

УДК 539.3  
DOI: 10.7868/S25000640230401

## ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ, ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СВОЙСТВА ПИРОПЬЕЗОЭЛЕКТРИКОВ ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ СИНГОНИИ

© 2023 г. Т.И. Белянкова<sup>1</sup>, чл.-корр. РАН В.В. Калинин<sup>1</sup>, Л.В. Ломакина<sup>1</sup>

**Аннотация.** Работа направлена на исследование влияния начальных механических, температурных и электростатических воздействий на изменение деформированного состояния и физических свойств термоэлектроупругих материалов, относящихся в естественном состоянии к материалам класса симметрии 6mm гексагональной сингонии. Предполагается, что наведенное в материале начально-деформированное состояние однородно, начальные тепловые воздействия не превышают температуры фазовых переходов, начальное электростатическое поле задано вектором напряженности. Исследование основано на использовании линеаризованных определяющих соотношений, уравнений движения термоэлектроупругих сред, уравнений электростатики и уравнений распространения тепла, полученных в рамках теории наложения малых деформаций на конечные. Приведены матричные представления тензоров упругих и пьезоэлектрических модулей преднапряженного материала, наглядно иллюстрирующие влияние начальных как механических и тепловых, так и электростатических воздействий на свойства пиропьезоэлектрического материала. На примере CdSe исследовано раздельное и совместное влияние вида и величины начальных напряжений, электрических и тепловых воздействий на характер наводимых деформаций и трансформацию свойств материала. Определены виды механических воздействий, приводящих к максимальным значениям электрической индукции. Показано влияние характера тепловых воздействий в отсутствие начальных механических напряжений на величину и направленность вектора электрической индукции. Выявлены закономерности влияния начального электростатического поля большой напряженности на упругие и пьезоэлектрические свойства материала. Результаты оформлены в виде графиков и могут представлять определенный интерес при разработке, проектировании и оптимизации пиропьезоэлектрических материалов, используемых при создании микро- и наноразмерных приборов и устройств.

**Ключевые слова:** термоэлектроупругость, начальные механические напряжения, предварительный нагрев, начально-деформированное состояние, напряженность электростатического поля, электрическая индукция.

### THE INFLUENCE OF INITIAL MECHANICAL, ELECTROSTATIC AND TEMPERATURE EFFECTS ON THE PROPERTIES OF PYROPIEZOELECTRICS OF THE HEXAGONAL SYSTEM

T.I. Belyankova<sup>1</sup>, Corresponding Member RAS V.V. Kalinchuk<sup>1</sup>, L.V. Lomakina<sup>1</sup>

**Abstract.** The work is aimed at studying the effect of initial mechanical, temperature and electrostatic influences on the change in the deformed state and physical properties of thermoelectroelastic materials, which in their natural state belong to the materials of the 6mm hexagonal symmetry class. It is assumed that the initial deformed state induced in the material is homogeneous, the initial temperature effects do not exceed the temperature of phase transitions, and the initial electrostatic field is specified by the strength vector. The study

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: tbelen415@mail.ru

is based on the use of linearized constitutive relations, equations of motion of thermoelectroelastic media, electrostatic equations and heat propagation equations obtained within the framework of the theory of imposing small deformations on finite ones. Matrix representations of tensors of elastic and piezoelectric moduli of a prestressed material are presented, clearly illustrating the influence of initial mechanical and temperature, as well as electrostatic influences on the properties of a pyropiezoelectric material. Within the framework of the proposed approach, using CdSe as an example, the separate and combined influence of the type and magnitude of initial mechanical stresses, electrical and thermal effects on the nature of induced deformations and transformation of the properties of the material was studied. The types of mechanical influences leading to maximum values of electrical induction are determined. The influence of the nature of temperature effects in the absence of initial mechanical stresses on the magnitude and direction of the electrical induction vector is shown. The patterns of influence of the initial high-intensity electrostatic field on the elastic and piezoelectric properties of the material have been revealed. The research results are presented in the form of graphs and may be of particular interest in the development, design and optimization of pyropiezoelectric materials used in the creation of new micro- and nano-sized devices.

**Keywords:** thermoelectroelasticity, initial mechanical stress, preheating, initial deformed state, electrostatic field strength, electrical induction.