

บรรณานุกรม

1. กมลพรรณ เฟื่องพัด, “วิทยาศาสตร์ของกลาสส์”, เอกสารประกอบการสอนประมวลรายวิชา ว.วศ. 308 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2538
2. Pattamapon Prapitpongwanich., “Fabrication of glass-ceramics containing ferroelectric nano-crystals”, Doctor of philosophy in materials science, Ching Mai University, 2009
3. <http://www.grandinetti.org/Research/Applications/GlassStudies/>
4. ภูมิพัฒน์ กันธา, “การประดิษฐ์แก้วเซรามิกที่ประกอบด้วยผลึกเฟอร์โรอิเล็กทริกไร้สารตะกั่วในระบบบิสมีทออกไซด์-เจอร์มาเนียมออกไซด์-โบรอนออกไซด์”, วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551
5. พลอยไพลิน ขงศิริ, “การเตรียมแก้วเซรามิกที่ประกอบด้วยผลึกเฟอร์โรอิเล็กทริกโพแทสเซียมโซเดียมไนโอเบต”, การค้นคว้าอิสระระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552
6. ภาคภูมิ จารุภูมิ, “การพัฒนาสมบัติเพียโซอิเล็กทริกของโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตเซรามิกไร้สารตะกั่ว”, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550
7. Hartling, G.H., “Ferroelectric Ceramics: History and Technology” ,J. A. Ceram .Soc., 82 , 1999, pp. 797-818 .
8. G.A. Smolenskii , V.A. Isupov , A.I. Agranovskaya and N.N. Krainik., *Sov. Phys. Solid state* , 2 , 2651 1961.
9. Moulson, A. J. and Herbert, J.M., *Electroceramics; Material, Properties and application* 2nd ed. John Willy & Sons, West Sussex, 2003.
10. C. Jullian., “Investigation of Polarization Switching Over Broad Time and Field Domain in Various Ferroelectrics”, Master’s Thesis. Science in Materials Science and Engineering, University of Compiègne, 2003.

11. I. R. Henderson., *Piezoelectric Ceramics: Principle and Applications*, USA; APC international, Ltd, 2002.
12. M. D. Maeder, D. Damjanovic and N. Setter., “Lead Free Piezoelectric Materials”, *J. Elec. Ceram.*, 13, 2004, pp. 385-392.
13. W. D. Callister., *Materials Science and Engineering an Introduction*, 6th ed. John Willy & Sons, 2003.
14. Shirane G, Newnham R, Pepinsky R., “Dielectric properties and phase transition of NaNbO_3 and $(\text{Na, K})\text{NbO}_3$ ”, *Phys Rev* 96(3), 1954, p. 581–588.
15. Egerton L, Dillon DM., “Piezoelectric and dielectric properties of ceramics in the system potassium-sodium niobate”, *J Am Ceram Soc* 42(9), 1959, p. 438–442.
16. Jaeger RE, Egerton L., “Hot pressing of potassium-sodium niobates”, *J Am Ceram Soc* 45(5), 1962, p. 209–213.
17. Jaffe B, Cook WR, Jaffe H., *Piezoelectric ceramics*, Academic Press, London. JCPDS 71–2171, 1971
18. Tennery VJ, Hang KW., “Thermal and X-ray diffraction studies of the NaNbO_3 - KNbO_3 system”, *J Appl Phys* 39(10), 1968, p. 4749–4753.
19. Megaw HD, Wells M., “The Space Group of NaNbO_3 and $(\text{Na}_{0.995}\text{K}_{0.005})\text{NbO}_3$ ”, *Acta Cryst* 11, 1958, p. 858–862.
20. Ahtee M, Glazer AM., “Phase transitions in sodium niobate-potassium niobate solid solutions”, *Ferroelectrics* 7(1–4), 1974, p. 93–95.
21. Ahtee M, Hewat AW., “Structural phase transitions in sodium-potassium niobate solid solutions by neutron powder diffraction. *Acta Cryst* A34, 1978, p. 309–317.
22. Katz L, Megaw HD., “The structure of potassium niobate at room temperature: The solution of a pseudosymmetric structure by Fourier methods”, *Acta Crystallogr* 22, 1967, p. 639–648.

