

## КОНТРОЛЬ СТРУКТУРЫ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ Сычик В.А., Уласюк Н.Н.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы контроля качества структуры изоляционных изделий. Показано, что дефектные участки изоляционных материалов генерируют градиенты напряженности электрического поля. Предложен метод контроля структуры изоляционных изделий, базирующийся на оценке интенсивности электрических полей от контролируемых поверхностей.

**Ключевые слова:** изоляционные изделия, контроль качества структуры, измерительный электрод, электрическое поле, дефектные участки.

## STRUCTURE CONTROL OF INSULATING PRODUCTS Sychyk V.A., Ulasiuk M.M.

*Belarusian National Technical University  
Minsk, Belarus*

**Abstract.** The issues of quality control of the structure of insulating products are considered. It is shown that defective areas of insulating materials generate gradients of the electric field strength. A method for controlling the structure of insulating products based on the assessment of the intensity of electric fields from the controlled surfaces is proposed.

**Key words:** insulating products, structure quality control, measuring electrode, electric field, defective areas.

*Адрес для переписки: Сычик В.А. пр. Рокоссовского, 49-18, г. Минск 220095, Республика Беларусь*

Для контроля качества структуры изоляционных изделий широко используются радиотехнический, ультразвуковой и методы, базирующиеся на интенсивности поглощения либо отражения от образцов высокоэнергетических частиц. Эффективным методом контроля целостности изоляционных изделий является электрический метод, основанный на измерении электрических полей и их градиентов [1].

Способ точного измерения электростатических полей [2] основан на периодическом экспонировании и экранировании помещенного в электростатическое поле металлического электрода и измерении информационного сигнала в нагрузке-затворе МДП-триодной структуры с индцированным каналом. В случае, если время экспонирования  $t_{ес} = \tau_1$ , а время экранирования  $t_{эс} = \tau_2$ , где  $\tau_1$  – постоянная времени индуцирования на измерительном электроде максимально достижимого заряда  $q_m$ ;  $\tau_2$  – время стекания  $q_m$  через входное сопротивление МДП-структур, выходное напряжение, выделяемое в истоковой цепи МДП-транзистора, максимально и составляет

$$U_{вых.} = K_1 S_R E_x,$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий площадь электрода  $S$ , и свойства окружающей среды;  $K_1 = \varepsilon_a S/C$ ,  $C$  – суммарная емкость системы измерительный электрод–МДП-структура. Поскольку контролируемая напряженность  $E_x = q/(4\pi\epsilon r^2)$ , то для снижения систематической погрешности необходимо обеспечить  $r = \text{const}$  и стабилизировать  $\varepsilon_a$ . Реализация этих условий заложена в конструкции преобразователя электрических полей.

Контроль качества структуры и выявление дефектов в изоляционных материалах и изделиях базируется на методике, связанной с выявлением локальных участков повышенной напряженности электрического поля, излучаемого заряженной плоскостью металлических поверхностей. Механизм выявления областей нарушения целостности структуры изоляционных материалов следующий.

Гибкий, эластичный изоляционный материал, протягивается через круглый металлический стержень, к которому подводится высокий электрический потенциал. При выполнении неравенства  $d \gg D$ , где  $d$  – ширина изоляционного материала,  $D$  – диаметр металлического стержня, излучаемое заряженным стержнем поле  $E_2$  в местах нарушения целостности структуры, которое воздействует на измерительный электрод преобразователя электрических полей (ПЭП), находится из выражения

$$E_2 = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon_1 r}, \quad (1)$$

где  $\tau$  – линейная плотность заряда в металле;  $\epsilon_1$  – относительная диэлектрическая проницаемость воздуха;  $r$  – расстояние от стержня до электрода. При условии  $d > h$ , где  $d$ ,  $h$  – соответственно толщина изоляционного материала и воздушного зазора, что имеет место при непосредственном размещении ПЭП на поверхности изоляционного слоя, напряженность поля

$$E_1 = \frac{\tau_1}{2\pi\epsilon_0\epsilon_2 r}, \quad (2)$$

где линейная плотность заряда  $\tau_1 = \frac{2\epsilon_1}{\epsilon_1 + \epsilon_2} \tau$ ;

$\epsilon_2$  – относительная диэлектрическая проницаемость изоляционного материала.

