31	0.006	1239.85	0.003	1144.79	0.005
155	1224.60	0.003	1100.59	0.006	1168.49	0.003	1084.10	0.004
160	1128.84	0.003	1025.06	0.007	1048.97	0.003	998.82	0.005

ตารางที่ ๘ ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับความถี่ ของสาร BaTiO_3 เจือด้วย Dy 0.0 mol%

Freq. (Hz)	Porosity 0.0%		Porosity 7.35%		Porosity 12.17%		Porosity 19.33%	
	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
100	1512.34	0.015	1237.19	0.033	1112.53	0.054	1019.16	0.046
200	1510.61	0.015	1231.15	0.040	1052.39	0.054	971.18	0.049
300	1507.16	0.015	1202.45	0.042	1006.50	0.053	941.40	0.050
400	1503.71	0.015	1182.81	0.043	979.60	0.053	919.89	0.050
500	1503.71	0.015	1164.68	0.044	959.02	0.052	903.35	0.050
600	1501.98	0.014	1149.58	0.044	940.03	0.051	888.45	0.049
700	1500.26	0.014	1135.98	0.044	927.37	0.051	875.22	0.049
800	1500.26	0.015	1125.41	0.044	917.88	0.050	865.29	0.049
900	1498.53	0.015	1111.81	0.044	906.80	0.049	855.37	0.049
1000	1498.53	0.015	1104.26	0.044	897.30	0.049	848.75	0.049
2000	1495.08	0.016	1061.96	0.043	856.16	0.046	802.42	0.047
3000	1489.90	0.019	1037.79	0.041	832.42	0.043	774.30	0.045
4000	1486.44	0.020	1021.17	0.039	816.59	0.041	756.10	0.043
5000	1486.44	0.021	1009.09	0.038	805.51	0.039	742.86	0.041
6000	1484.72	0.020	998.51	0.037	794.44	0.038	732.93	0.040
7000	1482.99	0.020	989.45	0.035	788.11	0.036	723.01	0.039
8000	1481.27	0.020	981.90	0.034	780.19	0.035	714.73	0.038
9000	1479.54	0.020	975.86	0.033	772.28	0.034	708.12	0.037
10000	1479.54	0.020	971.32	0.033	767.53	0.033	703.15	0.036
20000	1472.63	0.020	944.13	0.026	743.80	0.027	673.37	0.029

ตารางที่ ๗9 ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับความถี่ ของสาร BaTiO_3 เจือด้วย Dy 0.2 mol%

Freq.	Porosity 0.0%		Porosity 9.34%		Porosity 15.19%		Porosity 20.11%	
(Hz)	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
100	2148.67	0.018	1975.30	0.038	1512.77	0.038	1378.26	0.026
200	2139.78	0.020	1936.77	0.040	1478.24	0.038	1349.48	0.029
300	2132.37	0.020	1918.98	0.041	1454.51	0.037	1332.22	0.031
400	2127.93	0.020	1905.65	0.041	1441.56	0.038	1319.27	0.032
500	2124.96	0.019	1895.28	0.041	1430.77	0.038	1307.76	0.032
600	2123.48	0.020	1887.87	0.041	1419.98	0.038	1300.57	0.033
700	2119.03	0.020	1880.46	0.041	1411.34	0.038	1291.93	0.033
800	2117.55	0.020	1873.05	0.041	1404.87	0.038	1286.18	0.033
900	2114.59	0.020	1867.12	0.041	1398.40	0.038	1278.99	0.033
1000	2114.59	0.020	1862.67	0.041	1394.08	0.038	1273.23	0.033
2000	2105.70	0.021	1836.00	0.041	1366.03	0.039	1240.14	0.034
3000	2098.29	0.020	1821.18	0.041	1348.76	0.038	1220.00	0.034
4000	2093.84	0.021	1807.85	0.039	1335.81	0.037	1205.61	0.033
5000	2092.36	0.021	1803.40	0.038	1329.34	0.037	1194.10	0.033
6000	2089.40	0.021	1794.51	0.037	1320.71	0.036	1185.47	0.033
7000	2086.43	0.021	1788.58	0.036	1314.23	0.035	1178.28	0.032
8000	2083.47	0.021	1782.66	0.036	1309.92	0.035	1171.08	0.032
9000	2081.99	0.021	1778.21	0.035	1303.44	0.034	1165.33	0.031
10000	2081.99	0.021	1776.73	0.035	1301.29	0.034	1159.58	0.031
20000	2071.62	0.020	1755.98	0.030	1279.7	0.029	1130.80	0.028

ตารางที่ พ10 ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับความถี่ ของสาร BaTiO_3 เจือด้วย Dy 0.4 mol%

Freq. (Hz)	Porosity 0.0%		Porosity 6.98%		Porosity 12.35%		Porosity 18.11%	
	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
100	2297.57	0.026	2106.69	0.040	1984.95	0.031	1834.09	0.055
200	2277.43	0.030	2061.43	0.037	1943.26	0.026	1779.02	0.047
300	2261.61	0.032	2042.91	0.034	1921.50	0.024	1750.64	0.043
400	2250.10	0.033	2026.45	0.034	1897.94	0.023	1725.61	0.041
500	2241.47	0.034	2010.00	0.034	1887.06	0.022	1700.58	0.039
600	2234.27	0.034	1999.71	0.034	1879.81	0.022	1692.23	0.038
700	2227.08	0.034	1989.42	0.033	1872.56	0.021	1682.22	0.037
800	2221.32	0.034	1983.25	0.033	1867.12	0.021	1672.21	0.036
900	2215.57	0.034	1975.02	0.033	1859.87	0.020	1660.53	0.035
1000	2211.25	0.034	1966.79	0.033	1852.62	0.020	1650.51	0.034
2000	2185.36	0.034	1950.33	0.033	1834.49	0.019	1617.13	0.031
3000	2169.53	0.034	1940.05	0.032	1823.61	0.018	1602.11	0.029
4000	2158.02	0.033	1931.82	0.032	1814.55	0.018	1590.43	0.028
5000	2150.83	0.033	1923.59	0.032	1807.30	0.018	1577.08	0.027
6000	2143.64	0.032	1919.47	0.032	1801.86	0.018	1572.07	0.027
7000	2139.32	0.031	1915.36	0.032	1798.24	0.018	1565.40	0.026
8000	2133.56	0.030	1907.13	0.032	1792.80	0.017	1558.72	0.026
9000	2129.25	0.030	1903.02	0.032	1787.36	0.017	1552.05	0.025
10000	2126.37	0.030	1896.84	0.032	1783.73	0.017	1543.70	0.025
20000	2107.67	0.025	1882.44	0.033	1767.42	0.017	1522.01	0.023

ตารางที่ พ11 ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับความถี่ ของสาร BaTiO₃ เจือด้วย Dy 0.6 mol%

Freq. (Hz)	Porosity 0.0%		Porosity 5.33%		Porosity 10.97%		Porosity 18.21%	
	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
100	2815.36	0.039	2604.01	0.037	2494.67	0.022	2345.34	0.024
200	2780.54	0.035	2577.04	0.032	2468.78	0.021	2322.90	0.022
300	2761.55	0.033	2566.25	0.030	2453.67	0.020	2313.54	0.021
400	2748.89	0.032	2553.66	0.029	2442.88	0.019	2307.93	0.021
500	2737.81	0.030	2542.87	0.028	2436.41	0.018	2300.45	0.021
600	2731.48	0.029	2537.48	0.028	2432.09	0.017	2296.71	0.021
700	2723.57	0.028	2532.08	0.027	2425.62	0.016	2292.97	0.021
800	2717.24	0.028	2526.69	0.027	2421.30	0.016	2289.23	0.021
900	2710.91	0.027	2519.49	0.026	2416.99	0.016	2285.49	0.020
1000	2706.16	0.027	2514.10	0.025	2414.83	0.015	2281.75	0.020
2000	2685.59	0.025	2492.52	0.024	2399.72	0.015	2272.40	0.020
3000	2671.35	0.024	2485.32	0.024	2391.09	0.014	2266.79	0.020
4000	2661.85	0.023	2476.33	0.023	2384.62	0.013	2261.18	0.020
5000	2657.10	0.023	2469.14	0.022	2380.30	0.013	2255.57	0.020
6000	2652.35	0.023	2463.74	0.022	2375.98	0.013	2253.70	0.020
7000	2646.02	0.023	2460.15	0.022	2373.83	0.013	2251.82	0.020
8000	2642.86	0.023	2454.75	0.022	2369.51	0.013	2248.08	0.020
9000	2638.11	0.022	2449.36	0.022	2365.19	0.013	2244.34	0.020
10000	2634.95	0.021	2443.96	0.022	2363.04	0.013	2240.60	0.021
20000	2619.12	0.021	2427.78	0.022	2352.24	0.013	2231.25	0.021

