

щему и другому термоупрочнённому инструменту из быстрорежущей стали.

Таким образом изобретение позволило получить технический результат, а именно: расширить номенклатуру обрабатываемых металлических изделий, а также повысить стойкость стандартно термоупрочнённого металлорежущего инструмента из быстрорежущей стали в 2-2,5 раза.

Список литературы

1. Воробьева Г.А., Иванов Д.А., Сизов А.М. Упрочнение легированных сталей термоимпульсной обработкой // Технология металлов. – 1998. – № 2. – С. 6-8.

2. Иванов Д.А. Влияние дозвукового пульсирующего водовоздушного потока на напряженное состояние сталей при термообработке // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2007. – № 1. – С. 97-100.

3. Иванов Д.А. Закалка сталей, алюминиевых и титановых сплавов в пульсирующем дозвуковом водовоздушном потоке // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2008. – № 2. – С. 57-61.

4. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Обработка пульсирующим газовым потоком высокопрочных и пружинных сталей // Двигателестроение. – 2014. – № 3. – С. 34-36

5. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Использование пульсирующего дозвукового газового потока для повышения эксплуатационных свойств металлических изделий // Технология металлов. – 2015. – № 1. – С. 34-38.

Физико-математические науки

КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Иванов В.И., Карпец Ю.М.

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск, e-mail: valivi@mail.ru

Пироэлектрические кристаллы широко используются в качестве чувствительных элементов тепловых приемников излучения (ПИ) [1]. Традиционно для выбора того или иного пироэлектрического материала используется критерий качества $M_2 = \gamma / \epsilon \rho c$ [2], где γ – пироэлектрический коэффициент, c – теплоемкость, ϵ – диэлектрическая проницаемость, ρ – плотность кристалла. Для оценки характеристик пироэлектрических материалов в [3] предложен новый критерий качества, который, по нашему мнению, более полно отражает свойства того или иного пироматериала. Новый критерий качества включает в себя как чувствительность так и динамический диапазон (D) и выражается как: $W_1 = D \cdot |K \cdot (j\omega)|$, где $|K \cdot (j\omega)|$ – модуль передаточной функции, соответствующий вольт-ваттной чувствительности детектора.

Модуль передаточной функции определяется из выражения [1]:

$$|K(j\omega)| = \epsilon_\lambda \frac{\gamma}{\epsilon \rho c S} \frac{C_\gamma R_\Sigma}{\sqrt{1 + \omega^2 C_\gamma^2 R_\Sigma^2}}, \quad (1)$$

где ϵ_λ – монохроматический коэффициент поглощения черни; ϵ – диэлектрическая проницаемость кристалла; S – площадь принимающей площадки; C_γ – электрическая емкость кристалла, входных цепей и первого каскада усилителя; R_Σ – эквивалентное сопротивление ПИ и нагрузочного сопротивления; ω – частота модуляции падающего излучения.

Динамический диапазон определяется из выражения $D = F_{\max} / F_{\min}$, где F_{\max} – максимальная допустимая мощность излучения, падающего на поверхность кристалла; F_{\min} – пороговая чувствительность ППИ, ограниченная шумами в кристалле [3].

Из зависимости температуры кристалла от уровня падающего на него излучения определяем максимально допустимую мощность излучения [3]:

$$F_{\text{изл}} = \frac{T_K \rho}{2\epsilon_\lambda} \frac{1}{d \rho c S} A(\rho), \quad (2)$$

где T_K – температура Кюри для данного пироматериала ($T_K/2$ – рабочая точка кристалла по температуре); d – толщина кристалла; $A(\rho)$ – оператор Лапласа при гармоническом воздействии или тепловой коэффициент, учитывающий распределение тепла в кристалле [1].

Из условия $F_{\min} = F_{\text{ш}} [1]$ выражаем пороговую чувствительность ППИ:

$$F_{\text{ш}} = \frac{U_{\text{ш}} \sqrt{\Delta f}}{|K(j\omega)|}, \quad (3)$$

где $U_{\text{ш}}$ – напряжение шума пиродетектора, Δf – полоса измеряемых частот.

Напряжение шума [1,3] выражается через напряжение спектральной плотности шума как:

$$U_{\text{ш}} = P_{\text{ш}} \frac{\gamma}{\epsilon \rho c S} \frac{C_\gamma R_\Sigma}{\sqrt{1 + \omega^2 C_\gamma^2 R_\Sigma^2}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{ш}}$ – плотность мощности теплового шума обусловленного тепловыми потерями $P_{\text{ш}} = \sqrt{4k_0 T_0^2 G_\Sigma}$, (k_0 – постоянная Больцмана, T_0 – температура окружающей среды, G_Σ – общая тепловая проводимость (теплопотери). Отсюда:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{4k_0 T_0^2 G_\Sigma}}{\epsilon_\lambda}. \quad (5)$$

Определяем динамический диапазон ППИ как:

$$D = \frac{T_K j \omega d \rho c S}{2\epsilon_\lambda \sqrt{4k_0 T_0^2 G_\Sigma} \Delta f \cdot A(\rho)}. \quad (6)$$

В полном виде критерий W_1 принимает вид:

$$W_1 = \frac{T_K \gamma}{2\epsilon A(\rho) \sqrt{4k_0 T_0^2 G_\Sigma} \Delta f}. \quad (7)$$

Поскольку $A(\rho)$ характеризует параметры материалов чернения и не определяет свойства

пирозлектрического материала, то в грубом приближении можно приравнять его к единице.

