เอกสารอ้างอิง

1. W.D. Callister, Jr., Materials Science and Engineering an Introduction, 6th Edition, John Wiley & Sons Ltd, New York, 2003.

2. A.J. Moulson and J.M. Herbert, Electroceramics, 2nd Edition, John Wiley & Sons Ltd, New York, 2003.

3. Y. Guo, K. Kakimoto and H. Ohsato, Solid State commun., 129 (2004), 279.

4. Y. Guo, K. Kakimoto and H. Ohsato, $(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3$-$LiTaO_3$ lead-free piezoelectric ceramics, Materials Letters., 59 (2005), 241-244.

5. M. Kosec and D. Kolar, On activated sintering and electrical properties of $NaKNbO_3$, Mater. Res. Bull., 10 (1975), 335-340.

6. L. Egerton and D.M. Dillon, Piezoelectric and dielectric properties of ceramics in the system potassium-sodium niobate. J. Am. Ceram. Soc., 42 (1959), 438-442.

7. H. Du, Z. Li, F. Tang, S. Qu, Z. Pei and W. Zhou, Preparation and piezoelectric properties of $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$ lead-free piezoelectric ceramics with pressure-less sintering, Materials Science and Engineering B., 28 (2006), 142-146.

8. R. E. Jaeger and L. Egerton, Hot pressing of potassium-sodium niobates. J. Am. Ceram. Soc., 45 (1962), 209-213.

9. R.H. Dungan and R.D. Golding, Polarization of $NaNbO_3$-$KNbO_3$ ceramic solid solutions, J. Am. Ceram. Soc., 48 (1965), 601.

10. ภัทราวรรณ คหะวงศ์ "เซรามิกส์ชนิดเฟอร์โรอิเล็กตริก" วารสารเทคโนโลยีวัสดุ ศูนย์-เทคโนโลยีโลหะ และวัสดุแห่งชาติ (ตุลาคม-ธันวาคม 2543) : 55-60

11. Hartling,G.H., "Ferroelectric Ceramics: History and Technology" ,J. A. Ceram .Soc., 82 , (1999), 797-818 .

12. G.A. Smolenskii , V.A. Isupov , A.I. Agranovskaya and N.N. Krainik , Sov. Phys. Solid state , 2 , 2651 (1961).

13. Moulson, A. J. and Herbert, J.M., Electroceramics; Material, Properties and application 2nd ed. John Willy & Sons, West Sussex, 2003

14. R. C. Buchanan. Ceramic Material for Electronicd; Processing, Properties and Application. USA: Marcel Dekker, INC, 1986

15. 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 Compiegne, 2003.

16. I. R. Henderson. Piezoelectric Ceramics: Principle and Applications. USA; APC international, Ltd, 2002.

17. M. D. Maeder, D. Damjanovic and N. Setter, Lead Free Piezoelectric Materials. J. Elec. Ceram., 13, (2004), 385-392.

18. W. D. Callister, Materials Science and Engineering an Introduction, 6th ed. John Willy & Sons, 2003.

19. L. Egerton. and D. M. Dillon, Piezoelectric and dielectric properties of ceramics in the system potassium-sodium niobate. J. Am. Ceram. Soc., 42, (1959) , pp. 438-442.

20. R. E. Jaeger. and L. Egerton, Hot pressing of potassium-sodium niobates. J. Am. Ceram. Soc. 45, (1962), pp. 209-213.

21. B. Jaffe, W.R. Cook and H. Jaffe, Piezoelectric Ceramics, Academic Press, 82 (1999), 921-926.

22. Y. Saito, H. Takao, T. Tani, et al., Lead-free piezoceramics, Nature., 43 (2004), 84-87.

23. H. Birol, D. Damjanovic and N. Setter, Preparation and characterization of $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$ ceramics, J. Eur. Ceram. Soc., 26 (2006), 861-866.

24. W. Chen , S. Kume, and K. Watari, Molten salt synthesis of 0.94(Na1 / 2Bi1 / 2) TiO_3–0.06$BaTiO_3$ powder, Materials Letters, 59 (2005), 3238 – 3240.

25. G.Z. Zang, J.F. Wang, H.C. Chen, W.B. Su, C.M. Wang, P. Qi, B.Q. Ming, J. Du, and L.M. Zheng, Perovskite $(Na_{0.5}K_{0.5})_{1-x}(LiSb)_xNb_{1-x}O_3$ lead-free piezoceramics, Applied Physics Letters, 88 (2006), 212908.

26. S. Zhang, R. Xia, T. R. Shrout, G. Zang, and J. Wang, Characterization of lead free $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$–$LiSbO_3$ piezoceramic, Solid State Communications, 141 (2007), 675–679.

