



(51) МПК

H01F 1/00 (2006.01)

H01F 1/08 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015131275/07, 27.07.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.07.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.07.2015

(45) Опубликовано: 27.07.2016 Бюл. № 21

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: A.L. Freydmann, A.D. Balaev, A.A. Dubrovskiy, E.V. Eremin, V.L. Temerov, I.A. Gudim. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 115, 174103, 2014. RU 2522546 C2, 20.07.2014. JP H0891917 A, 09.04.1996. KR 20120115810 A, 19.10.2012. US 2003104239 A1, 05.06.2003. JP H0684622 A, 25.03.1994.

Адрес для переписки:

660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, стр.  
38, ИФ СО РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Дрокина Тамара Васильевна (RU),  
Петраковский Герман Антонович (RU),  
Фрейдман Александр Леонидович (RU),  
Молокеев Максим Сергеевич (RU),  
Резина Елена Геннадьевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ им. Л.В. Киренского  
Сибирского отделения Российской академии  
наук (RU)

## (54) МАГНИТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОКСИДНЫЙ КЕРАМИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

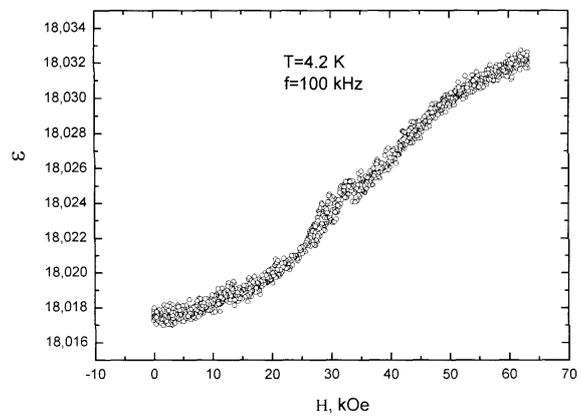
(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники, а именно к оксидному керамическому материалу с анизотропным магнитодиэлектрическим эффектом, т.е. к материалу, диэлектрической проницаемости которого может изменяться под действием внешнего магнитного поля. Магнитодиэлектрический оксидный керамический материал состава  $\text{LiCuFe}_2(\text{VO}_4)_3$  получен твердофазным синтезом из исходных

компонентов, при следующем соотношении, мас. %:  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  - 14,93;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 32,26;  $\text{V}_2\text{O}_5$  - 36,74;  $\text{CuO}$  - 16,07, при температурах 650°C, 680°C и нормальном давлении в течение 2 отжигов длительностью 24 часа. Повышение магнитодиэлектрического эффекта за счет улучшения и стабильности кристаллографических характеристик предложенного материала является техническим результатом изобретения. 1 ил., 3 табл.

RU  
2 592 867  
C 1

RU  
2 592 867  
C 1



R U 2 5 9 2 8 6 7 C 1

R U 2 5 9 2 8 6 7 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

*H01F* 1/00 (2006.01)*H01F* 1/08 (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015131275/07, 27.07.2015

(24) Effective date for property rights:  
27.07.2015

Priority:

(22) Date of filing: 27.07.2015

(45) Date of publication: 27.07.2016 Bull. № 21

Mail address:

660036, g. Krasnojarsk, Akademgorodok, 50, str. 38,  
IF SO RAN, patentnyj otdel

(72) Inventor(s):

Drokina Tamara Vasilevna (RU),  
Petrakovskij German Antonovich (RU),  
Frejzman Aleksandr Leonidovich (RU),  
Molokeev Maksim Sergeevich (RU),  
Rezina Elena Gennadevna (RU)

(73) Proprietor(s):

FEDERALNOE GOSUDARSTVENNOE  
BYUDZHETNOE UCHREZHDENIE NAUKI  
INSTITUT FIZIKI im. L.V. Kirenskogo  
Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk  
(RU)(54) **MAGNETODIELECTRIC OXIDE CERAMIC MATERIAL**

(57) Abstract:

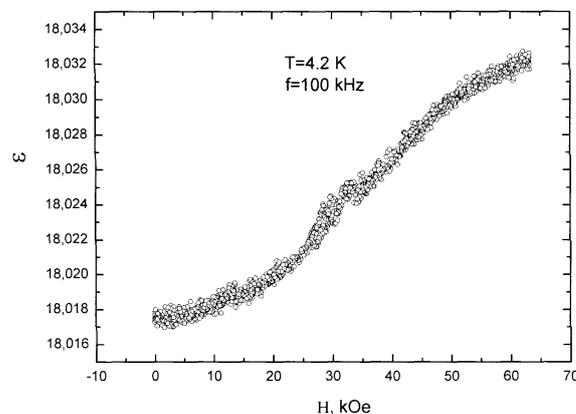
FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering, namely, to oxide ceramic material with anisotropic magnetodielectric effect, i.e. to material, dielectric permeability of which can be changed under the action of external magnetic field. Magnetodielectric oxide ceramic material of  $\text{LiCuFe}_2(\text{VO}_4)_3$  composition is obtained by solid-phase synthesis of initial components, at the following ratio, wt%:  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  - 14.93;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 32.26;  $\text{V}_2\text{O}_5$  - 36.74;  $\text{CuO}$  - 16.07, at temperature of 650 °C, 680 °C and normal pressure during 2 annealing with duration of 24 hours.

EFFECT: technical result of the invention is higher magnetodielectric effect due to improvement and

stability of crystallographic characteristics of the proposed material.

1 cl, 1 dwg, 3 tbl



Изобретение относится к приготовлению материалов, обладающих магнитодиэлектрическим эффектом, которые могут быть полезны для химической промышленности, материаловедения, спинтроники как новые материалы, допускающие возможность управления величиной диэлектрической проницаемости с помощью внешнего магнитного поля.

Известен материал - композиционный магнитный эластомер, состоящий из матрицы высокоэластичного полимера и наполнителя из магнитных частиц, в котором наблюдается изменение диэлектрической постоянной под действием магнитного поля (магнитодиэлектрический эффект) [RU 2522546, МПК H01F 1/00, опубл. 10.02.2014].

Недостатки этого материала заключаются в том, что он характеризуется свойствами, определяемыми полимерной матрицей с низкой температурой плавления, и получен трудоемким процессом изготовления.

Наиболее близким к заявленному изобретению по технической сущности является четырехкомпонентное оксидное соединение - монокристалл  $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$  [A.L. Freydmann, A.D. Balaev, A.A. Dubrovskiy, E.V. Eremin, V.L. Temerov, I.A. Gudim. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 115, 174103 (2014), прототип], характеризующийся изменением диэлектрической постоянной под действием магнитного поля и содержащий гольмий, алюминий, бор и кислород.

Недостатки прототипа заключаются в сложности получения монокристаллического соединения и наличии анизотропности магнитодиэлектрического эффекта.

Техническим результатом изобретения является получение нового поликристаллического материала с магнитодиэлектрическим эффектом, обладающего возможностью управления величиной диэлектрической проницаемости с помощью внешнего магнитного поля.

Указанный технический результат достигается тем, что магнитодиэлектрический оксидный керамический материал  $\text{LiCuFe}_2(\text{VO}_4)_3$  получен твердофазным синтезом из исходных компонентов  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$  и  $\text{CuO}$ , при следующем соотношении, мас. %:

$\text{Li}_2\text{CO}_3$  - 14,93;

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 32,26;

$\text{V}_2\text{O}_5$  - 36,74;

$\text{CuO}$  - 16,07.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое изобретение отличается качественным и количественным составом. Эти отличия позволяют сделать вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию «новизна».

Признаки, отличающие заявляемое решение от прототипа, не выявлены при изучении данной и смежных областей техники и, следовательно, обеспечивают заявляемому техническому решению соответствие критерию «изобретательский уровень».

На фиг. представлена кривая зависимости диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  заявляемого соединения от магнитного поля  $H$ .

Изобретение осуществляется следующим образом. Способ получения материала, обладающего магнитодиэлектрическим эффектом и допускающего возможность управления величиной диэлектрической проницаемости с помощью внешнего магнитного поля, представляет собой твердофазный синтез. В качестве исходных компонентов используются окислы  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$  и  $\text{CuO}$  при следующем соотношении мас. %: 14,93; 32,26; 36,74 и 16,07, соответственно.