23. Reisman A, Holtzberg F., "Phase equilibria in the system K_2CO_3 - Nb_2O_5 by the method of differential thermal analysis", *J Am Ceram Soc* 77, 1955, p. 2115–2118
24. Roth RS., "Thermal stability of long range order in oxides", *Prog Solid St Chem* 13(2), 1980, p. 159–192.
25. Irle E, Blachnik R, Gather B., "The phase diagrams of Na_2O and K_2O with Nb_2O_5 and the ternary system Nb_2O_5 - Na_2O - Y_2O_3 ", *Thermochim Acta* 179, 1991, p. 157–169.
26. Reisman A, Holtzberg F, Triebwasser S, Berkenblit M., "Metastability in niobate system", *J Am Ceram Soc* 81, 1959, p. 1292–1295.
27. Bizeto MA, Constantino VRL., "Structural aspects and thermal behavior of the protonexchanged layered niobate $K_4Nb_6O_{17}$ ", *Mater Res Bull* 39(11);, 2004, p. 1729–1736.
28. Shafer MW, Roy R., "Phase equilibria in the system Na_2O - Nb_2O_5 ", *J Am Ceram Soc* 42(10), 1959, p. 482–486.
29. Appendino P., "Contribution of study with system Na_2O - Nb_2O_5 ", *Ann Chim (Rome)* 63, 1973, p. 547–556.
30. Roth RS, Parker HS, Brower WS, Minor DB., "Alkali oxide-tantalum oxide and alkali oxideniobium oxide ionic conductors", NASA Contract. Rep., Report No. NASA-CR-134599, Contract No. C-29933C. NASA, Cleveland, 1974, pp 1–59.
31. Haertling GH., "Properties of hot-pressed ferroelectric alkali niobate ceramics", *J Am Ceram Soc* 50, 1967, p. 329–330.
32. Kosec M, Kolar D., "On activated sintering and electrical properties of $NaKNbO_3$ ", *Mater Res Bull* 10, 1975, p. 335–340.
33. Reisman A, Holtzberg F, Triebwasser S, Berkenblit M., "Preparation of pure potassium metaniobate", *J Am Ceram Soc* 78, 1956, p. 719–720.



