

摘要

在本論文中，我們利用溶膠-凝膠法與固態反應法製備 $(\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4})\text{TiO}_3-(\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.03}\text{Mn}_{0.07})\text{Fe}_2\text{O}_4$ 磁電複材，並觀察其微結構、介電性質、及磁性質的變化。結果發現BST-NCMFO的複合比例對於磁電複材的材料性質會有顯著的影響。

BST-NCMFO磁電複材在空氣下經1400 °C的溫度燒結不同時間，其相對密度皆能達到88%以上。熱膨脹係數、介電常數、及飽和磁化量，在相同BST複合比例時，固態反應法製備之磁電複材性質皆優於溶膠-凝膠法製備之磁電複材，而矯頑場則是以溶膠-凝膠法製備之磁電複材性質優於固態反應法製備之磁電複材。除純BST及純NCMFO外，介電常數以複合BST比例為75 mol%時為最高，飽和磁化量以複合NCMFO比例為75 mol%為最高。固態反應法製備之磁電複材以複合NCMFO比例為50 mol%的矯頑場為最大，而溶膠-凝膠法製備之磁電複材以複合NCMFO比例為25 mol%的矯頑場為最大。

關鍵詞：磁電複材、介電常數、飽和磁化量、矯頑場。

ABSTRACT

In this thesis, we reported on the microstructure, dielectric properties, and magnetic properties of the $(\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4})\text{TiO}_3-(\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.03}\text{Mn}_{0.07})\text{Fe}_2\text{O}_4$ magnetoelectric composites prepared by sol-gel and solid state methods. The BST percentage of BST-NCMFO composites has a strong influence on the material properties.

The composites were sintered at a constant temperature of 1400 °C but the sintering times were different. The relative density of each composite is beyond 88%. At the same BST percentage, the thermal expansion coefficient, dielectric constant, and magnetization of the composites prepared by solid state method are better than that prepared by sol-gel method. However, the coercivity of the composites prepared by sol-gel method is better than that prepared by solid state method. Except for pure BST and pure NCMFO, the composite of 75 mol% BST has a maximum dielectric constant and the composite of 75 mol% NCMFO has a maximum magnetization. Both the composite of 25 mol% NCMFO prepared by sol-gel method and the composite of 50 mol% NCMFO prepared by solid state method have the maximum value of coercivities.

Key word: magnetoelectric composite, dielectric constant, magnetization, coercivity.

目錄

中文摘要	
英文摘要	II
目錄	III
表目錄	VI
圖目錄	VII
第一章 序論	1
1-1 前言	1
1-2 研究目的與動機	3
第二章 基礎理論及文獻回顧	5
2-1 介電材料	5
2-1-1 鈦酸鋇鎂(Ba,Sr)TiO ₃ 材料的特性	5
2-1-2 極化機構	9
2-1-3 介電性質	13
2-2 磁性材料	17
2-2-1 磁性原理	17
2-2-2 磁性性質與分類	21
2-2-3 鐵酸鎳(NiFe ₂ O ₄ , NFO)材料特性	26

2-3 磁電材料	29
2-3-1 單一相磁電材料	29
2-3-2 複合式磁電材料	33
2-3-3 磁電偶合效應	36
第三章 實驗方法及設備	38
3-1 實驗藥品	42
3-2 粉體製備	44
3-2-1 固態反應法製備粉體	44
3-2-2 溶膠-凝膠法製備粉體	44
3-3 磁電複材塊材製備	46
3-4 性質測量與分析	48
3-4-1 塊材密度量測	48
3-4-2 X 光繞射分析儀 (XRD)	48
3-4-3 掃描式電子顯微鏡 (SEM)	48
3-4-4 熱機械分析儀 (TMA)	49
3-4-5 介電性質量測	49
3-4-6 磁性質量測	49
3-4-7 微波性質量測	49

第四章 結果與討論	50
4-1 密度測量	50
4-2 XRD 結構分析	53
4-3 表面微結構	56
4-4 熱性質分析	67
4-5 介電性質分析	69
4-6 磁性質分析	76
4-7 微波訊號分析	80
第五章 結論	83
第六章 文獻回顧	86
附錄	91

