

УДК 546.21;538.935

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ НАНОГЛИН Na^+ -МОНТМОРИЛЛОНИТА

ИМАНОВА С.Р.

*Гянджинский Государственный Университет**E-mail: sevinc_imanova81@mail.ru*

Изучены электрофизиологические свойства образцов функционализированного моногорилинтового наноглила Na^+ . Показано, что частотная зависимость параметров диэлектрика является дисперсионной.

Ключевые слова: композит, полимер, бентонит, электропроводность, импульсные токи.

Введение: Вопрос о распределении тока по сечению проводника возникает в ряде задач, связанных с импульсными токами, получением сильных магнитных полей растеканием тока по заземлителю, экранированием от электромагнитных полей [1]. При этом обычно решается задача о нахождении профиля плотности тока, полного сопротивления проводника сложного профиля, в т.ч. многослойного проводника и т.п. В работах [2-3], предложен способ подавления перенапряжений, основанный на создании резистора, сопротивление которого значительно увеличивается при частотах, характерных для перенапряжений. Резистор должен включаться последовательно защищаемым объектом. При этом на низкой частоте он не будет препятствовать прохождению тока, а на высокой частоте будет служить поглощающим фильтром.

Экспериментальная методика и обсуждение результатов

В работе использован бентонит Даш-Салахлинского месторождения (Азербайджан). Модифицирование бентонитной глины был проведен следующим образом:

Бентонитовая глина в определенном количестве (500mg) был модифицирован при оборотах, №1 3000 и № 2 6000 об/мин в течение 30 минут. Модифицирование бентонита был произведен в планетарной мельнице типа FRITSCH. Из порошков модифицированных и немодифицированных бентонита были спрессованы диски размерами: длина 4 мм, диаметр 7 мм. На всех образцах были исследованы вольтамперная характеристика (ВАХ), зависимости диэлектрических параметров и активного сопротивления от частоты. Исследования проведены при $T=300K$. Диэлектрические параметры измерены с помощью цифрового иммитанса E7-20 в диапазоне частот ($25-10^6$) Гц, а величина активного сопротивления в интервале частот ($200-5 \cdot 10^6$) Гц. Результаты исследований приведены на рис1-6.

По известным величинам электрического тока и приложенного напряжения были рассчитаны электропроводность образцов по формуле

$$\sigma = \frac{I l}{U S} \quad (1)$$

где I - сила тока (А), l -длина образца в метрах, S -поперечное сечение образца (m^2), U - напряжение (В).

Активное сопротивление образцов были определены с помощью формулы

$$R_{ak} = \frac{1 l}{\sigma S} \quad (2)$$

где σ - электропроводность ($\text{Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$).

Отметим, что площадь поперечного сечения S образца и ток через него связаны между собою с формулой

$$I = envS \quad (3)$$

где e - заряд электрона (Кл), n - концентрация носителей тока (м^{-3}), v - скорость носителей тока (м/с).

Из рис.1. видно, что зависимость электрического тока от величины постоянного напряжения имеет нелинейный характер. Из-за идентичности характера зависимостей на рисунке 1 приведено ВАХ для образца №2. Согласно многочисленным работам [4-6] причиной нелинейности ВАХ является наличие потенциальных барьеров в исследованных образцах. Зависимости диэлектрической проницаемости от величины частоты переменного тока в исследованных образцах носит дисперсный характер (рис.2). Как видно из рис.3 зависимость электрического тока от частоты имеет сложный характер, а именно, с ростом частоты величина переменного напряжения растет, достигает максимума при частоте порядка 200 кГц (рис.3. область 1), а затем с ростом частоты уменьшается (рис.3. область 2). Отметим, что аналогичная зависимость ВАХ присуща и для других образцов. В исследованных образцах зависимости активного сопротивления от частоты переменного напряжения также носит сложный характер (рис.4). Для наглядности на зависимости $R=f(F)$ (рис.4) можно выделить три характерных областей 1-3. Как видно из рисунка 4 независимо от степени модификации на всех образцах в области 1 с ростом частоты переменного напряжения величина активного сопротивления $R_{ак}$ резко уменьшается почти на порядок и достигает минимального значения при диапазоне частоте (150-160) кГц, где наблюдается монотонное изменение активного сопротивления. В области 3 с ростом частоты на всех образцах наблюдается резкий рост величины активного сопротивления.