ตารางที่ พ12 ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับความถี่ ของสาร BaTiO_3 เจือด้วย Dy 0.8 mol%

Freq. (Hz)	Porosity 0.0%		Porosity 7.78%		Porosity 13.52%		Porosity 20.19%	
	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
100	2543.27	0.031	2200.46	0.031	2033.49	0.046	1896.18	0.047
200	2532.40	0.031	2150.71	0.032	1886.86	0.042	1717.78	0.042
300	2523.33	0.030	2118.19	0.032	1772.45	0.040	1663.11	0.040
400	2519.71	0.029	2097.14	0.032	1714.45	0.039	1609.88	0.039
500	2517.90	0.028	2078.00	0.032	1670.94	0.037	1545.14	0.038
600	2514.27	0.028	2064.61	0.031	1649.99	0.037	1526.44	0.037
700	2512.46	0.028	2051.21	0.031	1627.44	0.036	1501.98	0.037
800	2508.83	0.028	2041.65	0.031	1604.88	0.036	1476.09	0.036
900	2507.02	0.028	2030.17	0.030	1583.93	0.035	1450.19	0.036
1000	2507.02	0.028	2022.51	0.030	1564.59	0.034	1421.42	0.035
2000	2497.95	0.030	1972.76	0.029	1484.03	0.032	1329.34	0.033
3000	2490.70	0.028	1944.06	0.028	1446.97	0.031	1287.62	0.032
4000	2487.08	0.027	1924.93	0.027	1416.35	0.030	1251.65	0.031
5000	2485.27	0.028	1911.53	0.026	1384.13	0.029	1224.32	0.030
6000	2481.64	0.029	1900.05	0.026	1372.85	0.029	1199.86	0.030
7000	2479.83	0.027	1890.48	0.025	1358.34	0.028	1182.59	0.030
8000	2478.01	0.027	1880.92	0.025	1343.84	0.028	1161.01	0.030
9000	2476.20	0.027	1875.18	0.024	1330.95	0.027	1155.26	0.029
10000	2476.20	0.027	1867.52	0.024	1314.84	0.027	1117.85	0.029
20000	2467.14	0.027	1829.25	0.022	1263.28	0.026	1053.11	0.028

ตารางที่ ๗13 ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับความถี่ ของสาร BaTiO_3 เจือด้วย Dy 1.0 mol%

Freq.	Porosity 0.0%		Porosity 6.81%		Porosity 14.11%		Porosity 21.93%	
(Hz)	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
100	2602.29	0.033	2318.15	0.020	2076.09	0.026	1853.96	0.023
200	2566.84	0.031	2295.53	0.020	2006.96	0.025	1737.64	0.023
300	2573.28	0.030	2272.92	0.020	1986.89	0.025	1687.79	0.022
400	2531.39	0.029	2259.72	0.020	1973.51	0.024	1649.81	0.022
500	2520.11	0.028	2242.76	0.020	1964.59	0.024	1618.95	0.021
600	2510.44	0.028	2233.34	0.020	1957.90	0.024	1595.21	0.021
700	2504.00	0.027	2220.14	0.020	1951.21	0.024	1571.47	0.020
800	2497.55	0.027	2222.03	0.020	1946.75	0.024	1559.60	0.020
900	2491.11	0.026	2216.38	0.020	1940.06	0.024	1542.98	0.020
1000	2486.27	0.026	2205.07	0.020	1935.60	0.024	1531.12	0.020
2000	2458.88	0.026	2178.68	0.021	1922.22	0.024	1500.26	0.021
3000	2442.77	0.025	2163.60	0.022	1911.07	0.025	1476.52	0.021
4000	2429.88	0.024	2150.41	0.022	1902.15	0.025	1459.90	0.021
5000	2421.82	0.024	2140.99	0.022	1899.92	0.026	1448.03	0.022
6000	2415.37	0.024	2137.22	0.022	1891.00	0.026	1438.54	0.022
7000	2408.93	0.024	2127.80	0.023	1886.54	0.026	1429.04	0.022
8000	2404.10	0.024	2120.26	0.023	1882.08	0.026	1419.55	0.022
9000	2399.26	0.023	2114.60	0.023	1877.62	0.026	1410.05	0.022
10000	2396.04	0.023	2107.06	0.023	1873.16	0.027	1402.93	0.023
20000	2371.87	0.023	2076.91	0.025	1853.09	0.028	1372.07	0.024

ตารางที่ พ14 ค่า ϵ_r และ $\tan \delta$ เทียบกับความถี่ ของสาร BaTiO₃ เจือด้วย Dy 1.2 mol%

Freq. (Hz)	Porosity 0.0%		Porosity 7.12%		Porosity 14.85%		Porosity 20.34%	
	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$	ϵ_r	$\tan \delta$
100	2916.96	0.029	2803.63	0.024	2692.00	0.020	2597.91	0.020
200	2881.97	0.026	2773.06	0.022	2659.89	0.020	2581.51	0.021
300	2863.55	0.024	2756.88	0.021	2638.49	0.020	2570.03	0.021
400	2850.66	0.023	2746.08	0.022	2624.21	0.020	2565.11	0.021
500	2841.46	0.022	2731.70	0.022	2611.73	0.020	2558.55	0.021
600	2835.93	0.021	2722.71	0.022	2602.81	0.020	2555.27	0.021
700	2830.41	0.020	2715.51	0.022	2595.67	0.020	2550.35	0.021
800	2824.88	0.020	2710.12	0.022	2588.53	0.020	2548.71	0.021
900	2819.36	0.019	2702.92	0.022	2581.40	0.020	2543.79	0.021
1000	2817.52	0.019	2697.53	0.022	2577.83	0.020	2540.51	0.021
2000	2797.26	0.018	2672.35	0.023	2554.64	0.021	2527.39	0.021
3000	2784.37	0.018	2657.97	0.024	2540.37	0.021	2520.83	0.022
4000	2775.16	0.017	2645.38	0.024	2529.66	0.021	2515.91	0.022
5000	2771.48	0.017	2636.39	0.024	2522.53	0.022	2510.99	0.022
6000	2765.95	0.017	2627.39	0.024	2515.39	0.022	2506.07	0.022
7000	2760.43	0.016	2622.00	0.025	2508.26	0.022	2502.79	0.022
8000	2756.75	0.016	2614.80	0.025	2502.90	0.022	2501.15	0.023
9000	2753.06	0.016	2607.61	0.025	2497.55	0.023	2497.87	0.023
10000	2749.38	0.016	2602.22	0.025	2493.98	0.023	2496.23	0.023
20000	2730.96	0.017	2573.44	0.027	2469.01	0.024	2481.47	0.024

E (V/mm)	I (μ A)	ρ (ohm.cm)
0.417	0.0	
0.833	0.0	
1.250	0.0	
1.667	0.0	
2.083	0.1	1.64E+
2.500	0.3	6.55E+
2.917	0.6	3.82E+
3.333	1.0	2.62E+
3.750	3.0	9.82E+
4.167	5.0	6.55E+
4.583	7.0	5.14E+
5.000	14.0	2.81E+
5.417	25.0	1.70E+
5.833	40.0	1.15E+
6.250	80.0	6.14E+
6.667	150.0	3.49E+
7.083	B.D.	