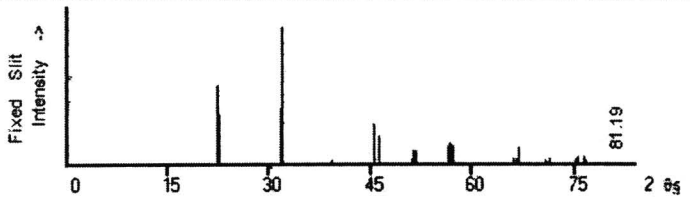
34. Ringgaard E, Wurlitzer T., "Lead-free piezoceramics based on alkali niobates", *J Eur Ceram Soc* 25, 2005, p. 2701–2706.
35. Matsubara M, Yamaguchi T, Kikuta K, Hirano SI., "Sinterability and piezoelectric properties of (K, Na)NbO₃ ceramics with novel sintering aid", *Jpn J Appl Phys* 43(10), 2004, p. 7159–7196.
36. Attia J, Bellaiche L, Gemeiner P, Dkhil B, Malić B., "Study of potassium-sodium-niobate alloys: A combined experimental and theoretical approach", *J Phys IV Fr* 128, 2005, p. 55–60.
37. Shiratori Y, Magrez A, Pithan C., "Phase transformation of KNaNb₂O₆ induced by size effect", *Chem Phys Lett* 391, 2004, p. 288–292.
38. Shiratori Y, Magrez A, Pithan C., "Particle size effect on the crystal structure symmetry of K_{0.5}Na_{0.5}NbO₃", *J Eur Ceram Soc* 25, 2005, p. 2075–2079.
39. Nobre MAL, Lanfredi S., "Dielectric loss and phase transition of sodium potassium niobate ceramic investigated by impedance spectroscopy", *Catal Today* 78, 2003, p. 529–538.
40. Lanfredi S, Dessemond L, Martins Rodrigues AC., "Dense ceramics of NaNbO₃ produced from powders prepared by a new chemical route", *J Eur Ceram Soc* 20, 2000, p. 983–990.
41. Rojac T, Kosec M, Malić B, Holc J., "Mechanochemical synthesis of NaNbO₃, KNbO₃ and K_{0.5}Na_{0.5}NbO₃", *Sci Sintering* 37, 2005, p. 61–67.
42. Bomlai P, Wichianrat P, Muensit S, Milne SJ., "Effect of calcination and excess alkali carbonate on the phase formation and particle morphology of K_{0.5}Na_{0.5}NbO₃ powders", *J Am Ceram Soc* 90(5), 2007, p. 1650–1655.
43. Hagh NM, Jadidian B, Safari A., "Property-processing relationship in lead-free (K,Na,Li) NbO₃-solid solution system", *J Electroceram* 18, 2007, p. 339–346.

44. H. Birol, D. Damjanovic and N. Setter, "Preparation and characterization of $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$ ceramics", *J. Eur. Ceram. Soc.*, 2006, 26, p. 861-866.
45. N. F. Borrelli and M. M. Layton, *Electrooptic properties of transparent ferroelectric glass-ceramic system. Transactions on electron devices*, 1969, 6
46. D. E. Vernacotola, S. Chatlani, J. E. Shelby, "Ferroelectric sodium-potassium-niobium silicate glass ceramics", ISAF 2000 proceedings of the 2000 12th IEEE international symposium on application of ferroelectrics 2, 2000, p. 829.
47. G.T. Petrovskii, V.V. Golubkov, O.S. Dymshits, A.A. Zhilin and M.P. Shepilov, "Phase separation and crystallization in glasses of the $Na_2O-K_2O-Nb_2O_5-SiO_2$ system", *Glass physics and chemistry*. 29, 2003, p. 243-253.
48. A.A. Zhilin, G.T. Petrovskii, V.V. Golubkov, A.A. Lipovskii, D.K. Tagantsev, B.V. Tatarintsev and M.P. Phepilov., "Phase transformations in $Na_2O-K_2O-Nb_2O_5-SiO_2$ glasses", *J. non-crystalline solids*. 2004, 345 & 346, p. 182-186.
49. Hongliang Du, Zhimin Li, Fusheng Tang, Shaobo Qu, Zhibin Pei and Wancheng Zhou, "Preparation and piezoelectric ceramics with pressure-less sintering", *Materials Science and Engineering B131*, 2006, p. 83-87
- 50 Ahmad Safari and E. Koray Akdogan, "Piezoelectric and Acoustic Materials for Transducer Applications", Springer, 2008, p. 81-102
- 51 Nobuko S. Vandamme, Audrey E. Sutherland, Lori Jones, Keith Bridger and Stephaen R. Winzer, "Fabrication of Optically Transparent and Electrooptic Strontium Barium Niobate Ceramics", *J. Am. Ceram. Soc.* 74, 1991, p. 1785-1792.
- 52 P. Prapitpongwanich, R. Harizanova, K. Pengpat and C. Rüssel, "Nanocrystallization of ferroelectric lithium niobate in $LiNbO_3-SiO_2$ glasses", *Materials Letters* 63, 2009, p. 1027-1029

