

ДИАГНОСТИКА ДЕФЕКТНОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИГНАЛОВ

© 2012 г. Т.В. ОВСЯННИКОВА, Д.С. КРАВЧЕНКО, Л.В. ЯВОРОВИЧ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
e-mail: Lusi@tpu.ru

В Национальном исследовательском Томском политехническом университете (ТПУ) ведется разработка метода контроля дефектности твердотельных диэлектрических материалов по параметрам электромагнитных сигналов (ЭМС), возникающих при акустическом воздействии на объект исследования. Начало этим исследованиям положил в семидесятых годах прошлого века профессор А.А. Воробьев [1]. В основе разрабатываемого метода лежат фундаментальные исследования механоэлектрических преобразований в диэлектрических материалах, в том числе в горных породах [1-4]. Одним из механизмов генерации электромагнитных сигналов является колебание двойных электрических слоев и, как следствие, изменение их дипольных моментов. Причиной колебаний могут служить акустические импульсы, возникающие при прорастании трещин в процессе образования и развития деструктивных зон в материале, или акустические сигналы разной периодичности, привносимые в образец с помощью специальных акустических излучателей [2,3]. Кроме того, в работе [5] установлено, что при возрастании напряженности электрического поля, в котором находится образец, амплитуда электромагнитных сигналов (ЭМС) при идентичном акустическом воздействии увеличивается линейно. Это свойственно не только пьезоэлектрикам, но и другим гетерогенным образцам, имеющим контакты различных материалов и минералов.

Проведенные экспериментальные исследования и полученные закономерности могут быть успешно использованы при разработке метода неразрушающего контроля для обнаружения дефектов типа трещин или включений инородного вещества в диэлектрических материалах. Известны различные методы неразрушающего контроля дефектности диэлектриков. Один из них, например, заключается в том, что контролируемое изделие подвергают механическому воздействию и регистрируют генерируемые материалом ЭМС, при этом на поверхность контролируемого изделия предварительно наносят антистатик. Воздействие осуществляют посредством вибрационной машины или ударной периодической нагрузки, а наличие и характеристики дефектов определяют по амплитуде и частоте импульсов электромагнитного поля. Но этот метод не дает возможности контролировать твердотельные дефекты с разной проводимостью и близким акустическим импедансом материала и дефектов. В связи с этим, в настоящей работе приведены исследования закономерностей параметров ЭМС при акустическом воздействии на образцы гетерогенных материалов при приложении к ним электрического поля с целью разработки метода диагностики дефектности образцов.

В качестве объектов исследований были отобраны образцы горной породы, представленные кальцитом с пространственным внутренним дефектом. К образцам прикладывали электрическое поле и проводили возбуждение детерминированным акустическим импульсом. Пространственный внутренний дефект хорошо просматривалась на микроскопе. Эксперименты выполнялись на установке, блок-схема которой приведена на Рис. 1.

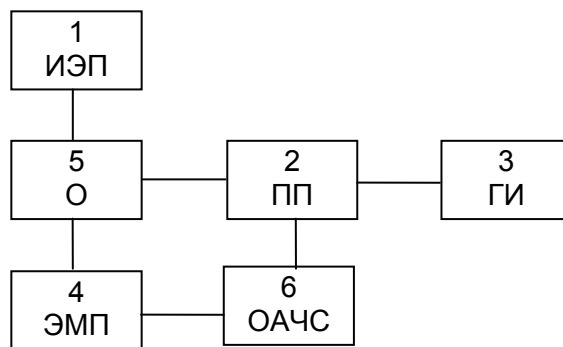


Рис. 1. Блок-схема установки для измерения ЭМС при детерминированном акустическом возбуждении образцов в постоянном электрическом поле.