[illegible]

Conductivity 0.0%		
I (μ A)	ρ (ohm.cm)	(k)
0.0		0
0.2	3.81E+10	0
0.5	2.29E+10	1
0.9	1.69E+10	1
1.0	1.91E+10	2
1.2	1.91E+10	2
1.8	1.48E+10	3
2.0	1.53E+10	3
2.3	1.49E+10	4
B.D.		

Conc. 0.0%		
I (μ A)	ρ (ohm.cm)	(k)
0.0		0
0.2	3.81E+10	0
0.5	2.29E+10	1
0.9	1.69E+10	1
1.0	1.91E+10	2
1.2	1.91E+10	2
1.8	1.48E+10	3
2.0	1.53E+10	3
2.3	1.49E+10	4
B.D.		

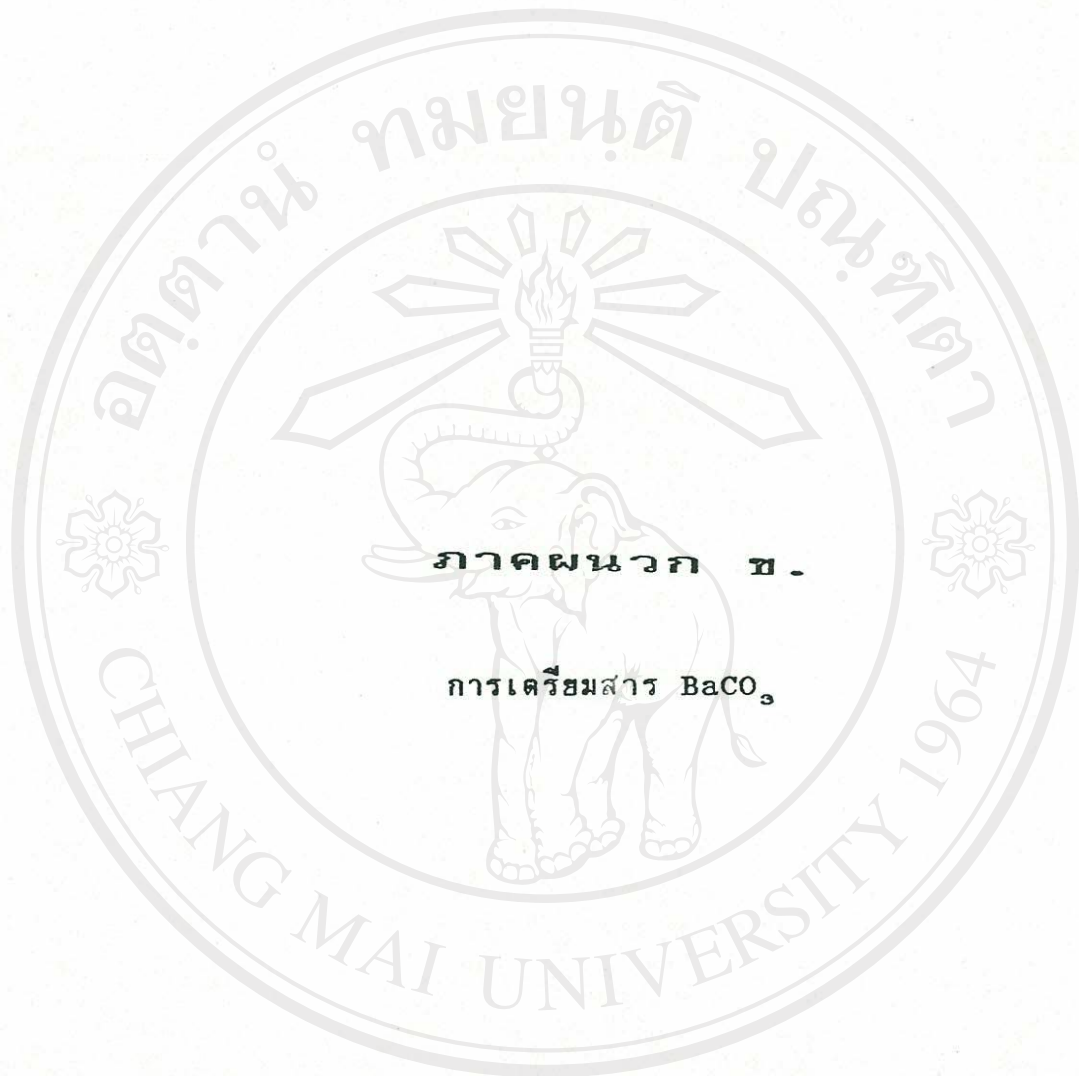
ตารางที่ ๗: คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ BaTiO₃ ที่ความถี่ 1 MHz และความหนา 0.4 mm

Porosity 0.0%			Porosity 6.98%			Porosity 12.35%			Porosity 18.11%		
E (kV/mm)	I (μA)	ρ (ohm.cm)	E (kV/mm)	I (μA)	ρ (ohm.cm)	E (kV/mm)	I (μA)	ρ (ohm.cm)	E (kV/mm)	I (μA)	ρ (ohm.cm)
0.500	0.0		0.350	0.0		0.397	0.0		0.397	0.0	
1.000	0.1	7.85E+10	0.699	0.0		0.794	0.0		0.794	0.2	3.39E+10
1.500	0.5	2.36E+10	1.049	0.0		1.190	0.2	4.68E+10	1.190	0.3	3.39E+10
2.000	0.8	1.96E+10	1.399	0.2	5.49E+10	1.587	0.4	3.12E+10	1.587	0.7	1.93E+10
2.500	1.0	1.96E+10	1.748	0.6	1.72E+10	1.984	0.7	2.23E+10	1.984	B.D.	
3.000	1.0	2.36E+10	2.098	0.9	1.83E+10	2.381	0.9	2.08E+10			
3.500	1.1	2.50E+10	2.448	1.0	1.92E+10	2.778	B.D.				
4.000	1.8	1.75E+10	2.797	1.1	2.00E+10						
4.500	1.9	1.86E+10	3.147	1.2	2.06E+10						
5.000	B.D.		3.497	1.5	1.83E+10						
			3.846	1.8	1.68E+10						
			4.196	1.9	1.73E+10						
			4.545	B.D.							

[illegible]

Porosity 0.0%		
mm	I (μ A)	ρ (ohm.cm)
31	0.0	9.20E+10
31	0.0	4.09E+10
72	0.1	3.07E+10
33	0.3	2.63E+10
53	0.5	2.39E+10
44	0.7	2.45E+10
34	0.9	2.51E+10
25	1.0	2.36E+10
16	1.1	2.25E+10
06	1.3	1.94E+10
07	1.5	
08	1.9	
08	B.D.	

Porosity 0.0%		
mm	I (μ A)	ρ (ohm.cm)
31	0.0	9.20E+10
31	0.0	4.09E+10
72	0.1	3.07E+10
33	0.3	2.63E+10
53	0.5	2.39E+10
44	0.7	2.45E+10
34	0.9	2.51E+10
25	1.0	2.36E+10
66	1.1	2.25E+10
06	1.3	1.94E+10
07	1.5	
08	1.9	
08	B.D.	



