

ในวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา กระบวนการเตรียมและสมบัติของวัสดุโพซิเล็กตริกไร้สารตะกั่วเป็นองค์ประกอบ ในระบบที่มี  $(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3 - \text{LiTaO}_3$  เป็นฐาน โดยได้แบ่งงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ทำการเตรียมและตรวจสอบเซรามิกที่มี  $(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3 - \text{LiTaO}_3$  เป็นองค์ประกอบหลัก และส่วนที่ 2 เตรียมและตรวจสอบเซรามิก  $\{(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})_{0.97}\text{Li}_{0.03}\}(\text{Nb}_{0.8}\text{Ta}_{0.2})\text{O}_3$  ที่เติมสารเจือชนิดต่างๆ

ส่วนที่ 1 ของโครงการได้ทำการศึกษาอิทธิพลของ  $\text{MnO}$  และ  $\text{LiSbO}_3$  ต่อการเกิดเฟส โครงสร้างจุลภาค สมบัติทางกายภาพและไฟฟ้าของเซรามิกในระบบ  $(1-x)(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3 - x \text{LiTaO}_3 + y \text{ mol}\% \text{MnO}$  ( $x = 0.02, 0.05$  และ  $0.07 \text{ mol}$ ;  $y = 0 - 1.0 \text{ mol}\%$ ) และ  $(0.95-n)\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3 - 0.05 \text{LiTaO}_3 - n \text{LiSbO}_3$  ( $n = 0, 0.02, 0.04, 0.06$  และ  $0.10 \text{ mol}$ ) เมื่อซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ( $1010 - 1100 \text{ }^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) ด้วยเทคนิคผสมออกไซด์แบบที่ใช้กันทั่วไป นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของบรรยากาศของผงที่ใช้ในการซินเตอร์িংต่อสมบัติของเซรามิก  $0.91(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3 - 0.05\text{LiTaO}_3 - 0.04\text{LiSbO}_3$  ด้วย

ส่วนที่ 2 ของโครงการได้ทำการเตรียมเซรามิก  $\{(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})_{0.97}\text{Li}_{0.03}\}(\text{Nb}_{0.8}\text{Ta}_{0.2})\text{O}_3$  ที่เติมด้วยสารเจือชนิดต่าง ๆ คือ สารตั้งต้นประเภทคาร์บอเนต (Na, K, Li) ส่วนเกิน (ปริมาณ 0; 3, 3, 1; 3, 5, 1; 3, 1, 1 and 1, 3, 1 wt%),  $0.005\text{MnO}-\text{CuO}$  ( $0 - 0.015 \text{ mol}$ ),  $\text{CaTiO}_3$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  และ  $\text{SrTiO}_3$  ( $0.005 \text{ mol}$ ) เผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ( $1025 - 1100 \text{ }^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 2 - 4 ชั่วโมง) โดยทำการศึกษาอิทธิพลของชนิดของเครื่องบดผสมสารและเวลาที่ใช้ในการบดผสม และการเติมสารเจือต่อสมบัติของเซรามิก  $\{(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})_{0.97}\text{Li}_{0.03}\}(\text{Nb}_{0.8}\text{Ta}_{0.2})\text{O}_3$

ผลจากการทดลองสรุปได้ว่า สมบัติทางกายภาพ การเกิดเฟส โครงสร้างจุลภาค และสมบัติทางไฟฟ้า มีค่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิซินเตอร์ บรรยากาศในการซินเตอร์ ชนิดของเครื่องบดผสมสารและเวลาที่ใช้ในการบดผสม ปริมาณ Na, K, Li ส่วนเกิน ชนิดและปริมาณสารเจือที่เติมลงไปอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเซรามิก  $\{(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})_{0.97}\text{Li}_{0.03}\}(\text{Nb}_{0.8}\text{Ta}_{0.2})\text{O}_3$  ที่เติม Na, K, Li ส่วนเกิน ปริมาณ 3, 5, 1 wt% แสดงสมบัติไดอิเล็กตริกที่ดีที่สุด คือ  $\epsilon_r = 766$ ,  $\tan \delta = 0.042$  และ  $T_c = 317 \text{ }^\circ\text{C}$  และสมบัติโพซิเล็กตริกที่ดีที่สุด ( $d_{33} = 213 \text{ pC/N}$ ) พบในสารตัวอย่าง  $0.995\{(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})_{0.97}\text{Li}_{0.03}\}(\text{Nb}_{0.8}\text{Ta}_{0.2})\text{O}_3 - 0.005\text{MnO}$