Предложенный критерий качества пирозлектрического материала существенно повышает информативность при анализе качества материалов при выборе материала для приемников излучения [4-6]. Полученные результаты представляют интерес для разработки тепловых пироприемников излучения с различной геометрией [7-8].

Список литературы

1. Косоротов В.Ф., Кременчугский Л.С., Самойлов В.Б., Щедрина Л.В. Пирозлектрический эффект и его применения // под ред. Кременчугского Л.С. АН УССР. Ин-т физики. – Киев: Наукова думка, 1989. – 224 с.
2. Иванов В.И., Карпец Ю.М., Климентьев С.В. Тепловые приемники излучения на основе тонкослойных структур металл – сегнетоэлектрик – металл: монография – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. – 80 с.
3. Здоровцев Г.Г., Иванов В.И., Карпец Ю.М., Климентьев С.В. Термоэлектрические свойства несимметричной сэндвичной структуры металл-ниобат лития-металл // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 2. – С. 102-105.
4. Здоровцев Г.Г., Иванов В.И., Марченков Н.В. Термостимулированная ЭДС в сэндвичной структуре металл–ниобат лития–металл // Информатика и системы управления. – 2005. – № 1 (09). – С. 55-60.
5. Иванов В.И., Карпец Ю.М., Климентьев С.В. Термоэдс в легированных кристаллах ниобата лития с электродами из различных металлов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2001. – № 1. – С. 96-97.
6. Ivanov V.I., Karpets Yu. M., Kliment'ev S.V. Thermo-EMF in doped lithium niobate crystals with electrodes made of different metals // Russian Physics Journal. 2001. – V. 44. – № 1. – pp. 119-121.
7. Иванов В.И., Климентьев С.В., Корчевский В.В. Использование динамического пирозэффекта в термовольтаическом приемнике излучения // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2010. – № 2. – С. 013-018.
8. Здоровцев Г.Г., Иванов В.И., Климентьев С.В., Криштоп В.В. Характеристики приемника излучения на основе структуры металл – сегнетоэлектрик – металл // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2006. – Т. 49. – № 8. – С. 45-46.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ГОЛОГРАФИИ

Иванов В.И., Иванова Г.Д.

*Дальневосточный государственный университет
путей сообщения, Хабаровск, e-mail: valivi@mail.ru*

Динамическая голография используется в таких областях, как оптическая обработка информации, оптическая связь, управление световыми потоками [1-3]. На основе динамических голографических преобразователей создаются логические элементы ЭВМ с быстродействием до 10^{-12} с, системы оперативной памяти, управляемые транспаранты, оптические переключатели, ответвители и др. устройства оптоэлектроники, оптические корреляторы, служащие для голографического распознавания образов и т.д. [2].

Одной из основных научно-исследовательских задач является поиск материалов с высокой чувствительностью. Развитие нанотехнологий привело к широкому использованию

наноматериалов, в том числе наножидкостей. Многокомпонентные нанодисперсные среды (жидкофазные смеси, суспензии, эмульсии) характеризуются наличием целого ряда специфических механизмов нелинейности, которые отсутствуют в однокомпонентных средах. В частности, к ним относятся концентрационные нелинейности, обусловленные перераспределением компонент двухфазной среды в поле лазерного излучения. При этом концентрационные потоки в среде могут вызываться различными механизмами взаимодействия излучения с веществом [3-4].

К концентрационным механизмам дрейфа частиц в неоднородном температурном поле относятся термодиффузия (термофорез) в газах, суспензиях, эффект Соре в жидкофазных бинарных смесях [4-5]. В микрогетерогенной среде с различными показателями преломления компонентов на микрочастицы в электромагнитном поле действуют электрострикционные силы, которые также могут быть причиной возникновения концентрационных потоков [6]. В зависимости от знака поляризуемости микрочастицы могут втягиваться (если показатель преломления вещества дисперсионной фазы больше, чем дисперсионной среды) или выталкиваться (в обратном случае) из областей с большей напряженностью электрического поля E электромагнитной волны.

Поэтому для оценки эффективности записи динамической голограммы, наряду с коэффициентом кубичной нелинейности $n_2 = \partial n / \partial I$, мы предлагаем использовать более информативный параметр – голографическую чувствительность по энергии [2]:

$$N_{2E} = 2\pi n_2 (\tau \alpha \lambda)^{-1} [\text{м}^2/\text{Дж}], \quad (1)$$

где α – коэффициент поглощения среды, λ – длина волны излучения, τ – время релаксации нелинейного отклика. Для фазовой голограммы величина данного параметра соответствует минимальной энергии записывающего излучения, необходимой для изменения оптической толщины слоя среды на длину волны излучения и полностью характеризует дифракционную эффективность тонкой голограммы.

Найдем параметр голографической чувствительности для концентрационной нелинейности. В нанодисперсной среде с частицами радиуса, много меньше длины волны излучения λ , показатель преломления среды пропорционален концентрации частиц (для сильноразбавленных систем)

$$n = n_1 (1 + \varphi \delta), \quad (2)$$

где $\delta = (n_2 - n_1) / n_1$; n_1 и n_2 – показатели преломления вещества дисперсионной среды и дисперсионной фазы соответственно, $\varphi = (4/3)\pi r^3 C$ – объемная доля дисперсионной фазы, r – радиус микрочастиц, C – концентрация наночастиц.