表目錄

表2-1 磁性分類表	25
表2-2 BiFeO ₃ 摻雜第三元素及其修飾性質	32
表2-3 常見磁電複合材料與製程	34
表2-4 磁電複合材料介電常數與飽和磁化量值	35
表3-1 磁電複材複合比例與燒結時間關係表	47
表4-1 磁電複材之NCMFO與BST粒徑大小	66
表 4-2 磁電複材之飽和磁化量	78
表4-3 磁電複材之矯頑場	66

圖目錄

圖 2.1 鈣鈦礦結構	7
圖 2.2 鈦酸鋇於(100)方向極化時，鈦離子及鋇離子相對於氧離子的 位移量	7
圖 2.3 隨溫度的改變，鈦酸鋇結構晶體上的變化	8
圖 2.4 不同頻率對不同極化機構之介電常數及介電損失的影響	11
圖 2.5 極化的四種不同物理機制	12
圖 2.6 室溫下，離子遷移損失、離子震動與變形損失在 $\tan \delta$ 中所佔 的比例。	16
圖 2.7 電子軌道磁矩	19
圖 2.8 電子自旋磁矩	19
圖 2.9 磁交互作用力	20
圖 2.10 磁滯曲線	22
圖 2.11 尖晶石結構	28
圖 2.12 BiFeO_3 結構圖	31
圖 3.1 Sol-gel 法製作磁電塊材流程圖	39
圖 3.2 Solid state 法製作磁電塊材流程圖	40
圖 3.3 磁電塊材性質量測流程圖	41
圖 4.1 1400 燒結溫度下，NCMFO 燒結時間與相對密度關係圖	52

圖 4.2 在 1400 燒結溫度下，磁電複材之複合比例與相對密度關係 圖	52
圖 4.3 以溶膠-凝膠法製備之磁電複材，在 1400 燒結溫度下各複合 比例之 XRD 量測結果	54
圖 4.4 以固態反應法製備之磁電複材，在 1400 燒結溫度下各複合 比例之 XRD 量測結果	55
圖 4.5 以溶膠-凝膠法製備不同複合比例之磁電複材 SEM 微結構圖， 放大倍率為 1000 倍	58
圖 4.6 以固態反應法製備不同複合比例之磁電複材 SEM 微結構圖， 放大倍率為 1000 倍	59
圖 4.7 以溶膠-凝膠法製備不同複合比例之磁電複材 SEM 微結構圖， 放大倍率為 10000 倍	60
圖 4.8 以固態反應法製備不同複合比例之磁電複材 SEM 微結構圖， 放大倍率為 10000 倍	61
圖 4.9 以溶膠-凝膠法製備之磁電複材，其大晶粒之 EDS 元素含量比 例圖	62
圖 4.10 以溶膠-凝膠法製備之磁電複材，其小晶粒之 EDS 元素含量 比例圖	63

圖 4.11 以固態反應法製備之磁電複材，其大晶粒之 EDS 元素含量比例圖	64
圖 4.12 以固態反應法製備之磁電複材，其小晶粒之 EDS 元素含量比例圖	65
圖 4.13 磁電複材之熱膨脹係數變化圖	68
圖 4.14 以溶膠-凝膠法製備磁電複材之介電常數對頻率變化圖	72
圖 4.15 以固態反應法製備磁電複材之介電常數對頻率變化圖	72
圖 4.16 以溶膠-凝膠法製備磁電複材之介電損失對頻率變化圖	73
圖 4.17 以固態反應法製備磁電複材之介電損失對頻率變化圖	73
圖 4.18 磁電複材在 10MHz 時介電常數比較圖	74
圖 4.19 磁電複材在 10MHz 時介電損失比較圖	74
圖 4.20 以溶膠-凝膠法製備之磁電複材在 10MHz 時介電常數與介電損失對照圖	75
圖 4.21 以固態反應法製備之磁電複材在 10MHz 時介電常數與介電損失對照圖	75
圖 4.22 以溶膠-凝膠法製備磁電複材之磁滯曲線	77
圖 4.23 以固態反應法製備磁電複材之磁滯曲線	77
圖 4.24 溶膠-凝膠法製備之磁電複材在不同頻率作用下，介電常數差值(ϵ')對磁場的變化圖	81

圖 4.25 固態反應法製備之磁電複材在不同頻率作用下，介電常數
差值(ϵ')對磁場的變化圖 82