Источник постоянного электрического тока 1 обеспечивал заданную величину напряженности постоянного электрического поля (ПЭП) между обкладками конденсатора. Одна из обкладок конденсатора представляла собой неподвижную плоскость равную по площади грани исследуемого образца, а вторая подвижная обкладка имеет площадь существенно меньше этой грани. Акустическое возбуждение образцов (5) проводили с помощью пьезоэлектрического преобразователя (2) соединенного с генератором импульсов (3), обеспечивающего возможность дискретного изменения напряжения по величине 200, 400, 600 и 800 В и длительности - 1, 5, 10 и 50 мкс. При необходимости измерения энергии акустического возбуждения исследуемого образца позиции (2) и (3) заменяли пневматическим устройством, разгоняющим шарик с известной массой до определенной скорости. Времена разгона и отскока шарика регистрировали двумя оптопарами с точностью 10^{-5} с. Для измерения аналоговых ЭМС использовали дифференциальный емкостной приемник (ДЕП) с усилителем тока (4), служащим для согласования сопротивления емкостного приемника и входного сопротивления запоминающего осциллографа Tektronix TDS2024 (6). Коэффициент усиления ДЕП по напряжению равнялся 100. Датчик ДЕП устанавливали на расстоянии несколько миллиметров от боковой грани образца, а акустический пьезоэлектрический излучатель плотно прижимался, с использованием минерального масла, к перпендикулярному ДЕП торцу образца.

В процессе исследований меньший электрод перемещали с интервалом 2-3 мм вдоль боковой грани образца, так чтобы подвижный электрод пересекал пространственный внутренний дефект. На каждом из фиксированных положений проводили акустическое возбуждение и регистрировали ЭМС. Анализ измеренной амплитуды ЭМС, при детерминированном акустическом возбуждении, показал ее уменьшение на порядок в месте расположения залеченной трещины при величине ПЭП такой же, как и на бездефектном участке образца. Как показали дальнейшие исследования это обусловлено существенным возрастанием проводимости в районе дефекта, хотя дефект был залечен кальцитом, материалом таким же, как и основное вещество образца. Такое изменение, вероятно, обусловлено повышенной проводимостью контакта между основным материалом и материалом, пространственного внутреннего дефекта. Несмотря на то, что оба материала являются кальцитом с одним и тем же акустическим импедансом, возрастание проводимости на границах дефекта при акустическом возбуждении позволили выявить его бесконтактно по изменению амплитуды ЭМС.

Таким образом, в процессе исследований было показано, что параметры механоэлектрических преобразований могут быть использованы для неразрушающего контроля дефектности диэлектрических материалов, залеченных веществом, имеющих одинаковый акустический импеданс с основным материалом образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев А.А., Заводовская Е.К., Сальников В.Н. Изменение электропроводности и радиоизлучение горных пород и минералов при физико-химических процессах в них // Доклады АН СССР. -1975. -т. 220. - № 1. - с.82-85.
2. Беспалько А.А., Яворович Л.В., Гольд Р.М., Дацко Д.И. Возбуждение электромагнитного излучения в слоистых горных породах при акустическом воздействии // ФТПРПИ. - 2003. - № 2. - с. 8-14.
3. Беспалько А.А., Яворович Л.В., Федотов П.И. Связь параметров электромагнитных сигналов с электрическими характеристиками горных пород при акустическом и квазистатическом воздействиях // Известия Томского политехнического университета, -2005. - т. 308. - № 7. - с. 18-23.
4. Беспалько А.А., Яворович Л.В., Колесникова С.И., Букреев В.Г., Мертвецов А.Н., Федотов П.И. Исследование изменений характеристик электромагнитных сигналов при одноосном сжатии образцов горных пород Таштагольского рудника // Известия вузов. Физика. - 2011. - № 1/2. - с.78-85.
5. Беспалько А.А., Яворович Л.В., Федотов П.И. Механоэлектрические преобразования в кварце и кварцсодержащих горных породах в процессе акустического возбуждения//ФТПРПИ, - 2007. - № 5. – с.22-27.