

Таблица – Экспериментальные и вычисленные значения сил осцилляторов абсорбционных переходов иона Pr³⁺ в фосфатном стекле.

Поглощение с уровня ${}^3H_4 \rightarrow$	Энергии переходов, 10^4 см^{-1}	$f_{JJ'}^{\text{exp}}$ [4]	$f_{JJ'}^{\text{calc}}$ по формуле	
			D-O (1),(3)	(1),(4)
3F_2	0,512	3,930	3,389	2,584
3F_3	0,650	8,030	10,637	7,400
3F_4	0,688	3,050	6,489	5,174
1G_4	0,983	0,540	0,367	0,375
1D_2	1,691	2,930	1,980	3,181
3P_0	2,082	3,320	3,927	3,409
${}^3P_1+{}^1I_6$	2,136	6,480	6,064	6,889
3P_2	2,249	13,630	6,258	13,024
$\Omega_2 \times 10^{20}, \text{см}^2$			0,110	7,644
$\Omega_4 \times 10^{20}, \text{см}^2$			5,976	4,544
$\Omega_6 \times 10^{20}, \text{см}^2$			9,863	18,243
$\alpha \times 10^4, \text{см}$				0,252
			3,529	1,213

Таким образом, возбужденные конфигурации оказывают сильное влияние на силы осцилляторов f-f переходов иона Pr³⁺ в фосфатном стекле и только при учете конфигурационного взаимодействия можно получить удовлетворительное описание экспериментальных результатов.

Список использованных источников

1. Judd, B.R. Optical absorption intensities of rare-earth ions / B.R. Judd // Phys. Rev. – 1962. – Vol. 127, № 3. – P. 750-761.
2. Ofelt, G.S. Intensities of crystal spectra of rare-earth ions / G.S. Ofelt // J. Chem. Phys. – 1962. – Vol.37, №3. – P. 511-520.
3. Kornienko, A.A. Dependence of the line strength of f-f transitions on the manifold energy. II. Analysis of Pr³⁺ in KPrP₄O₁₂ / A.A. Kornienko, A. A. Kaminskii, E.B. Dunina // Phys. Stat. Sol.(b). – 1990. – Vol. 157, № 1. – P. 267-273.
4. Mitra, S. Intense orange emission in Pr³⁺ doped lead phosphate glass / S. Mitra, S. Jana // J. of Phys. And Chem. Of Solids – 2015. – Vol. 85. – P. 245-253.

УДК 621.3.084.2

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЕМКОСТНОГО МЕТОДА И ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

**Германенко А., студ., Бурлаченко Д., студ., Гончаров Д., студ.,
Джежора А.А., д.т.н., доц., Завацкий Ю.А., ст. преп.**

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Для неразрушающего контроля целого ряда полимерных материалов широко используются ЭП. Исходной информацией при решении задач неразрушающего контроля состава и структуры, диагностики прочностных и деформационных свойств, служит комплекс электрических характеристик. В случаях, когда к объектам контроля возможен только односторонний доступ, используют МНИК. Общие принципы проектирования многоканальных FEF sensors хорошо развиты. В данной работе рассмотрены принципы проектирования МЭНИК и ЗСНИК. Дан анализ характеристик, таких как глубина зоны

контроля, рабочая емкость, чувствительность к анизотропии диэлектрических свойств.