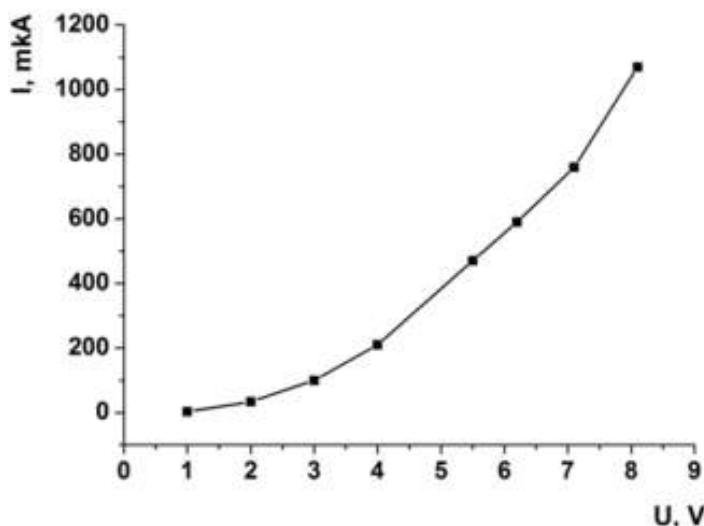


Рис.1. Зависимость силы тока от величины постоянного напряжения постоянного поля для модифицированного бентонита при 3000 об/мин.

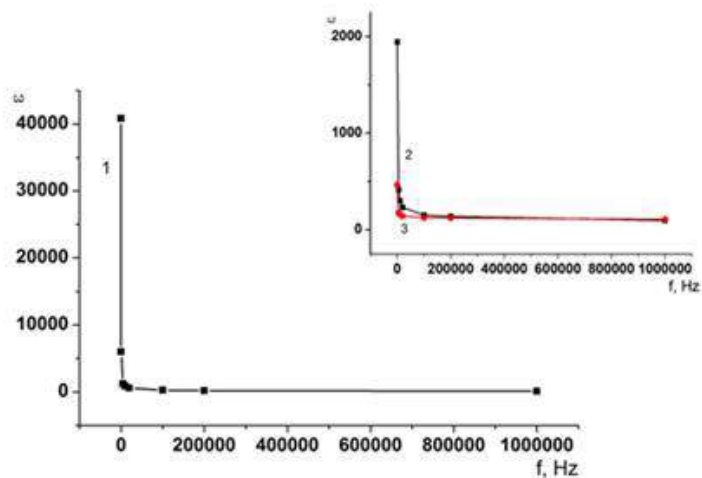


Рис. 2. Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты поля немодифицированного и модифицированного бентонитов.

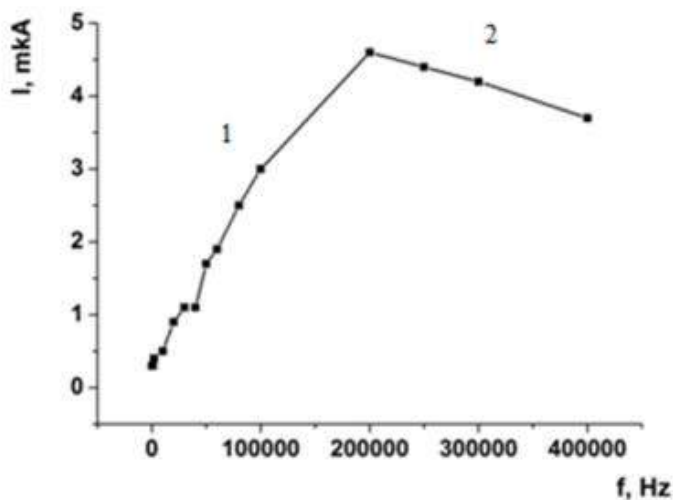


Рис. 3. Зависимость силы тока от частоты переменного поля для модифицированного бентонита при 3000 об/мин ($U=1.14$ V).

