

# 具有高介電常數、低損耗及零共振頻率溫度飄移係數的微波介電系統 $(1-x)\text{Nd}(\text{Zn}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3-x\text{SrTiO}_3$

黃正亮\*, 曾靜芳, 楊文瑞, 楊東榮

國立成功大學電機資訊學院電機工程學系

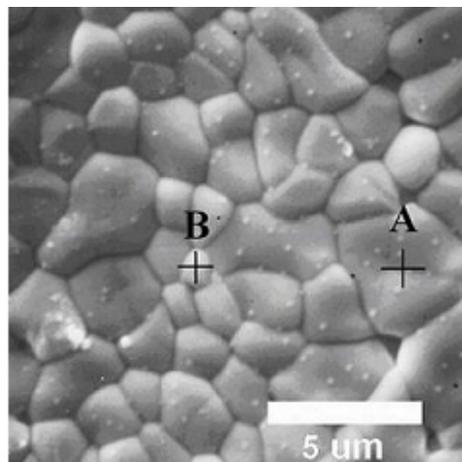
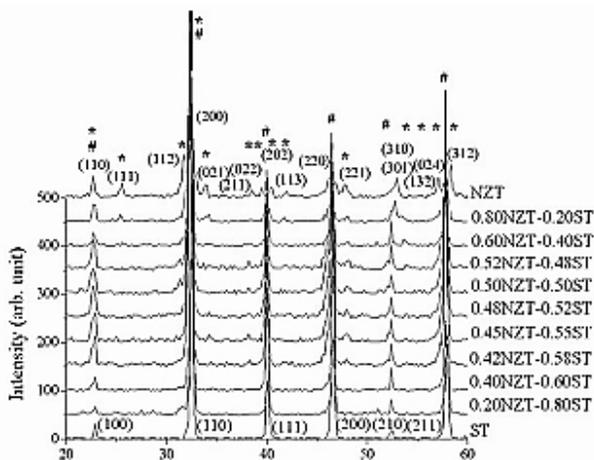
huangcl@mail.ncku.edu.tw

Journal of the American Ceramic Society, Vol. 91, No. 7, pp. 2201-2204, July 2008

## 介

電元件體積的有效微型化是現代微波電信技術(如：3G和全球衛星定位系統系統)的主要訴求。此外，經由陶瓷介電諧振器所具有的獨特電性來降低電路系統中濾波器及天線的尺寸和成本亦徹底改革微波無線通信工業。尤其，微型化全球衛星定位系統天線，在這幾年中變得越來越受歡迎。使用介電常數90~100之介電材料，能有效將天線尺寸縮小至12 mm × 12mm，但同時亦提高其等效電容。為了達到電容的匹配，天線厚度亦因而必須增加。上述問題可以經由使用介電常數k~50的介質材料獲得解決。然而，它仍受本身高介電損失的困擾。先前的研究報告指出，當 $\text{Nd}(\text{Zn}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ 化合物在B-site具有Zn:Ti為1:1的序化比例時，擁有極佳的介電特性。在此次研究，將選擇具有共振頻率溫度飄移係數( )為+1700 ppm/°C的 $\text{SrTiO}_3$ 當作共振頻率溫度飄移係數的補償之用。此次研究的系統結合出具有更好的微波介電特性。