ภาคผนวก ก

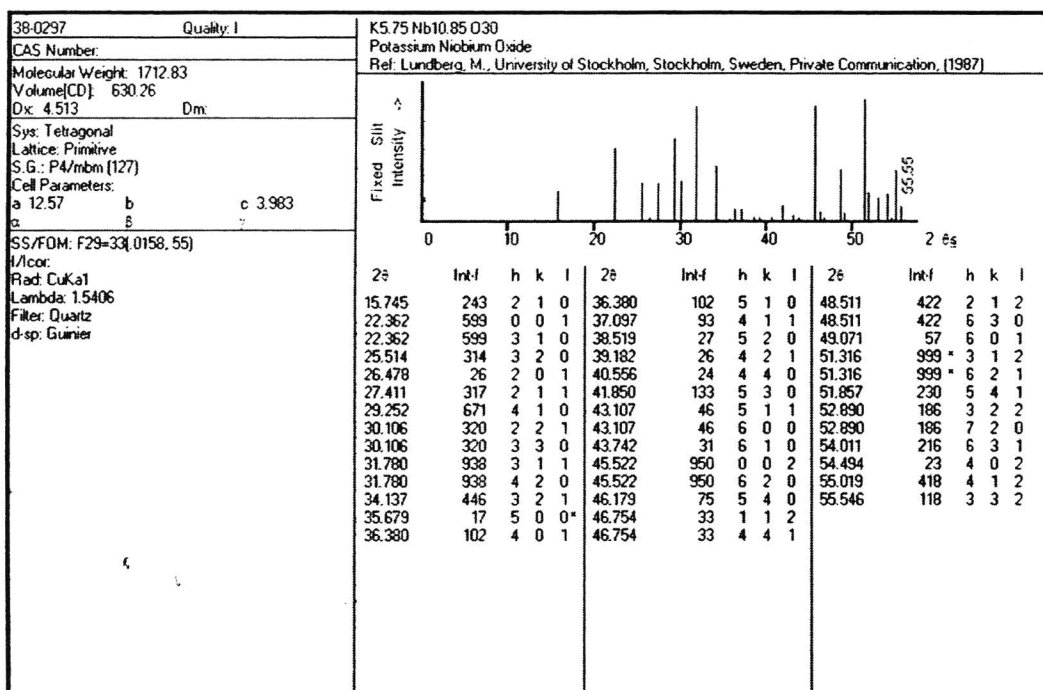
แฟ้มข้อมูลการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์

77-0038	Quality: C	Na _{0.35} K _{0.65} NbO ₃
CAS Number:		Sodium Potassium Niobium Oxide
Molecular Weight: 174.36		Ref: Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)
Volume[CD]: 498.87		Ref: Athey, M., Hewat, A.W., Acta Crystallogr., Sec. A, 34, 309 (1978)
Dx: 4.643	Dm:	
Sys: Monoclinic		
Lattice: Primitive		
S.G.: Pm (6)		
Cell Parameters:		
a 7.975	b 7.862	c 7.956
α	β 90.340	γ
I/Cor: 2.48		
Rad: CuK α 1		
Lambda: 1.54060		
Filter:		
d-sp: calculated		
ICSD #: 038004		