Как известно, изменение магнитного потока вызывает появление э. д. с. индукции[8]

$$e_L = -L \frac{di}{dt} \quad (4)$$

Если ток изменяется по синусоидальному закону, то индуцируемая э. д. с. пропорциональна частоте:

$$I = I_m \sin \omega t \quad (5)$$

$$e_L = -\omega L I_m \cos \omega t \quad (6)$$

где ω - круговая частота (Гц), L - индуктивность (Гн/м).

Известно, что э. д. с. самоиндукции имеет направление, противоположное тока в проводе и тормозит его изменение в соответствии с законом Ленца.

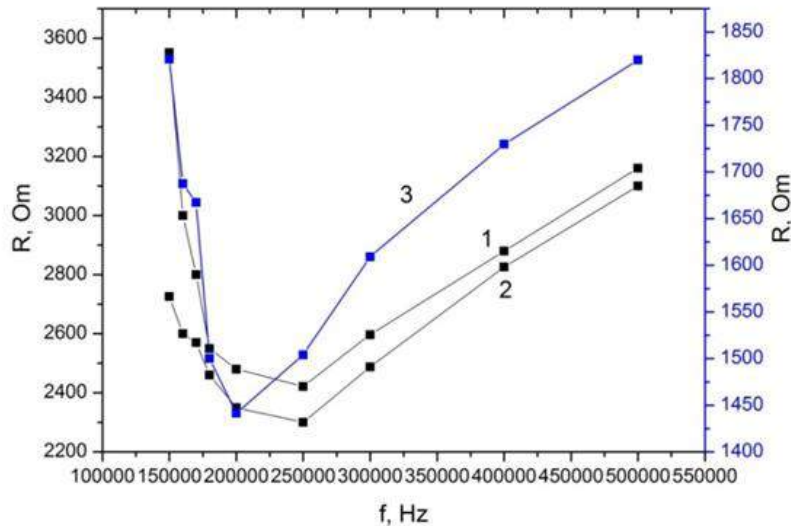


Рис.4. Зависимость сопротивления от частоты переменного поля:
 1- немодифицированный бентонит),
 2- модифицированный бентонит при 3000 об/мин,
 3- модифицированный бентонит при 6000 об/мин ($U=1.14V$).

На основе, вышеизложенных наблюдаемые экспериментальные результаты могут быть объяснены следующим образом. Согласно формуле 5, наблюдаемый рост электрического тока через образец (рис.3 об.1) связан с ростом частоты переменного напряжения. В свою очередь, это приводит к росту электропроводности (формула 1), а также к уменьшению активного сопротивления образца, что подтверждаются экспериментальными результатами (рис.4, область 1). Рост активного сопротивления объясняется с тем, при очень высоких частотах противодействие э.д.с. самоиндукции внутри проводника становится настолько сильным, что все носители тока двигаются в узком слое поверхности (рис.5, б) (это явление называется поверхностным эффектом (скин-эффектом [10-12]. Из формулы 2 видно, что активное сопротивление проводника зависит от его сечения, в то же время полезным сечением при токе высокой частоты оказывается только тонкий наружный слой проводника. Другими словами уменьшается эффективное сечение образца, а также согласно уравнению (3) величина тока через образец. Вследствие этого растет активное сопротивление образца с ростом частоты переменного ток (рис.4 область 3).

Практическое применение полученных экспериментальных результатов:

1. Резкое уменьшение активного сопротивления в диапазоне частот (150-160) кГц. можно использовать как электронный частотный ключ.

1. Рост активного сопротивления в области частот ($f > 160$ кГц) можно использовать как ограничитель перенапряжений. При этом резистор должен включаться последовательно с защищаемым объектом. В таком случае на низкой частоте он не будет препятствовать прохождению тока, а на высокой частоте будет служить погашающим фильтром.

ВЫВОДЫ:

Установлено влияние частоты переменного напряжения на величину активного сопротивления для исследуемых образцов, а именно, с ростом частоты переменного напряжения величина активного сопротивления уменьшается, доходит до минимума, а затем, с ростом частоты резко увеличивается. Показано, что причиной роста активного сопротивления в области высоких частот является скин-эффект. Полученных экспериментальных результатов можно применять как электронный частотный ключ в области резком уменьшении активного сопротивления, так и как ограничитель перенапряжений при росте активного сопротивления.