Сжигание угольной пыли, щепы, пеллет в печах сгорания [1], хранение урожая, удобрений [2], обработка порошков в фармацевтической промышленности [3], переработка и хранение зерна, кукурузы, сухого молока, кофе, сахара и т. д. – это примеры, того что определение содержания влаги в сыпучих материалах необходимо. Во всех этих примерах, накопление влаги может приводить к коррозии и разложению материалов, их старению, уменьшению сроков хранения пищевых продуктов, снижению теплотворной способности топлива. Определение содержания влаги необходимо также для точного расчёта, так как количество воды в продукте может существенно повлиять на ее номинальный вес и цену. Емкостное зондирование успешно применяют в различных областях промышленности, сельском хозяйстве, транспорте, автомобильной техники. Благодаря высокой относительная

диэлектрическая проницаемость воды ($\epsilon_{\text{воды}}$ около 80), емкостные методы, как правило, хорошо подходят для измерения влажности материалов. Обычно сухой материал имеет невысокую относительную диэлектрическую проницаемость ϵ 2÷5, но в то же время он может содержать в себе более 50 % воды относительно общей массы, вызывая значительные изменения в диэлектрической проницаемости.

Согласно формуле Лихтенекера–Ротера, диэлектрическая проницаемость среды, состоящей из двух компонентов, зависит от их объемного соотношения и описывается формулой: $\lg \epsilon_3 = y_1 \cdot \lg \epsilon_1 + y_2 \cdot \lg \epsilon_2$, где y_1 и y_2 – объемные доли первого и второго компонентов соответственно. Изменение диэлектрической проницаемости материала и, следовательно, изменение содержания влаги может быть измерено как изменение емкости, когда исследуемый материал находится в между двумя электродами.

Эффективность неразрушающего контроля влажности древесины, тканей, волокон, бумаги в первую очередь, зависит от точности определения анизотропии их физико-механических свойств, которая характеризуется компонентами тензора диэлектрической проницаемости. Компоненты тензора диэлектрической проницаемости несут сведения о плотности, составе, структуре, влажности, т.е. входят в комплекс исходной информации для диагностики качества слабо анизотропных материалов.

Методика контроля анизотропии диэлектрических свойств полимеров основана на формировании в объектах контроля плоскопараллельных полей с помощью двух типов преобразователей – плоского конденсатора Maxwell, он связан с разрушением объекта контроля, и накладного измерительного конденсатора (НИК), не требующего разрушения [4]. Однако применение НИК не всегда эффективно в силу того, что поля на торцах ленточных электродов накладных конденсаторов отличаются от плоскопараллельных [5] и в свою очередь приводят к методическим погрешностям измерения анизотропии диэлектрических свойств. Ошибка может достигать 10% и более. Причем в отличие от контроля изотропных сред, краевой эффект на торцах электродов невозможно учесть. Кроме того, размеры электродов преобразователей должны быть выбраны таким образом, чтобы проникновение электрического поля преобразователя было меньше минимальной толщины материала и, следовательно, изменение толщины не сказывалось на результатах измерений. Большая часть тонких полимерных материалов (искусственные и синтетические кожи, пленки, покрытия, ткани, картон, стеклопластики и т.д.) имеют неквазигомогенную структуру. Неоднородности структуры могут быть сравнимы с толщиной материалов. В силу этого, выполнение узких ленточных электродов приводит к соразмерности неоднородностей и размеров преобразователя, а, следовательно, и к методическим погрешностям измерения. Отсутствие эффективных средств и методик неразрушающего контроля анизотропии полимерных материалов обуславливает низкую результативность диагностики прочностных, деформационных свойств полимеров, влагометрии материалов, обладающих анизотропией структуры [6].

Математические модели датчиков были построены посредством метода интегральных уравнений [7] в представлении потенциальных электродов в виде зеркально-симметричных эквипотенциальных поверхностей, разнесенных на расстояние равное толщине электродов. Модели ЗСНИК и ЭНИК несут универсальный характер и в частном случае удаления экрана переходит в модель НИК. Задача расчета электрических полей электроемкостных датчиков, заполненных анизотропным материалом, решалась с помощью метода изотропизирующего преобразования координат [5].