27. J.T. Zeng, K.W. Kwok, and H.L.W. Chan, $K_xNa_{1-x}NbO_3$ powder synthesized by molten-salt process, Materials Letters,61 (2007),409–411

28. X. Yan, W. Ren, X. Wu, P. Shi, and X. Yao, Lead-free (K,Na)NbO_3 ferroelectric thin films: Preparation, structure and electrical properties, Journal of Alloys and Compounds, 508 (2009), 129–132.

29. Y. Zhou, M. Guo, C. Zhang, M. Zhang, Hydrothermal synthesis and piezoelectric property of Ta-doping $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$ lead-free piezoelectric ceramic, Ceramics International,35 (2009), 3253-3258.

30. C. L. Yaws, Chemical Properties Handbook, New York; McGraw-Hill, 2001.

31. W. E. Worrall, Clay and Ceramic Raw Materials, 2nd ed, University of Leeds; Elsevier Applied Science Publishers, 1986.

ภาคผนวก

ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองและการคำนวณ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

แสดงค่าความหนาแน่น (Density) ของเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$- $0.052LiSbO_3$) ที่อุณหภูมิซินเตอร์ต่างๆ

T (°C)	W_1 (g)			W_2 (g)			W_3 (g)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1125	0.479	0.479	0.479	0.5094	0.5091	0.5092	0.3747	0.3742	0.3744
	0.48	0.4801	0.4801	0.5092	0.5088	0.509	0.3747	0.3751	0.3752
	0.4816	0.4815	0.4815	0.5111	0.5104	0.5101	0.3761	0.3761	0.3762
	0.4851	0.4851	0.4851	0.517	0.5166	0.5167	0.3789	0.379	0.3792
	0.4784	0.4784	0.4784	0.5066	0.5065	0.5064	0.3739	0.3737	0.3738
1150	0.4686	0.4686	0.4686	0.4828	0.4828	0.4826	0.3652	0.365	0.3651
	0.4773	0.4774	0.4775	0.4905	0.4902	0.4903	0.3719	0.3718	0.3717
	0.4805	0.4805	0.4805	0.4942	0.4942	0.494	0.3739	0.3742	0.3742
	0.4852	0.4853	0.4852	0.4988	0.4985	0.4984	0.3778	0.3779	0.3779
	0.4784	0.4788	0.4787	0.494	0.494	0.4936	0.3726	0.373	0.3733
1175	0.4794	0.4794	0.4794	0.4853	0.4851	0.4846	0.3685	0.3685	0.3683
	0.4732	0.4732	0.4732	0.4817	0.4813	0.4811	0.3643	0.3642	0.3643
	0.4674	0.4674	0.4674	0.4722	0.4719	0.4718	0.3596	0.3588	0.359
	0.4667	0.4666	0.4667	0.4718	0.4715	0.4714	0.3585	0.3586	0.3577
	0.474	0.474	0.474	0.4798	0.4796	0.4794	0.3632	0.3633	0.3636
1200	0.4779	0.4779	0.4779	0.4788	0.4787	0.4782	0.3655	0.3653	0.3656
	0.4731	0.4731	0.4731	0.4735	0.4735	0.4735	0.3612	0.3619	0.3619
	0.4782	0.4782	0.4782	0.4788	0.4786	0.4784	0.3656	0.3654	0.3659
	0.4849	0.4849	0.485	0.4887	0.4865	0.4866	0.3709	0.3712	0.3711
	0.4784	0.4786	0.4786	0.4789	0.479	0.4788	0.3658	0.3659	0.3664
1225	0.4793	0.4793	0.4793	0.4794	0.4793	0.4794	0.3658	0.366	0.366
	0.4657	0.4657	0.4657	0.4734	0.4732	0.473	0.3621	0.3624	0.3624
	0.474	0.474	0.474	0.4782	0.4781	0.4781	0.3662	0.366	0.3664
	0.4772	0.4772	0.4772	0.4843	0.4845	0.4844	0.3714	0.3716	0.3716
	0.4834	0.4834	0.4834	0.4839	0.4839	0.4837	0.3712	0.3714	0.3713

แสดงค่าร้อยละการหดตัวเชิงเส้น (shrinkage) ของเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$- $0.052LiSbO_3$) ที่อุณหภูมิซินเตอร์ต่างๆ