1. Берёзкина С. В., Кузнецова И. А., Юшканов А. А. К вопросу о магнитном дипольном поглощении электромагнитного излучения мелкой проводящей частицей. // ЖТФ, 2004, т. 74, вып. 12, с. 67-71.
2. Коробейников С.М., Сарин Л.И., Челазнов А.А. Уменьшение энергии, поглощаемой ОПН при воздействии грозового импульса. /Тез. Всеросс. Сем. "Проблемы выбора и эксплуатации ОПН в электрических сетях 6-35 кВ", 2001, с. 58-66.
3. Aveek Bid, Achyut Bora, A. K. Raychaudhuri. Temperature dependence of the resistance of metallic nanowires of diameter > 15 nm: Applicability of Bloch-Griineisen theorem.// The American Physical Society, Phys. Rev. B 74 2006.
4. Валеев Х.С., Квасков В.Б. Нелинейные металлооксидные полупроводники. М.: Энергоиздат, 1983. 160 с.
5. Гасанли Ш. М., Харирчи Ф., Самедова У. Ф., Электрофизические свойства варисторов на основе оксида цинка с примесями оксидов металлов//Электронная обработка материалов, 2016, 52(1), 127–131.
6. Гасанли Ш.М., Азизова Ш.М., Халилов Дж.Х., Харирчи Ф. Спектроскопия диэлектрических параметров варисторов на основе ZnO./ Surf Eng Appl. Electrochem. 2012, 48(1), 48–51.
7. Sevinj R. İmanova, Shamistan M. Hasanli, Ulkar F. Samadova, Rasim K. Guseynov, Ulviyye M. Safarzade Influence of Annealing Temperature on Electrical Properties of Unmodified Bentonite // European Journal of Engineering Research and Science . 2018 Vol. 3, No. 6, pp. 28-31.
8. Калашиников С.Г. Электричество. М.: Физматлит, 2003. - 624с.
9. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. — 9-е изд. — М.: Высшая школа, 1996.
10. Берёзкина С. В., Кузнецова И. А., Юшканов А. А. Кинетический расчёт плотности вихревого тока в малой проводящей частице. // ФТТ, 2007, т. 49, вып. 1, с 6-10.
11. Кузнецова И. А., Чапкин А. В., Юшканов А. А. Влияние механизма поверхностного рассеяния электронов на высокочастотную проводимость тонкой металлической проволоки. // Микроэлектроника. 2011. Т. 40, № 1, С. 45-51.
12. Синявский Э. П., Хамидуллин Р. А. Электропроводность квантовых проволок в однородном магнитном поле. // Физика и техника полупроводников, 2006, т. 40, вып. 11, с. 1368-1372.

MODİFİKASIYA EDİLMİŞ MONTMOROLLİNİT NANOGİLİ Na⁺ ƏSASLI NÜMUNƏLƏRİN ELEKTROFİZİKİ XASSƏLƏRİ

İMANOVA S.R.

İşdə modifikasiya edilmiş montmorollinit nanogili Na⁺ əsaslı nümunələrin elektrofiziki xassələri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, dielektrik parametrlərinin tezlikdən asılılığı dispers xarakter daşıyır.

Açar sözlər: kompozitlər, polimerlər, bentonitlər, elektroenerji, impuls cərəyanı.

ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF MODIFIED SAMPLES BASED ON NANOGLIN NA + MONTMORILLONITE

IMANOVA S.R.

In this work, the features of the frequency dependence of resistance in modified samples based on Na + montmorillonitenanoclays are investigated. It is determined that the frequency of the alternating voltage affects the magnitude of the active resistance for the samples under study, namely, as the frequency of the alternating voltage increases, the value of the active resistance decreases, reaches a minimum, and then increases as the frequency increases. It is shown that the cause of the growth of active resistance in the high-frequency region is the skin effect.

Keywords: composites, polymers, bentonites, electropower, impulse current.