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

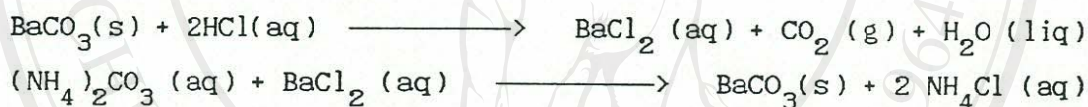
Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ภาคผนวก ข

การเตรียมแบเรียมคาร์บอเนต (BaCO_3) โดยกระบวนการ Upgrading procedures

ในงานวิจัยทางด้านอิเล็กทรอนิกส์เซรามิกส์ การเตรียมแบเรียมไททาเนต (BaTiO_3) จะใช้สารแบเรียมคาร์บอเนต (BaCO_3) เป็นสารตั้งต้น และต้องการแบเรียมคาร์บอเนตที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 98 % ขึ้นไป ดังนั้นถ้าสามารถใช้กระบวนการ upgrading ได้ จะทำให้สารตั้งต้นมีราคาถูกลง ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลงเช่นกัน ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ใช้แบเรียมคาร์บอเนต (BaCO_3) ที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวใช้เป็นสารตั้งต้นในการวิจัย โดยใช้วิธีการของกมล พลคำ⁽¹⁰⁾ ดังรายละเอียดดังนี้

สมการทั่วไปสารเคมีที่ใช้

1. แบเรียมคาร์บอเนต (BaCO_3) ในระดับโรงงาน (industrial grade)
2. กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
3. แอมโมเนียมคาร์บอเนต [$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$]
4. น้ำกลั่น

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. ชุดกรองสารและกระดาษทราย เบอร์ 42
3. เครื่อง magnetic stirrer

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

ขั้นตอนการเตรียม

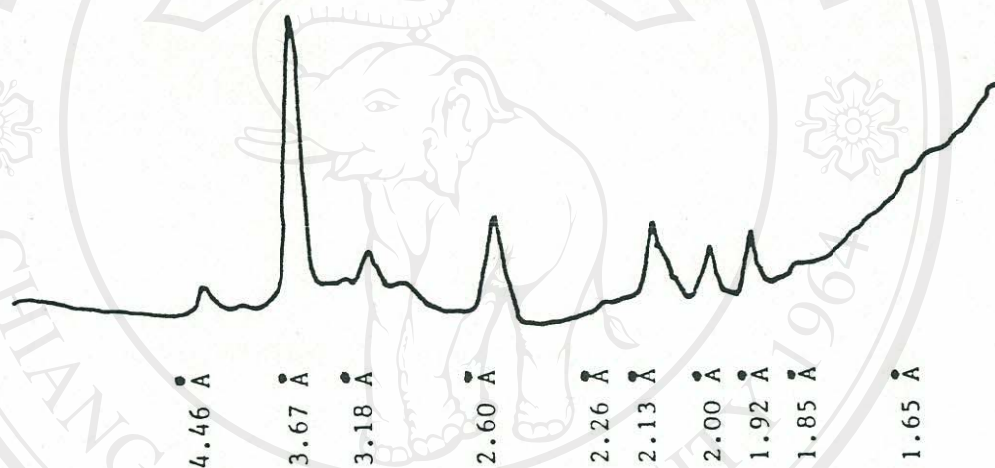
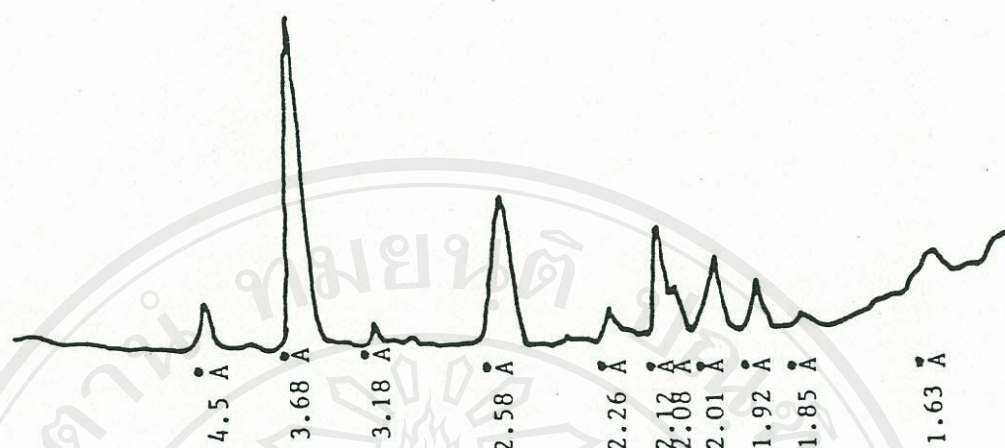
1. ตัก BaCO_3 (industrial grade) ค่อยๆ เทลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้นประมาณ 4% จะเกิดฟองก๊าซ CO_2 ขึ้น เติม BaCO_3 ลงไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่มีฟองก๊าซเกิดขึ้น แล้วทิ้งไว้ 1 วัน จนกระทั่งสารตกตะกอน
2. นำไปกรองเอาส่วนที่เป็นของเหลวใส ซึ่งก็คือ BaCl_2 (aq) นั้นเอง
3. เท BaCl_2 ที่ได้ลงในบีกเกอร์ขนาดใหญ่ แล้วปั่นด้วยเครื่อง magnetic stirrer และค่อยๆ หยดสารละลายแอมโมเนียมคาร์บอเนต $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ ความเข้มข้นประมาณ 3% ลงไปทำปฏิกิริยา จะเกิดตะกอนของ BaCO_3 ขึ้น
4. กรองเอาสาร BaCO_3 แล้วนำไปอบให้แห้ง

หลังจากได้สาร BaCO_3 ที่อบแห้งสนิทแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย X-Ray Diffractometer เพื่อเปรียบเทียบกับสาร BaCO_3 ที่บริสุทธิ์ จะได้ Diffraction Pattern ดังรูปที่ ผ.1 และตารางที่ ผ.22

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved



รูปที่ ผ.1

Diffraction Pattern ของสาร BaCO_3 ก. สาร BaCO_3 บริสุทธิ์ของบริษัท Flukaข. สาร BaCO_3 จากการ upgraded

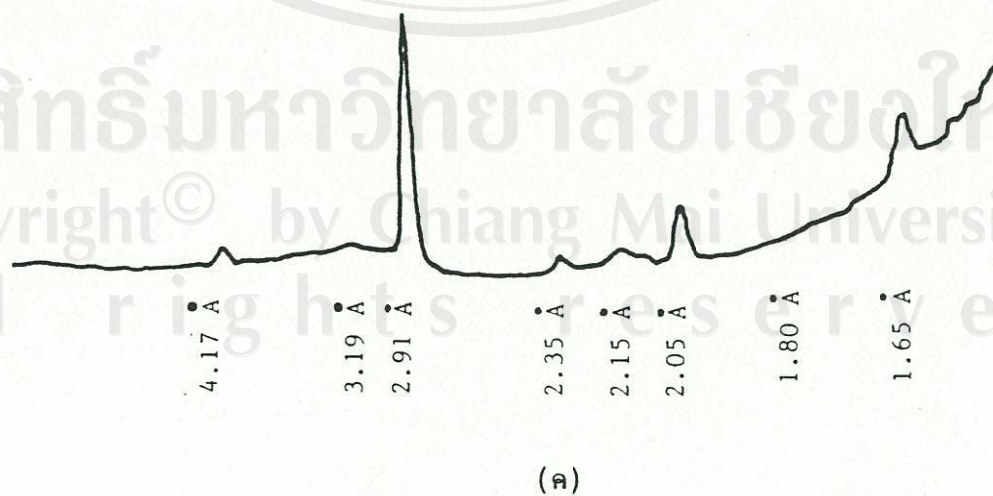
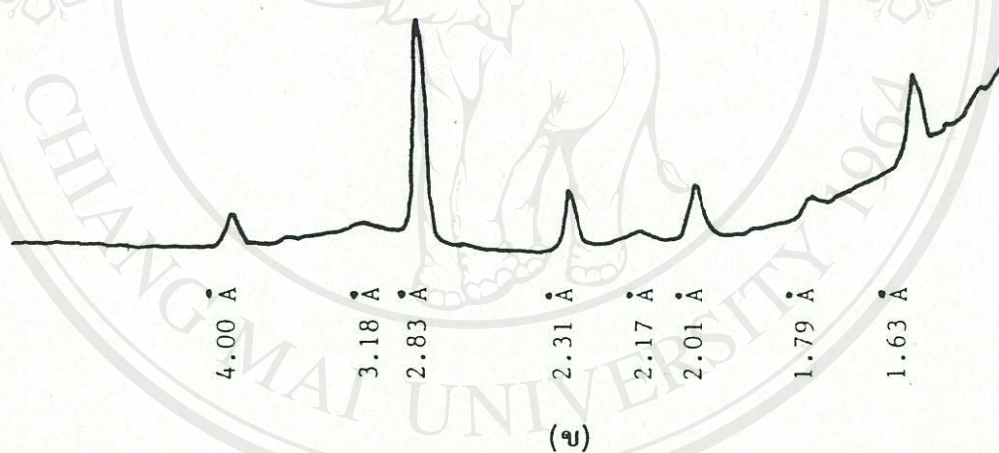
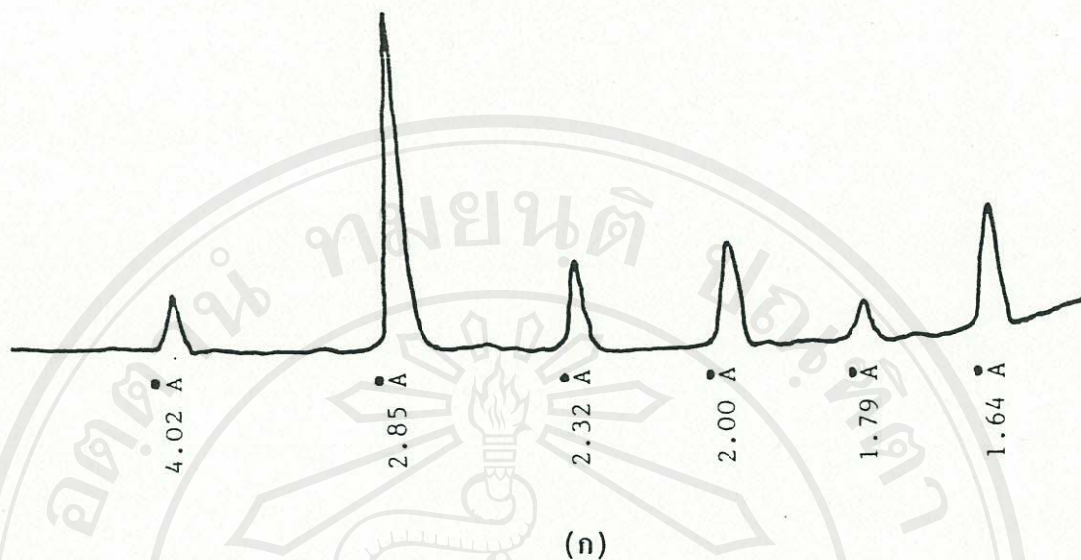
Copyright ©

