

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ ЗАРЯДА ПРИ ПРЯМОМ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ

Таранин Д.В.

Научный руководитель – к.т.н., проф. Палагин В.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. ТАПР, тел. (057) 702-14-46)

The study of the generation of charge by direct piezoelectric effect

Пьезоэлектрический эффект наблюдается в материалах только тогда, когда кристаллическая решетка несимметрична. Отсутствие центра симметрии кристаллической решетки является необходимым, но недостаточным условием появления пьезоэлектрического эффекта.

при прямом пьезоэффекте заряды на поверхности диэлектрика пропорциональны приложенной силе.

$$Q = dF$$

где Q – величина заряда, F – величина приложенной силы, d – коэффициент пропорциональности между зарядом и приложенной силой, называемый пьезомодулем.

Поделив величину заряда и приложенную силу на площадь S , получим

$$P = \frac{Q}{S} = d \frac{F}{S} = d\sigma$$

где: P – поляризация, S – механические напряжения.

Пьезомодуль, устанавливающий связь между вектором поляризации и механическими напряжениями, является тензором третьего ранга, имеющим 18 независимых компонентов. Т.е. обладает анизотропией упругих свойств по осям (имеет разные значения упругости по осям). В тензорной форме уравнение прямого пьезоэффекта принимает следующий вид:

$$P = d_{ij}\sigma_j$$

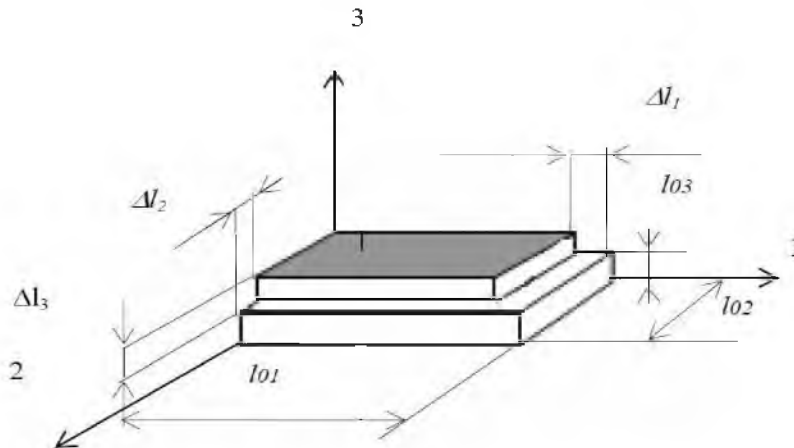
где $i = 1,2,3$ – компоненты вектора поляризованности; $j = 1,2,3$ – компоненты тензора механических напряжений или деформаций.

При механических напряжениях растяжения-сжатия наиболее важным является коэффициент пропорциональности по третьей оси d_{33} . Модуль упругости Юнга, характеризующий податливость материала имеет соответствующие пьезомодулю обозначения Y_{ij} .

Помимо пьезомодуля еще одной важной характеристикой пьезоэлектриков является коэффициент электромеханической связи k . Квадрат этого коэффициента представляет собой отношение механической энергии к полной электрической энергии полученной от источника питания.

В настоящее время в МЭА потребление энергии может исчисляться микро- и даже нановаттами. Для создания таких ИП возможно

использование пьезоэффекта. Исследование свойств пьезоматериалов является актуальной задачей, в частности при циклических воздействиях нагрузки, что дают возможность использовать не используемые виды энергии, например, такие как: вибрация, колебания и др.



В результате появления механических напряжений а пьезоэлементе будет проявляться прямой пьезоэффект, уравнение которого будет выглядеть так:

$$P_3 = -d_{33}T_3 + \epsilon_{33}\epsilon_0 E_3 ,$$

где P_3 – поляризованность элемента в направлении третьей оси, Кл/м²,

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная,

ϵ_{33} - диэлектрическая проницаемость вдоль третьей оси.

Коэффициент упругости K_y , Н/м вдоль оси 3:

$$K_y = \frac{S_0 Y_{22}}{l_2} ,$$

где S_0 – площадь поверхности элемента перпендикулярной направлению перемещения (оси 3)

Коэффициент прямого пьезоэффекта по оси 3:

$$K_{п} = \frac{S_0 Y_{33} d_{33}}{l_3}$$

Деформация под действием внешней механической нагрузки вдоль оси 3:

$$\Delta l_{3F} = \frac{F_c l_3}{S_0 Y_{22}} ,$$

где F_c – внешнее приложенное усилие вдоль третьей оси.

К примеру для материала ЦТС-23, пьезомодуль d_{33} будет равен не менее $20 \cdot 10^{-11}$ Кл/Н.

Список литературы:

Бойцов А.А. «Исполнительные устройства и систему для микроперемещений»: учебное пособие. / В.И. Бойков, С.В. Быстров .- СПб ГУ ИТМО, 2011.- 131 с.

Джигупов Р.Г. «Электронные устройства вычислительной техники систем контроля и управления»: справочник. / Р.Г. Джигупов. – СПб, Политехн., 1994. – 608с.