圖1為室溫下，針對 $(1-x)\text{Nd}(\text{Zn}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3-x\text{SrTiO}_3$ (此後簡稱NZST)陶瓷系統在燒結溫度1300度、持溫4小時條件下的所得之繞射圖。在圖中並沒有發現額外的二次相，且經由繞射圖可得知二相共存系統中同時具有單斜晶結構的 $\text{Nd}(\text{Zn}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ 相及立方晶結構的 $\text{SrTiO}_3$ 相存在。同時，經由測量到的 $\text{Nd}(\text{Zn}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ 晶格參數( $a = 5.4652 \pm 0.0005 \text{ \AA}$ ,  $b = 5.6399 \pm 0.0007 \text{ \AA}$ ,  $c = 7.7797 \pm 0.0008 \text{ \AA}$  and  $\beta = 90.01 \pm 0.01^\circ$ )並沒有隨著不同 $\text{SrTiO}_3$ 量的添加而作改變，進而確認二相系統的形成。圖2為 $0.48\text{Nd}(\text{Zn}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3-0.52\text{SrTiO}_3$ (此後簡稱48NZST)陶瓷在燒結溫度1300度、持溫4小時條件下的表面微結構影像。成長良好的48NZST陶瓷晶粒形貌可區分為二種形式，大晶粒為 $\text{Nd}(\text{Zn}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ 的結晶相，小晶粒則為 $\text{SrTiO}_3$ 的結晶相。當燒結溫度超過1330度時，在異質晶粒形貌中純 $\text{Nd}(\text{Zn}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ 晶粒將會呈現快速成長。在此次實驗，當繼續增加燒結溫度時，晶粒也將會隨之逐步成長。48NZST陶瓷的微結構成長不同於純 $\text{Nd}(\text{Zn}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ 陶瓷。當添加適當 $\text{SrTiO}_3$ 含量時，可以有效的抑制 $\text{Nd}(\text{Zn}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ 晶粒的快速成長，同時，亦可得到比純 $\text{Nd}(\text{Zn}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ 較小之晶粒。



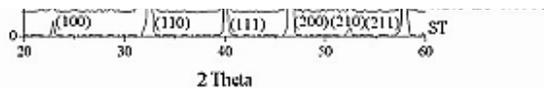


Fig. 1



Fig. 2

圖3 為NZST陶瓷系統在不同燒結溫度、持溫4小時條件下的視密度圖。當燒結溫度增加時，陶瓷體的視密度將隨之增加，並於1330度時達到最大值，之後，它將呈現些微的減少。且晶粒的成長將造成密度的增加。然而，當燒結溫度超過1300度時，將會造成鋅(Zn)元素的揮發，進而造成視密度的下降。圖4 為NZST陶瓷系統在不同燒結溫度、持溫4小時條件下的介電常數關係圖。當燒結溫度增加時，因燒結樣品較緻密，進而造成介電常數隨之增加，並於1330度時達到最大值，之後，它將呈現些微的減少。當在燒結溫度1330度、持溫4小時下，48NZST陶瓷材料將可獲得最大介電常數54.2。同時得知當繼續增加燒結溫度時並不會獲得更高的介電常數。

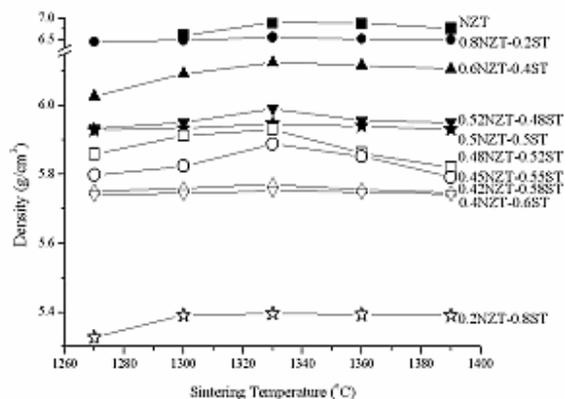


Fig. 3

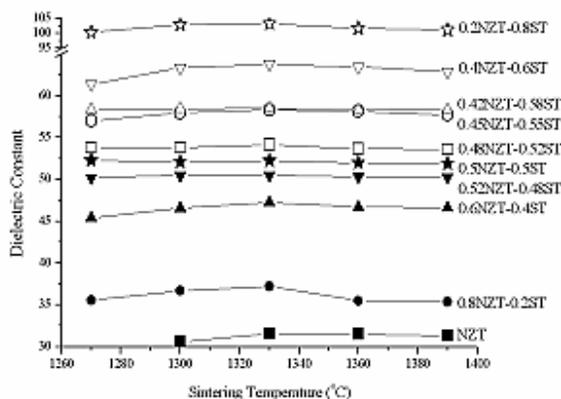
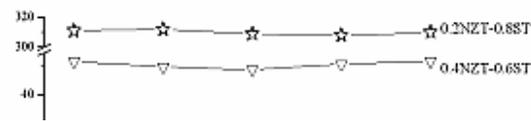