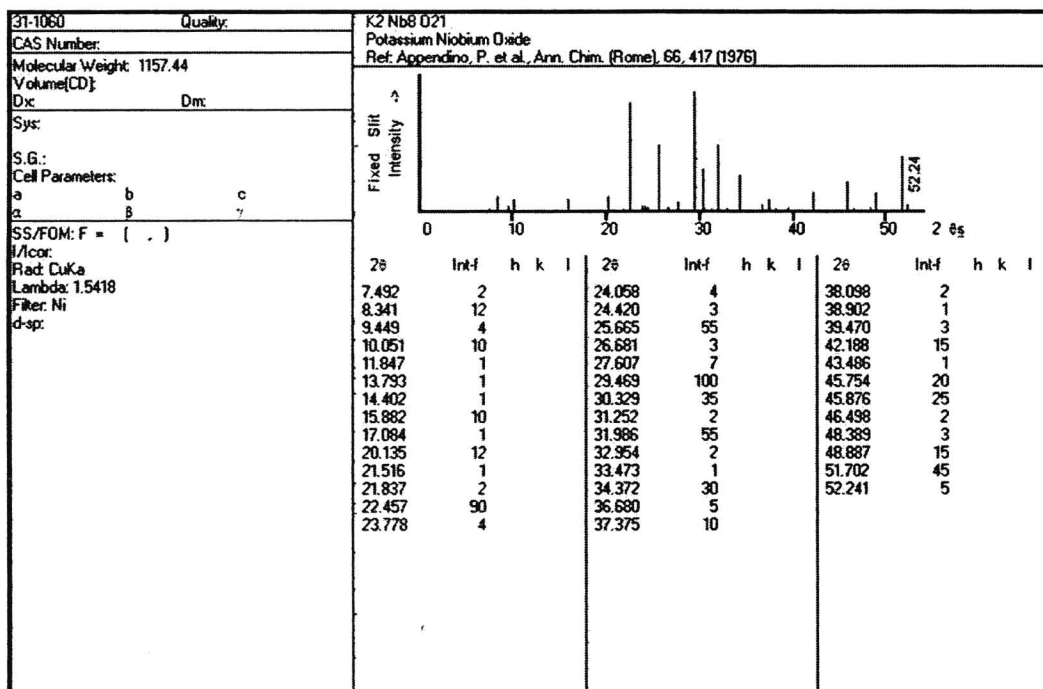


2 θ	Int-I	h	k	l	2 θ	Int-I	h	k	l	2 θ	Int-I	h	k	l
11.112	1	1	0	0	34.187	1	0	3	0	45.569	288	0	0	4
11.112	1	0	0	1	35.582	3	1	0	3	46.147	199	0	4	0
11.245	1	0	1	0	35.582	3	3	1	0	47.089	1	0	1	4
15.674	2	1	0	1	35.712	3	0	1	3	47.089	1	1	0	4
15.768	3	1	0	1	35.712	3	1	0	3	47.276	1	2	2	3
15.768	3	0	1	1	37.490	1	3	1	1	47.276	1	2	3	2
19.409	1	1	1	1	37.556	1	1	1	3	47.414	1	2	3	2
22.277	578	2	0	0	37.854	1	1	3	1	48.291	1	3	0	3
22.277	578	0	0	2	37.854	1	1	3	1	48.464	1	1	1	4
22.601	353	0	2	0	39.243	25	2	2	2	48.597	1	3	0	3
25.020	1	2	1	0	39.404	16	2	2	2	48.597	1	1	1	4
25.020	1	0	1	2	40.714	1	3	0	2	48.756	1	3	3	0
27.678	1	1	2	1	40.714	1	2	0	3	49.066	1	1	4	1
27.678	1	1	2	1	41.020	1	0	2	3	49.066	1	1	4	1
31.651	343	2	0	2	41.217	1	2	3	0	50.218	1	3	3	1
31.844	406	2	0	2	41.217	1	0	3	2	50.218	1	1	3	3
31.944	999	2	2	0	42.567	4	1	2	3	51.080	35	4	0	2
31.944	999	0	2	2	42.567	4	2	1	3	51.157	47	2	0	4
33.769	1	0	0	3	42.679	6	3	2	1	51.343	98	4	0	2
33.872	1	2	1	2	42.679	6	1	2	3	51.343	98	4	2	0
33.872	1	1	2	2	42.777	2	1	3	2	51.445	101	2	0	4
33.992	1	2	2	1	42.777	2	2	3	1	51.445	101	0	2	4
33.992	1	1	2	2	45.456	215	4	0	0	51.817	102	2	4	0