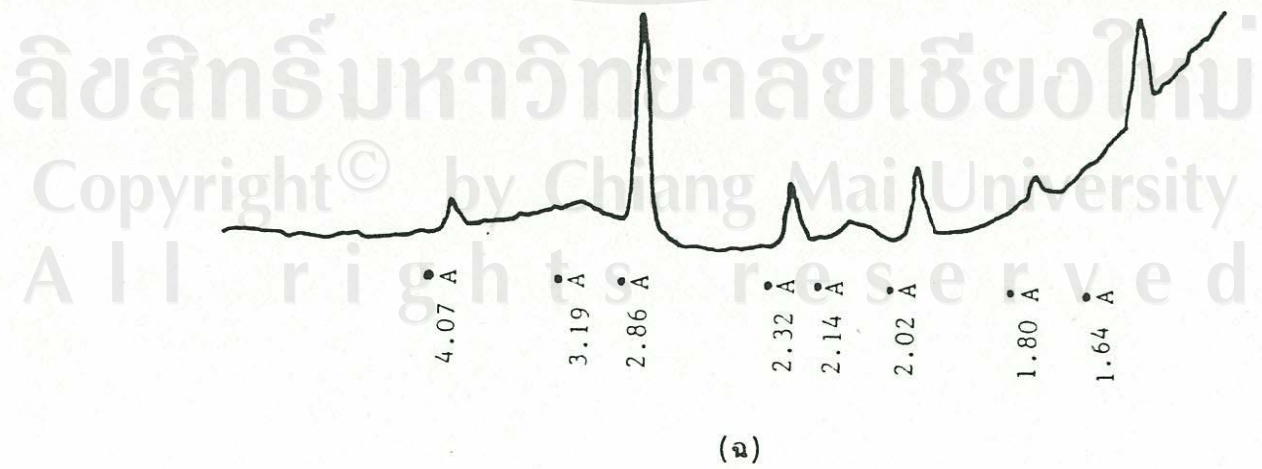
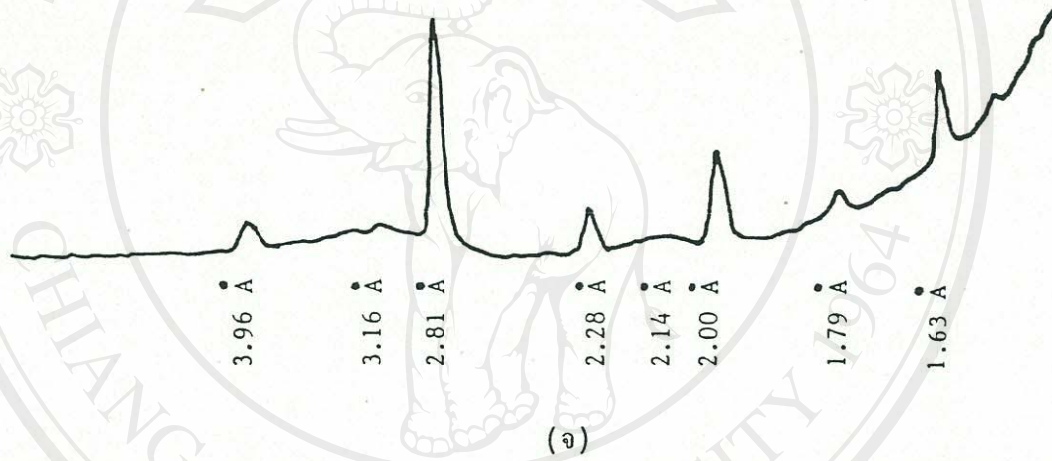
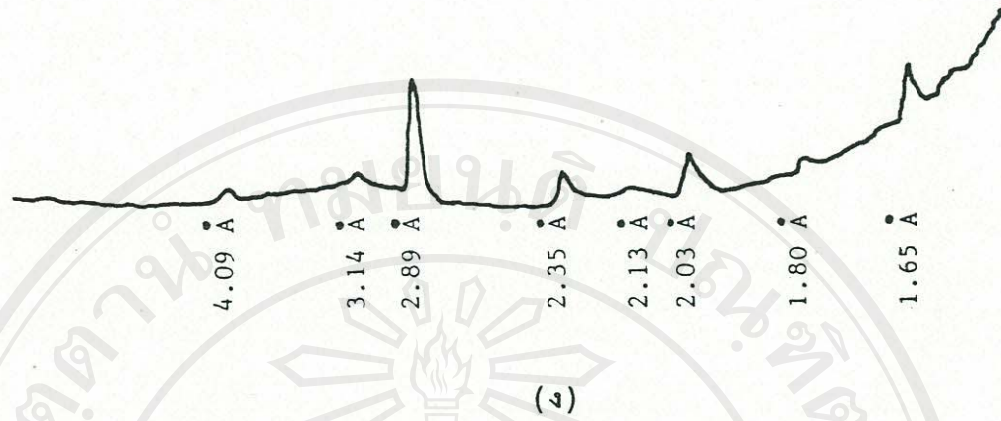
All rights reserved