T (°C)	ก่อนซินเตอร์ (cm)			หลังซินเตอร์ (cm)		
	1	2	3	1	2	3
1125	9.54	9.53	9.54	8.4	8.39	8.4
	9.54	9.53	9.54	8.42	8.41	8.42
	9.52	9.52	9.53	8.4	8.4	8.41
	9.52	9.53	9.53	8.39	8.39	8.39
	9.54	9.54	9.52	8.4	8.39	8.39
1150	9.54	9.54	9.55	8.12	8.11	8.13
	9.56	9.57	9.56	8.11	8.1	8.12
	9.57	9.56	9.57	8.01	8.02	8.02
	9.56	9.57	9.56	8	8.01	8
	9.58	9.57	9.57	8.13	8.12	8.15
1175	9.62	9.61	9.62	8.07	8.07	8.08
	9.61	9.62	9.62	8.15	8.16	8.15
	9.62	9.62	9.61	8.1	8.1	8.11
	9.62	9.61	9.62	8.06	8.07	8.08
	9.6	9.61	9.6	8.08	8.07	8.08
1200	9.58	9.59	9.58	7.93	7.93	7.94
	9.59	9.6	9.62	7.96	7.94	7.93
	9.58	9.59	9.59	7.96	7.96	7.99
	9.63	9.63	9.62	7.94	7.96	7.97
	9.6	9.6	9.59	7.93	7.93	7.94
1225	9.59	9.58	9.57	8.01	8.02	8.02
	9.6	9.57	9.57	8.02	8.02	8.01
	9.58	9.56	9.57	7.98	7.98	7.98
	9.58	9.58	9.58	8	7.99	8.01
	9.56	9.57	9.56	8	8	8

แสดงค่าความหนาแน่น (Density) ของเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$- $0.052LiSbO_3$) ที่เวลาในการเผาแช่ต่างๆ

Time (h)	W_1 (g)			W_2 (g)			W_3 (g)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2	0.4776	0.4776	0.4776	0.4796	0.4796	0.4796	0.3674	0.3678	0.3676
	0.4729	0.4729	0.4729	0.4661	0.4661	0.466	0.3577	0.3576	0.3575
	0.4779	0.4779	0.4779	0.4742	0.4742	0.4742	0.3636	0.3634	0.3637
	0.4842	0.4842	0.4842	0.4785	0.4784	0.4783	0.3659	0.3659	0.3659
	0.4784	0.4784	0.4784	0.4788	0.4787	0.4788	0.3667	0.3666	0.3667
4	0.4748	0.4747	0.4748	0.4748	0.4747	0.4748	0.3642	0.3642	0.3642
	0.4751	0.4753	0.4752	0.4751	0.4753	0.4752	0.3651	0.3644	0.3644
	0.4727	0.4725	0.4725	0.4757	0.4753	0.4753	0.3625	0.3626	0.3624
	0.4748	0.4747	0.4748	0.4764	0.4761	0.4759	0.4748	0.4747	0.4748
	0.4751	0.4753	0.4752	0.4732	0.4729	0.4728	0.4751	0.4753	0.4752
6	0.4683	0.4682	0.4683	0.4687	0.4686	0.4684	0.3592	0.3595	0.3592
	0.4721	0.4721	0.4721	0.4723	0.4722	0.4722	0.3624	0.3623	0.3624
	0.4724	0.4724	0.4722	0.4728	0.4728	0.4727	0.3629	0.363	0.3624
	0.4713	0.4713	0.4713	0.4716	0.4715	0.4714	0.3622	0.3615	0.3615
	0.474	0.474	0.474	0.4798	0.4796	0.4794	0.3632	0.3633	0.3636

แสดงค่าร้อยละการหดตัวเชิงเส้น (shrinkage) ของเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$- $0.052LiSbO_3$) ที่เวลาในการเผาแช่ต่างๆ

Time (h)	ก่อนซินเตอร์ (cm)			หลังซินเตอร์ (cm)		
	1	2	3	1	2	3
2	9.58	9.59	9.58	7.93	7.93	7.94
	9.59	9.6	9.62	7.96	7.94	7.93
	9.58	9.59	9.59	7.96	7.96	7.99
	9.63	9.63	9.62	7.94	7.96	7.97
	9.6	9.6	9.59	7.93	7.93	7.94
4	9.57	9.58	9.57	7.98	7.98	7.97
	9.6	9.6	9.6	7.95	7.95	7.95
	9.57	9.57	9.57	7.96	7.95	7.95
	9.57	9.58	9.57	7.98	7.98	7.97
	9.6	9.6	9.6	7.95	7.95	7.95
6	9.6	9.58	9.62	7.97	7.97	7.97
	9.56	9.57	9.58	7.92	7.93	7.92
	9.58	9.56	9.57	7.94	7.95	7.94
	9.54	9.55	9.54	7.97	7.98	7.98
	9.56	9.57	9.58	7.92	7.93	7.92

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นาย ธนเทพ ปะตังถาเน

วัน เดือน ปีเกิด 8 กรกฎาคม 2529

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน สุวรรณภูมิพิทยไพศาล จังหวัดร้อยเอ็ด ปีการศึกษา 2547

สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีการศึกษา 2551

สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโท สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2553

รางวัลทางวิชาการ ได้รับทุนพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) ในระหว่างปีการศึกษา 2548 - 2551