In this research, the processing and properties of  $(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3 - \text{LiTaO}_3$  -based lead free piezoelectric materials were studied. This project can be divided into 2 sections which are 1) preparation and characterization of  $(1-x)(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3 - x \text{LiTaO}_3$  -based ceramics, and 2) preparation and characterization of  $\{(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})_{0.97}\text{Li}_{0.03}\}(\text{Nb}_{0.8}\text{Ta}_{0.2})\text{O}_3$  -based ceramics with different dopants.

The first part of the project, the effects of  $\text{MnO}$  and  $\text{LiSbO}_3$  on the phase formation, microstructure, physical and electrical properties of compositions:  $(1-x)(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3 - x \text{LiTaO}_3 + y \text{ mol}\% \text{MnO}$  ( $x = 0.02, 0.05$ , and  $0.07 \text{ mol}$ ;  $y = 0 - 1.0 \text{ mol}\%$ ) and  $(0.95-n)\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3 - 0.05 \text{LiTaO}_3 - n \text{LiSbO}_3$  ( $n = 0, 0.02, 0.04, 0.06$  and  $0.10 \text{ mol}$ ) ceramics were studied at different sintering temperatures ( $1010 - 1100 \text{ }^\circ\text{C}$  for 2 h) using conventional mixed oxide method. In addition, the effects of sintering atmosphere on the properties of  $0.91(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3 - 0.05\text{LiTaO}_3 - 0.04\text{LiSbO}_3$  ceramics were also investigated.

The second part of the project,  $\{(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})_{0.97}\text{Li}_{0.03}\}(\text{Nb}_{0.8}\text{Ta}_{0.2})\text{O}_3$  -based ceramics with different dopants such as alkali carbonates (Na, K, Li) - excess (0; 3, 3, 1; 3, 5, 1; 3, 1, 1 and 1, 3, 1 wt%),  $0.005\text{MnO} - \text{CuO}$  (0 - 0.015 mol),  $\text{CaTiO}_3$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  and  $\text{SrTiO}_3$  (0.005 mol) were prepared at different sintering temperature ( $1025 - 1100 \text{ }^\circ\text{C}$  for 2 - 4 h). The effects of ball-milling type and time and additives addition on the properties of  $\{(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})_{0.97}\text{Li}_{0.03}\}(\text{Nb}_{0.8}\text{Ta}_{0.2})\text{O}_3$  ceramics were investigated.

It was concluded that physical properties, phase formation, microstructure and electrical properties were found to depend significantly on sintering temperature, sintering atmosphere, ball-milling type and time, Na, K, Li - excess, type and amount of dopants. The  $\{(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})_{0.97}\text{Li}_{0.03}\}(\text{Nb}_{0.8}\text{Ta}_{0.2})\text{O}_3$  with Na, K, Li - excess of 3, 5, 1 wt% ceramics have optimized dielectric properties, which are  $\epsilon_r = 766$ ,  $\tan \delta = 0.042$  and  $T_c = 317 \text{ }^\circ\text{C}$ . Good piezoelectric property ( $d_{33} = 213 \text{ pC/N}$ ) can be obtained in  $0.995\{(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})_{0.97}\text{Li}_{0.03}\}(\text{Nb}_{0.8}\text{Ta}_{0.2})\text{O}_3 - 0.005\text{MnO}$  ceramics.