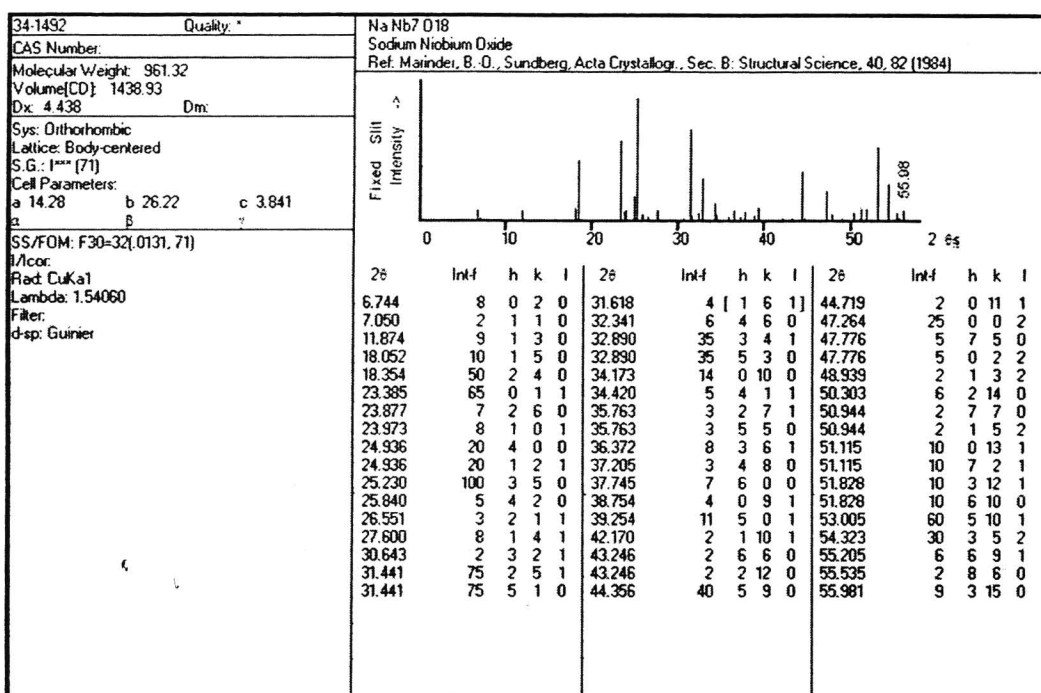
รูป ผ.1 แสดงแฟ้มข้อมูลรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของสาร Na_{0.35}K_{0.65}NbO₃ (JCPDS หมายเลข 77-0038)



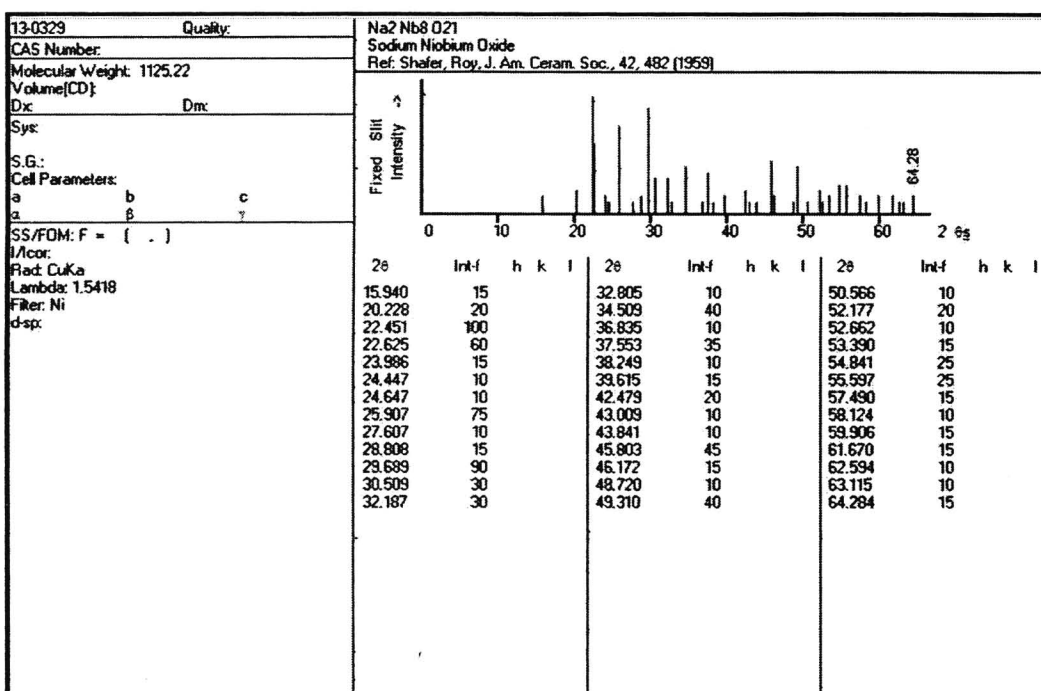
รูป ผ.2 แสดงเพิ่มข้อมูลรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของสาร K_{5.75}Nb_{10.85}O₃₀ (JCPDS หมายเลข 38-0297)