Fig. 4

圖5 為NZST陶瓷系統在不同燒結溫度、持溫4小時條件下的品質因數關係圖。其品質因數的變動與密度具有一致性，並指出品質因數與視密度的相對變動關係。當燒結溫度在1330度、持溫4小時下，48NZST陶瓷體將可獲得最大品質因數84,000 GHz。同時，品質因數與混合比例具有函數關係，當增加SrTiO<sub>3</sub>含量時，將會造成品質因數下降，此乃因為SrTiO<sub>3</sub>本身具有較低的品質因數所造成。此外，當陶瓷樣品在燒結溫度1330度時，將可獲得均勻的晶粒形貌，因而減少損耗進而獲益。圖6 為NZST陶瓷系統在不同燒結溫度、持溫4小時條件下的共振頻率溫度飄移係數關係圖。在(1-x)Nd(Zn<sub>1/2</sub>Ti<sub>1/2</sub>)O<sub>3</sub>-xSrTiO<sub>3</sub>陶瓷系統中，當x=0.52(48NZST)並在燒結溫度1330度、持溫4小時下，將可獲得零共振頻率溫度飄移係數。此外，因為沒有明顯的混合改變，因此，共振頻率溫度飄移係數幾乎和燒結溫度沒有相依關係。其將提供商業應用一個更寬廣的製程優勢。

針對(1-x)Nd(Zn<sub>1/2</sub>Ti<sub>1/2</sub>)O<sub>3</sub>-xSrTiO<sub>3</sub>二相系統的微波介電特性研究，其材料具有相對高品質因數、高介電常數及可調式共振頻率溫度飄移係數等特性。此二相系統經由繞射圖、能量散佈光譜儀及晶格參數分析獲得確認。此次研究得到的化合物系統是目前k ~ 50材料中介電特性表現最佳者 (  $\epsilon = 54.2$ ,  $Q \times f = 84,000$  GHz,  $\tau = 0$  ppm/°C 當x = 0.52)，此材料將可作為研製現今3G被動元件和縮小化全球衛星定位系統天線的一種合適材料之選擇。



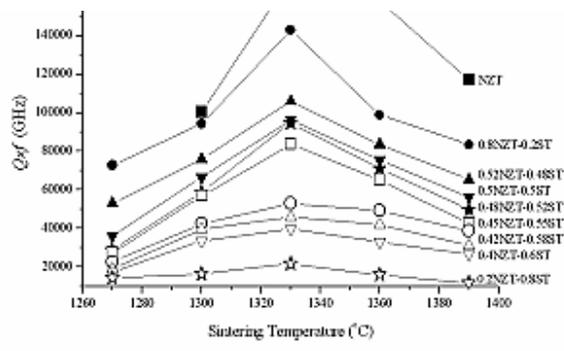


Fig. 5

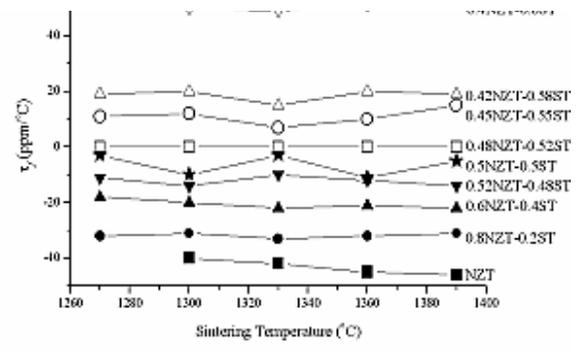


Fig. 6

Copyright 2009 National Cheng Kung University