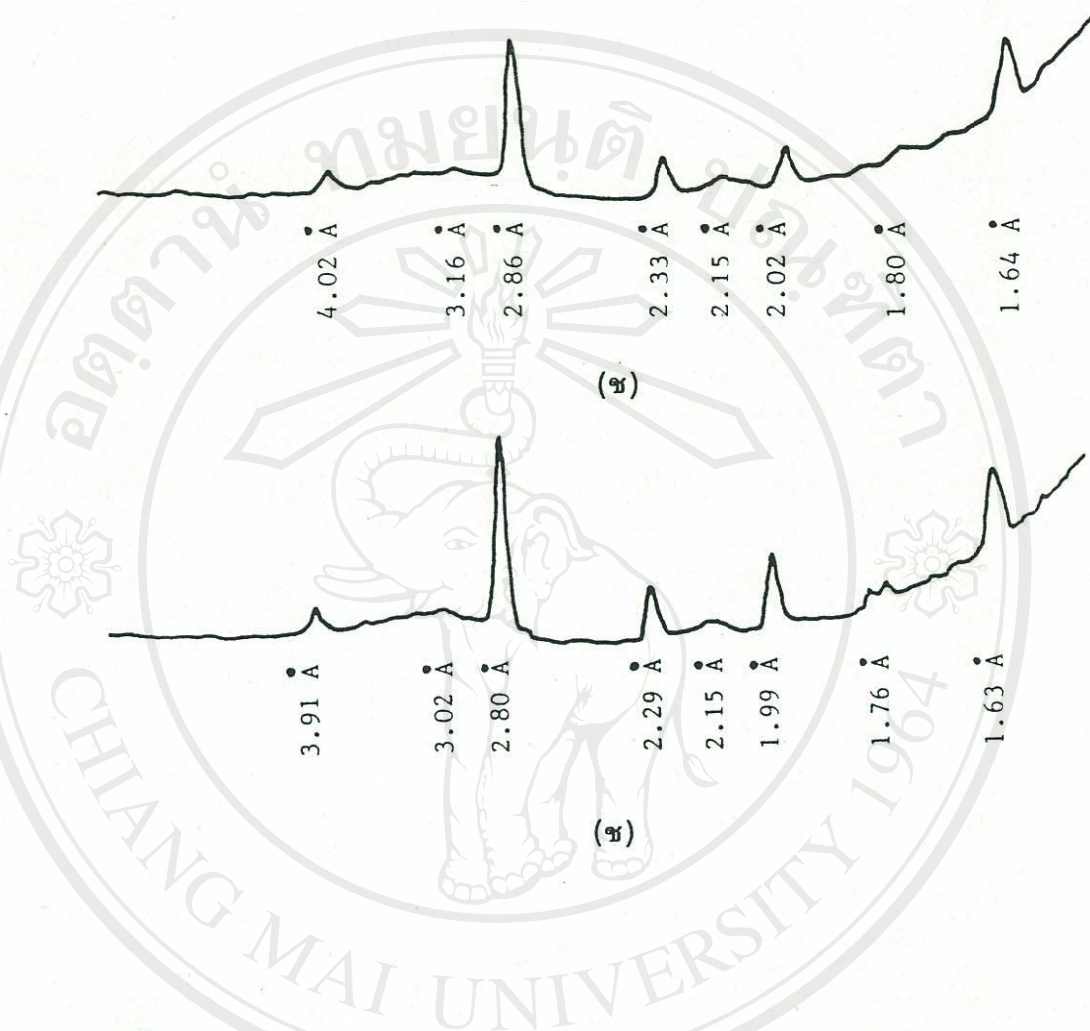
ตารางที่ ผ.22 ข้อมูลของค่า d-spacing ของสาร BaCO_3

No	JCPDS Card No. 5-378		Measurement ($\text{\AA}$)	
	I/I_0	d ($\text{\AA}$)	Fluka	Upgraded
1	9	4.560	4.50	4.46
2	100	3.720	-	-
3	53	3.680	3.68	3.67
4	15	3.215	3.18	3.18
5	11	2.656	-	-
6	24	2.628	-	-
7	23	2.590	2.58	2.60
8	6	2.281	2.26	2.26
9	28	2.150	2.12	2.13
10	12	2.104	2.08	-
11	10	2.048	-	-
12	21	2.019	2.01	2.00
13	15	1.940	1.92	1.92
14	2	1.830	1.85	1.85
15	5	1.677	1.63	1.63

ซึ่งจะเห็นได้ว่าสาร BaCO_3 ที่เตรียมได้มีโครงสร้างที่สอดคล้องกับ BaCO_3 ที่บริสุทธิ์ ดังนั้นเราจะใช้สารนี้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียม BaTiO_3 (ในวิธีการในบทที่ 3) และตรวจสอบโครงสร้างของสาร BaTiO_3 ที่เตรียมได้กับ BaTiO_3 ที่บริสุทธิ์ โดยวิธี X-Ray Diffractometer







รูปที่ ผ.2 Diffraction Pattern ของ $\text{Ba}_{1-x}\text{Dy}_x\text{TiO}_3$

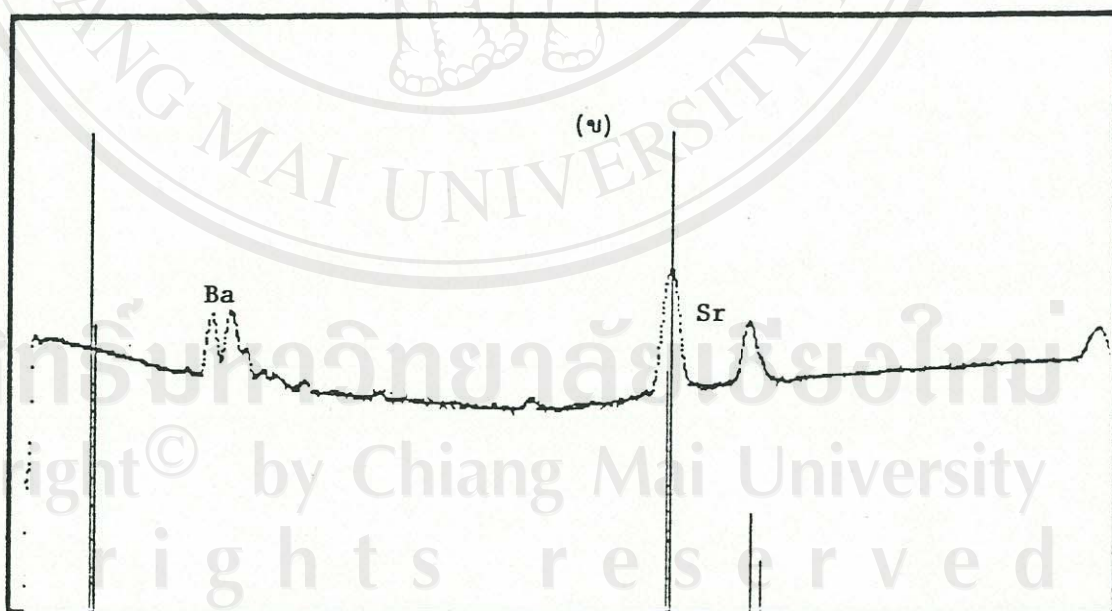
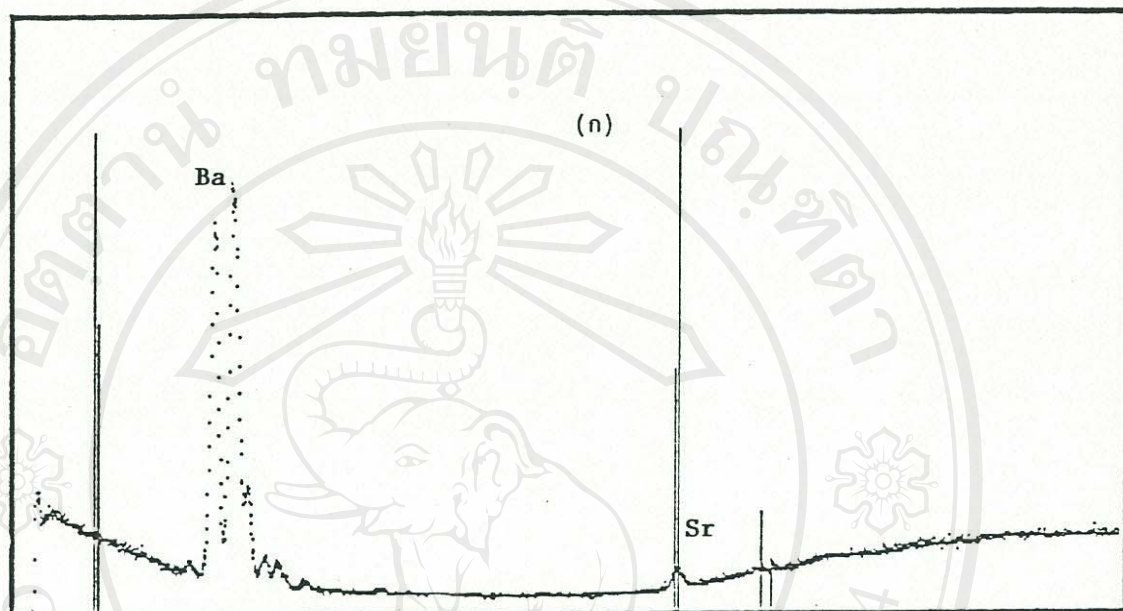
- ก. สาร BaTiO_3 บริสุทธิ์ของบริษัท Fluka
- ข. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยไม่ได้เจือสาร Dy
- ค. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยเจือสาร Dy 0.2 mol%
- ง. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยเจือสาร Dy 0.4 mol%
- จ. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยเจือสาร Dy 0.6 mol%
- ฉ. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยเจือสาร Dy 0.8 mol%
- ช. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยเจือสาร Dy 1.0 mol%
- ซ. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยเจือสาร Dy 1.2 mol%