В случаях, когда оси координат совпадают с осями анизотропии материала, коэффициенты отражений и пропускания заменялись на аналогичные коэффициенты для изотропной среды с учетом, того, что диэлектрическая проницаемость материала

$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_x \varepsilon_z}$. Претерпевали изменения и межэлектродные расстояния h , и толщина электродов d , для анизотропной среды:

$$h_1 = h \sqrt{\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z}}, \quad d_1 = d \sqrt{\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z}}.$$

В дальнейшем численные расчеты аналогичны расчетам, выполненным в работе [7].

Значения отдельных констант ε_x , ε_y и ε_z для большинства анизотропных материалов различаются незначительно. Поэтому погрешности, обусловленные неплотным прижатием электродов к контролируемой поверхности, погрешности за счет краевого эффекта на торцах электродов, где поле не является плоскопараллельным, могут привести не только к количественным, но и к качественным изменениям в представлении об анизотропии контролируемого материала. Решение этой задачи связано с конструированием датчиков, обеспечивающих создание полей преимущественно вдоль осей анизотропии материала в плоскости ZOX и в плоскости ZOY [4]. В случае разности высокая чувствительность измерительного устройства может быть достигнута в результате применения дифференциального способа измерения. Выбор дифференциального способа измерения, связан с тем, что на торцах датчиков поле ориентировано во всех направлениях и емкость, вносимая торцами, является интегральной характеристикой анизотропного материала. Устранить это вклад возможно только за счет применения разностного сигнала. Отношение сигналов не позволяет устранить эту погрешности.

В случае определения значений констант тензора диэлектрической проницаемости для устранения погрешностей за счет краевого эффекта, необходимо использовать два ЭП с различной длиной, но с одинаковой конфигурацией ленточных электродов на торцах. Разность емкостей преобразователей, измеренных для различных длин электродов L_1 и L_2 , отражает погонную емкость на длину электродов без учета краевых эффектов на торцах.

В отличие от НИК для датчиков ЗСНИК и ЭНИК наблюдается четкий максимум у кривых зависимости относительной разности емкостей $(C_x - C_y)/C_0$ от относительного зазора dr/h . Причем с уменьшением толщин подложек преобразователей чувствительность датчиков к анизотропии возрастает. Это вызвано тем, что экраны в основаниях подложек аккумулируют на себя все большую часть потока напряженности электрического поля. Падение чувствительности к анизотропии для малых зазоров dr вызвано уменьшением доли горизонтальной составляющей напряженности поля. Поля в большей степени замыкается на экраны, выпучивая силовые линии, что и уменьшает чувствительность ЭП к анизотропии.

Для ЭП, выполненных на сравнительно тонких подложках $b \approx dr$, чувствительность к анизотропии выше, чем для ЭП на толстых подложках. Однако, малые значения емкостей ЭП сводят на нет это преимущество.

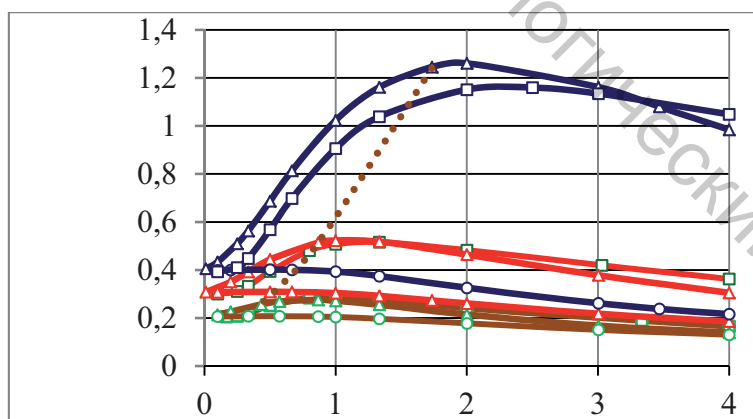


Рисунок 1 – Расчетная картина зависимости относительной разности емкостей, от относительного зазора dr/h

На рисунке 1 видны те изменения, в межэлектродных емкостях ЗСНИК и ЭНИК, которые наблюдаются по мере уменьшения межэлектродного зазора dr .