Исходные компоненты, составляющие шихту, перед развеской высушиваются в

течение 6 часов при температуре 105°C, смешиваются и перетираются вручную пестиком в ступке с добавлением этилового спирта. Шихта составляется с учетом фактического содержания основного вещества в материале. Из приготовленной шихты с помощью пресс-формы формируются таблетки под давлением около 10 кбар диаметром 10 мм и толщиной 1,5-2,0 мм. Таблетки помещаются в алундовый тигель и отжигаются в печи. Нагрев печи осуществляется со скоростью 150 град/час и регулируется программным регулятором. Точность измерения температуры в печи составляет 0,1°C. Перепад температур в рабочей области печи не превышает 5°C. Охлаждение печи происходит естественным путем. Отжиг проводится в два этапа (Таблица 1). После завершения первого отжига таблетки перетираются, полученный порошок формируется в таблетки и осуществляется второй отжиг.

Таблица 1.

Режим температурной обработки при изготовлении поликристаллического соединения  $\text{LiCuFe}_2(\text{VO}_4)_3$

№ отжига	Температура отжига, °С	Длительность отжига, час.
1	650	24
2	680	24

Химический и фазовый состав синтезированных образцов контролировался методом рентгеноструктурного анализа. Порошковая рентгенограмма  $\text{LiCuFe}_2(\text{VO}_4)_3$  снята при комнатной температуре на дифрактометре D8 ADVANCE фирмы Bruker, используя линейный детектор VANTEC и  $\text{Cu-K}\alpha$  излучение. На рентгенограмме не обнаружено рефлексов, соответствующих фазам примесей. В таблице 2 показано содержание элементов в синтезированном поликристаллическом соединении. В таблице 3 приведены основные кристаллографические характеристики соединения  $\text{LiCuFe}_2(\text{VO}_4)_3$  и параметры рентгеновского эксперимента.

Таблица 2.

Содержание элементов в материале  $\text{LiCuFe}_2(\text{VO}_4)_3$ .

Содержание элементов, ат. %					
Li	Cu	Fe	V	O	Примеси
5,26	5,26	10,53	15,79	63,16	-

Таблица 3.

Основные кристаллографические характеристики соединения  $\text{LiCuFe}_2(\text{VO}_4)_3$  и параметры рентгеновского эксперимента.

5

10

15

20

25

30

Пр.гр.	<i>P-I</i>
<i>a</i> , Å	8.1489(2)
<i>b</i> , Å	9.8047(2)
<i>c</i> , Å	6.6341(1)
$\alpha$ , °	103.811(2)
$\beta$ , °	102.370(2)
$\gamma$ , °	106.975(2)
<i>V</i> , Å <sup>3</sup>	468.74(2)
2 $\theta$ интервал, °	5-120
Число рефлексов	1406
Число уточн. парам.	92
$R_{wp}$ , %	1.99
$R_p$ , %	1.51
$R_B$ , %	0.78
$\chi^2$	1.29

Примечание: *a*, *b*, *c*,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  — параметры ячейки; *V* — объем ячейки; факторы недоверности:  $R_{wp}$  — весовой профильный,  $R_p$  — профильный,  $R_B$  — интегральный;  $\chi^2$  — качество подгонки.

35

40

На фиг. показана кривая зависимости диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  заявляемого соединения от магнитного поля *H*. Из фиг. следует, что приложение магнитного поля приводит к увеличению диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , то есть полученный материал  $\text{LiCuFe}_2(\text{VO}_4)_3$  обладает магнитодиэлектрическим эффектом. Экспериментально показано, что связь между электрической и магнитной подсистемами в соединении  $\text{LiCuFe}_2(\text{VO}_4)_3$  дает возможность изменять электрические свойства с помощью магнитного поля.

45

Полученный новый материал, отвечающий формуле  $\text{LiCuFe}_2(\text{VO}_4)_3$ , расширяет ряд материалов, допускающих возможность управления величиной диэлектрической проницаемости внешним магнитным полем.

Формула изобретения

Магнитодиэлектрический оксидный керамический материал  $\text{LiCuFe}_2(\text{VO}_4)_3$ ,

полученный твердофазным синтезом из исходных компонентов, при следующем соотношении, мас. %:

5	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	14,93
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,26
	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	36,74
	CuO	16,07
10		
15		
20		
25		
30		
35		
40		
45		

1/1

Магнитоэлектрический оксидный  
керамический материал