รูป ผ.3 แสดงเพิ่มข้อมูลรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของสาร K₂Nb₈O₂₁ (JCPDS หมายเลข 31-1060)



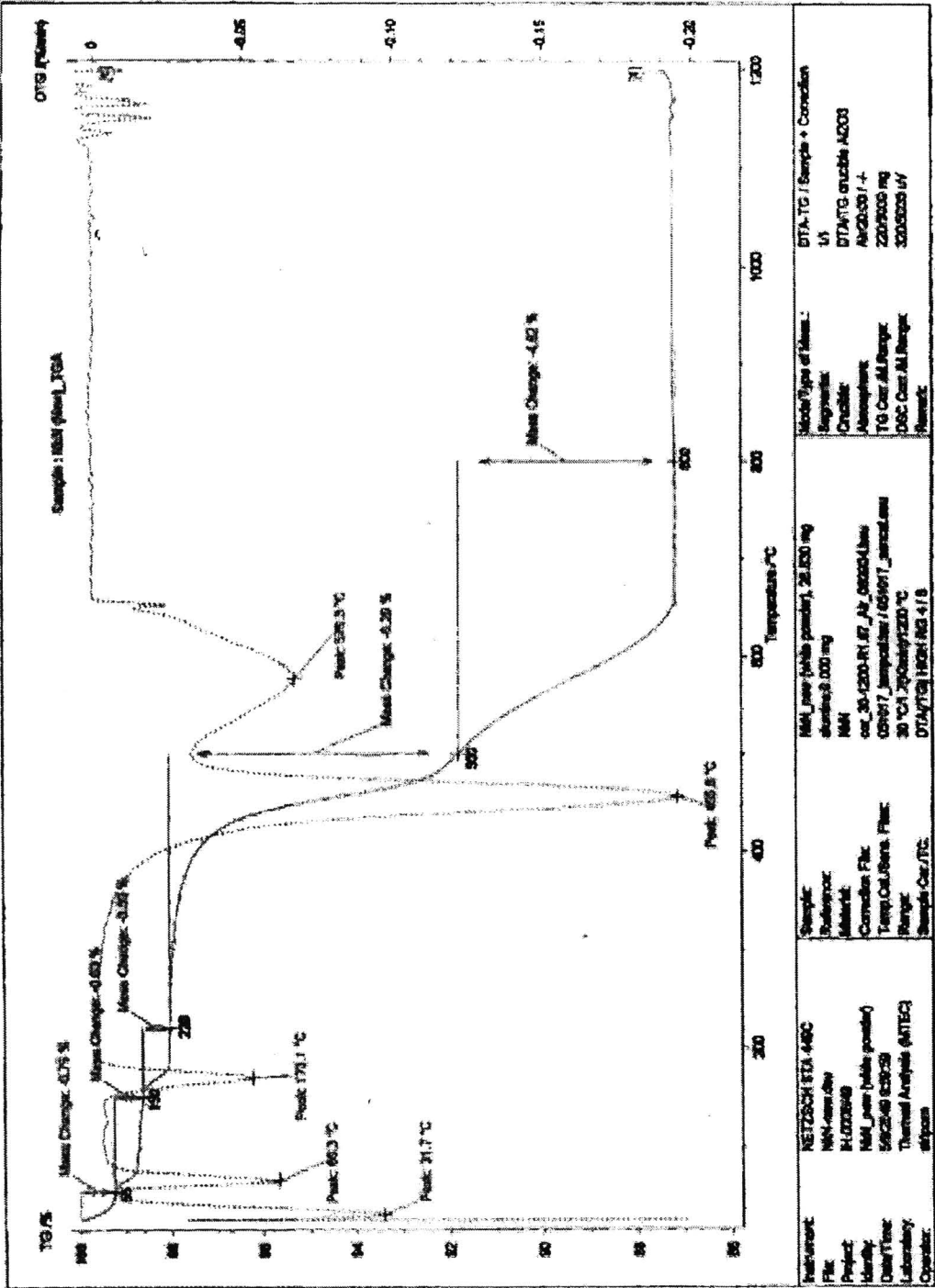
รูป ผ.4 แสดงแฟ้มข้อมูลรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของสาร NaNb₇O₁₈ (JCPDS หมายเลข 34-1492)