ตารางที่ พ.23 แสดงค่า d-spacing ของ BaTiO_3

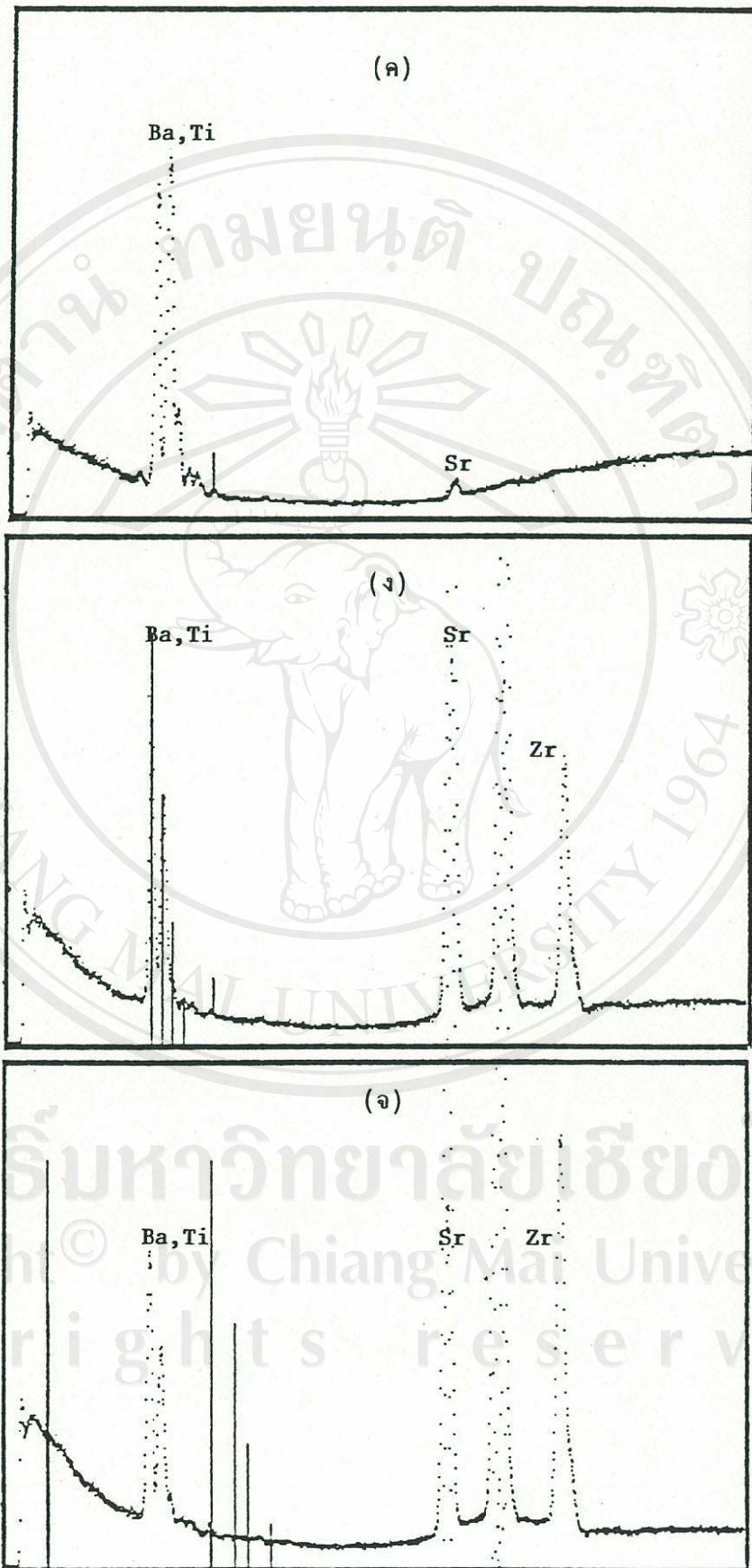
No	JCPDS Card		Fluka	Measurement ($\text{\AA}$) at each Dy%						
	I/I ₀	d($\text{\AA}$)	d($\text{\AA}$)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
1	12	4.03	4.02	-	-	-	-	-	-	-
2	25	3.99	-	4.00	4.17	4.09	3.96	4.07	4.02	3.91
				3.18	3.19	3.14	3.16	3.19	3.16	3.02
3	100	2.838	2.85	2.83	2.91	2.89	2.81	2.86	2.86	2.80
	100	2.825								
4	46	2.314	2.32	2.31	2.35	2.35	2.28	2.32	2.33	2.29
				2.17	2.15	2.13	2.14	2.14	2.15	2.15
5	12	2.019	2.00	2.01	2.05	2.03	2.00	2.02	2.02	1.99
6	37	1.997								
7	8	1.79	1.79	1.79	1.80	1.80	1.79	1.80	1.80	1.76
8	35	1.63	1.64	1.63	1.65	1.65	1.63	1.64	1.64	1.63