По мере эксплуатации ЭП электроды истираются. Уменьшение толщины электродов приводит к падению чувствительности к анизотропии диэлектрических свойств материала. Падение относительной разности емкостей, создающих поля вдоль осей анизотропии, составляет 0,5 % при уменьшении толщины электродов от 5 μm до 35 μm . При увеличении размера $h \rightarrow \infty$ относительные разности $(C_x - C_y)/C_0$ стремятся к значениям относительных

разностей емкостей многосекционных накладных измерительных конденсаторов. Они не зависят от размера h (толщины контролируемого материала). Таким образом, наиболее оптимальной толщиной подложки b электроемкостных преобразователей следует считать размер соизмеримый с толщиной контролируемого материала h .

Список использованных источников

1. Fuchs A. Et al. Using Capacitive Sensing to Determine the Moisture Content of Wood Pellets—investigations and Application //International journal on smart sensing and intelligent systems. – 2009. – Т. 2. – №. 4. – С. 293-308.
2. Li X. Instrumentation and inverse problem solving for impedance imaging : дис. – University of Washington, 2006.
3. Шаруев Н. К., Шаруев В. Н. Совершенствование электроемкостных методов контроля в технологических процессах агропромышленного комплекса //Журнал основан в январе 2001 г. Выходит один раз в месяц. – 2001.
4. Mamaishev A. V. Interdigital dielectrometry sensor design and parameter estimation algorithms for non-destructive material evaluation : дис. – PhD dissertation, MIT, USA, 1999.
5. Dzhezhora A.A. The Edge Effect on the Electrode Faces upon Testing of Orthotropic Media/ A.A. Dzhezhora A.M. Naumenko//Russian Journal of Nondestructive Testing, 2014, Vol.50, №3, pp. 50-56.
6. Нетушил, А.В. Электромагнитные поля в анизотропных средах / А.В. Нетушил // Изв. Вузов. Электромеханика. 1962. № 5. С. 475–489
7. D. Styra, S.V. Augutis, A. Dumcius, S. Jacenas Non-destructive Methods For Composite Materials Anisotropy Evaluation/ Styra D., Augutis S.V., Dumcius A., Jacenas S.// Department of Electronics and Measurement Systems.Kaunas University of Technology, Kaunas (Lithuania).
8. Джежора, А. А. Принципы проектирования накладных измерительных конденсаторов в присутствии заземленной плоскости /А.А. Джежора [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2011. – № 2(3). – С. 106-112.

УДК 371.66 : 004.3

ЭЛЕКТРОННЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ И ПРОГРАММНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Шарстнев В.Л., доц., Вардомацкая Е.Ю., ст. преп.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. На примере организации дистанционного обучения рассматриваются основные вопросы новых образовательных технологий в очном, заочном и дополнительном образовании. В качестве инструментария организации дистанционного обучения, контроля знаний и оценки их результативности используется система дистанционного обучения MOODLE и электронные учебно-методические пособия.

Ключевые слова: информационного общества, дистанционное обучение, электронные учебно-методические обучающие пособия, автоматизация, MS Excel, СКМ Maple.

Среди приоритетных направлений стратегии развития информационного общества в Республике Беларусь выделено электронное дистанционное обучение. Организация такой формы обучения подразумевает создание национальной системы электронных образовательных ресурсов по основным отраслям знаний и совершенствование инфраструктуры доступа к этим и мировым образовательным ресурсам. Стратегическая цель ее создания – обеспечение для учащихся и специалистов различных учебных заведений независимо от места их расположения равных возможностей получения знаний на уровне современных требований государственных, европейских и международных стандартов.

Учебно-методическая и воспитательная работа всего коллектива преподавателей и сотрудников экономического факультета Витебского государственного технологического университета направлена, как на привлечение в университет талантливой и заинтересованной в получении прочных профессиональных знаний молодежи, так и на