รูป ผ.5 แสดงแฟ้มข้อมูลรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของสาร Na₂Nb₈O₂₁ (JCPDS หมายเลข 13-0329)

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการหาอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟสด้วยเทคนิค DSC



รูปที่ ผ.6 กราฟ TGA และ DSCของ โพแทสเซียมโซเดียมไนโอเบต ($\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$) [6]

ภาคผนวก ค

ข้อมูลผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีหักเหของแสง (Refractive Index) ของแก้วเซรามิกชุดต่างๆ

ชุดแก้ว เซรามิก	อุณหภูมิการ ปลูกผลึก (องศา เซลเซียส)	ค่าดัชนีหักเหของ แสงครั้งที่ 1	ค่าดัชนีหักเหของ แสงครั้งที่ 2	ค่าดัชนีหักเหของ แสงเฉลี่ย
A1	525	1.65	1.65	1.65
	550	1.65	1.65	1.65
	575	1.65	1.66	1.655
C1	525	1.65	1.66	1.655
	550	1.65	1.66	1.655
	575	1.65	1.63	1.64
C2	500	1.67	1.65	1.66
	525	1.65	1.67	1.66
	550	1.65	1.65	1.65
B2	525	1.65	1.65	1.65
	550	1.65	1.65	1.65
	575	1.65	1.65	1.65

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาว พลอยไพลิน ขงศิริ
วัน เดือน ปีเกิด	5 ตุลาคม 2529
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน คาราวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2547 สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี วิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2552
รางวัลทางวิชาการ	รางวัลผลการเรียนดี ประจำปีการศึกษา 2550 ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยปริญญานิพนธ์จากโครงการสร้างปริญญาวิทยุติพันธุ์นักเทคโนโลยี (Young Scientist and Technologist Programme: YSTP) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ประจำปีการศึกษา 2551 รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 2 การนำเสนอแบบโปสเตอร์ กลุ่มสาขาวิชาวัสดุศาสตร์ ในการเสนอผลงานทางวิชาการของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ประจำปีการศึกษา 2551 ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยวิทยานิพนธ์จากโครงการทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (Thailand Graduate Institute of



Science and Technology : TGIST) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ประจำปีการศึกษา 2552