Найдем усиление напряженности электрического поля в области дефекта изоляционного материала с учетом (1) и (2)

$$K_E = \frac{E_2}{E_1} = \frac{(\epsilon_1 + \epsilon_2)\epsilon_2}{2\epsilon_1\epsilon_2} \cong \frac{\epsilon_2(1 + \epsilon_2)}{2}. \quad (3)$$

Как следует из (3), при изменении  $\epsilon_2$  от 2 до 10  $K_E \cong 3-50$ . Следовательно, появление локальных участков повышенной напряженности  $E_x$  свидетельствует о нарушении целостности структуры контролируемых изоляционных материалов, причем области локальных полей являются местами структурных дефектов этих материалов.

При контроле устройством диагностики качества структуры изоляционных изделий выносной элемент – твердотельный ПЭП, либо на дискретной МДП-структуре перемещается по поверхности находящегося под положительным потенциалом металлического стержня. Электрическое поле, создаваемое потенциалом стержня, периодически с частотой 1 кГц воздействует на стадии экспонирования на измерительный электрод ИЭ2 в режиме контроля качества структуры изоляционных материалов. На выходе ПЭП по обоим каналам формируется переменное напряжение  $U_{вых} = K \cdot E_x$ , частотой 1 кГц, где  $E_x$  – локальная напряженность электрического поля контролируемого объекта. Напряжение сигнала фильтруется от сетевых и высокочастотных помех сглаженным фильтром, настроенным на рабочую частоту электронного коммутатора. Напряжение сигнала оптимального значения по амплитуде (0,5–1,5 В) формируется в блоке многорежимных усилителей.

УДК 681.316

## МАТРИЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ

Сычик В.А., Уласюк Н.Н.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Синтезирован матричный преобразователь тепловых полей, реализованных матрицей фотодиодов, сформированных на полупроводниковом основании. Приведены конструктивные параметры преобразователя, механизм его работы и электрофизические параметры.

**Ключевые слова:** преобразователь тепловых полей, фотодиод, p-n-переход, омический контакт, матрица фотодиодов.

## MATRIX CONVERTER OF THERMAL FIELDS

Sychyk V., Ulasiuk M.

*Belarusian National Technical University  
Minsk, Belarus*

**Abstract.** A matrix converter of thermal fields is synthesized, implemented by an array of photodiodes formed on a semiconductor base. The design parameters of the converter, the mechanism of its operation and electro-physical parameters are given.

**Key words:** thermal field converter, photodiode, p-n junction, ohmic contact, photodiode array.

*Адрес для переписки: Сычик В.А., пр-т Рокоссовского, 49-18, г. Минск 220095, Республика Беларусь*

Типы и точность выявления дефектов в изоляционных материалах представлены в табл. 1.

Таблица 1

Вид дефекта	Порог чувствительности дефектов, В/мм	Точность выявления места дефекта, мм
Сплошные трещины, раковины	0,1–0,4	±0,5
Тип контролируемого объекта	Способ выделения информации	Расстояние ПЭП от контролируемой поверхности, мм
Изоляционный материал	Амплитудно-частотный	0,1

На базе рассмотренного метода можно синтезировать ряд высокоэффективных устройств для качественного контроля целостности структуры изоляционных материалов и изделий.

### Выводы.

1. Дефектные участки изоляционных материалов, контактирующих с находящимися под постоянным напряжением металлами, генерируют градиенты напряженности электрического поля.

2. Точный контроль качества структуры диэлектрических материалов и изделий обеспечивает метод, базирующийся на оценке интенсивности электрических полей от находящихся под электрическим потенциалом контролируемых областей.

### Литература

- Сычик, В. А. Измерительные преобразователи излучений на основе полупроводниковых приборных структур / В. А. Сычик. – Мн. : Выш. Школа, 1991. – 179 с.
- Способ измерения напряженности электрического поля : пат. RU Д010249 / В. А. Сычик, В. А. Воробьев, А. В. Бреднев.