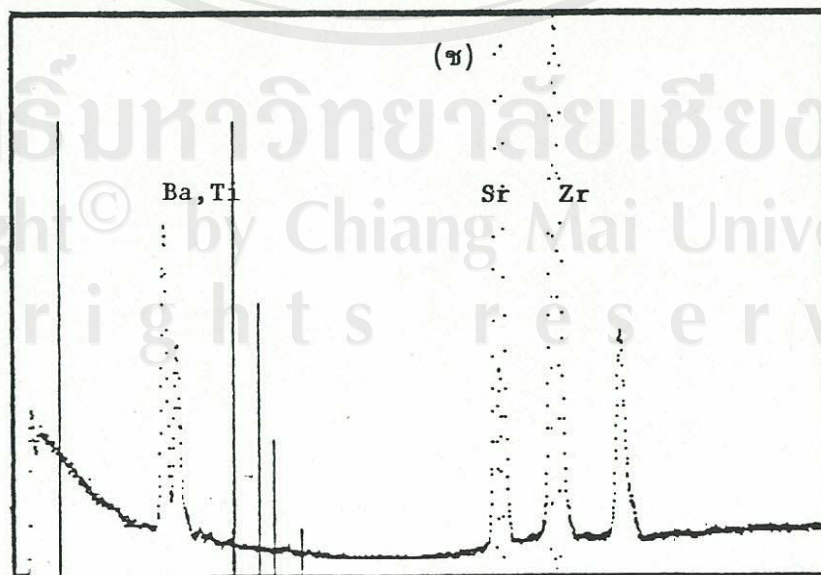
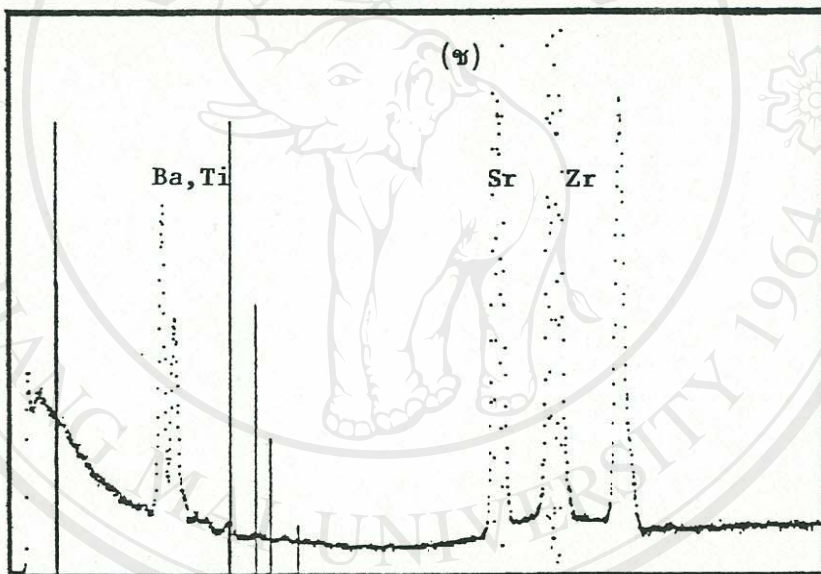
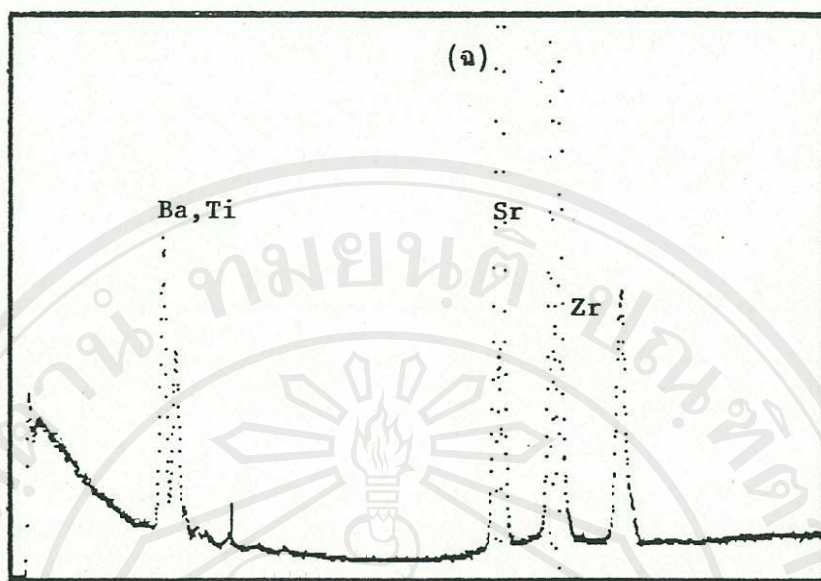
จะเห็นได้ว่าสาร BaCO_3 ที่เตรียมได้มีค่า d-spacing บางค่าที่ไม่ปรากฏในสาร BaCO_3 ที่บริสุทธิ์ ดังนั้นอาจจะเป็นไปได้ที่มีสารอื่นปะปนเข้ามา จึงอาศัยการตรวจสอบด้วย X-Ray Fluorescent (XRF) เพื่อตรวจสอบธาตุที่อยู่ในสารตัวอย่าง ดังรูปที่ พ.3

จากผลการทดสอบด้วย XRF พบว่า BaCO_3 ที่เตรียมได้มีสารอื่นปะปนมาคือสาร Sr ทำให้สาร BaTiO_3 ที่เตรียมได้จึงปรากฏสาร Sr อยู่ด้วย รวมทั้งสาร Zr ที่เกิดจากการบดและผสมด้วยเครื่องมือ Planetary Ball Mill ดังนั้นสารที่เตรียมได้น่าจะเป็นสารในระบบ $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Dy})(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$

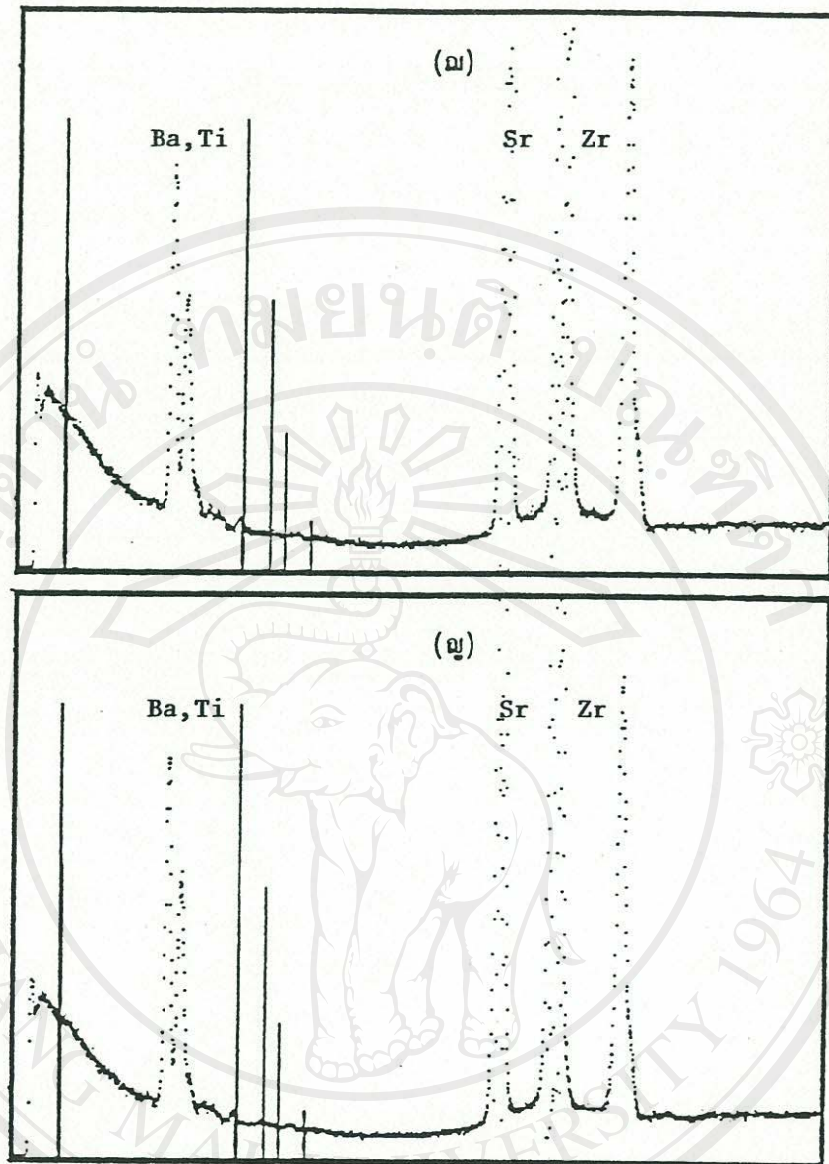


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved





ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ผ.3 ผลการทดสอบสารด้วย XRF

- ก. สาร BaCO_3 ของบริษัท Fluka
- ข. สาร BaCO_3 ที่เตรียมได้จาก upgradation
- ค. สาร BaTiO_3 ของบริษัท Fluka
- ง. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยไม่ได้เจือสาร Dy
- จ. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยเจือสาร Dy 0.2 mol%
- ฉ. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยเจือสาร Dy 0.4 mol%
- ช. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยเจือสาร Dy 0.6 mol%
- ซ. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยเจือสาร Dy 0.8 mol%
- ฌ. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยเจือสาร Dy 1.0 mol%
- ฎ. สาร BaTiO_3 ที่ได้จากการเตรียม โดยเจือสาร Dy 1.2 mol%

ประวัติการศึกษา

ชื่อ-สกุล	นายรัตติกร ยิ้มนิรันดร์
วัน-เดือน-ปี เกิด	20 พฤศจิกายน 2512
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่โรงเรียนชัยภูมิภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ เมื่อปีการศึกษา 2526 สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย จังหวัดขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2529 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาฟิสิกส์ จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2533
ทุนการศึกษา	ทุนโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (พสวท.) ตั้งแต่ปี พศ 2527-ปัจจุบัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved