

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 53.09

ВОЛЬТ-СЕКУНДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО РАЗРЯДА В БИНАРНЫХ СМЕСЯХ ДТГИДРОФОСФАТОВ РУБИДИЯ И ЦЕЗИЯ

*Гаджиев Синдибад Магомедович**профессор, д.х.н.,**Дагестанский государственный университет;**Дагестан-ский государственный университет народного хозяйства,**г. Махачкала*DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2020.1.56.237](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2020.1.56.237)

Аннотация

Изучены временные характеристики высоковольтного разряда в бинарных смесях протонных твердых электролитов Rb,Cs/H₂PO₄ при 520 К. В процессе разряда минимум сопротивления образцов достигается через 15-20 мкс после начала разряда. Это время наибольшее у состава 0.5Rb,0.5Cs/H₂PO₄. Квазистационарный ток достигается через 10-15 мкс после максимума напряжения. Максимальная мощность, выделяющаяся в канале разряда, возрастает с ростом амплитуды импульсного напряжения и пропорциональна произведению мгновенных значений $U(t)I(t)$.

Annotation

The temporal characteristics of a high-voltage discharge in binary mixtures of proton solid electrolytes Rb, Cs / H₂PO₄ at 520 K were studied. During the discharge, the minimum resistance of the samples is reached 15–20 μ s after the start of the discharge. This time is the largest for the composition 0.5Rb, 0.5Cs / H₂PO₄. Quasi-stationary current is reached in 10-15 μ s after the maximum voltage. The maximum power released in the discharge channel increases with increasing amplitude of the pulse voltage and is proportional to the product of instantaneous values of $U(t)I(t)$.

Ключевые слова: протонный твердый электролит; фосфаты; бинарные смеси; высоковольтный импульсный разряд; вольтсекундные характеристики, мощность.

Keywords: proton solid electrolyte; phosphates; binary mixtures; high voltage pulse discharge; voltsecond characteristics, power.

Несомненную ценность для современной науки могут представлять исследования зависимости физико-химических свойств веществ, в частности твердых электролитов (суперионных проводников) и их расплавов, в экстремальных условиях (сильные импульсные электрические и магнитные поля, давление и т.д.). В той связи особенно интересными объектами являются протонные твердые электролиты (ПТЭ) (гидросульфаты и гидрофосфаты щелочных металлов) и их расплавы, которые обладают униполярной протонной проводимостью, имеют значительную низкую (до 400 К) температуру фазового перехода и широкий интервал температур высокопроводящей твердой фазы. Гидрофосфат калия (КДП) эффективно используется для генерации второй гармоники, гидрофосфаты рубидия и цезия используются в качестве электрооптических модуляторов.

В работе [1] исследована высоковольтная электропроводность бинарной системы твердого электролита Rb,Cs/H₂PO₄ различных составов от напряженности электрического поля (НЭП). Показано, что с ростом НЭП электропроводность электролитов возрастает и имеет тенденцию к

насыщению. Состояние с избыточной проводимостью (активация высоковольтными импульсными разрядами) сохраняется длительное время (порядка 10⁴ с). Остается выяснить, когда же происходит активация электролитов: в процессе высоковольтного разряда или после прохождения волны тока. Поэтому представляет интерес изучение вольт-секундных характеристик разряда, а, именно, изменение проводимости электролита во времени в процессе высоковольтного разряда. Осциллографирование процесса разряда осуществлялось с помощью цифрового импульсного запоминающего двухканального осциллографа АКТАКОМ АСК-3106 с выходом на ЭВМ. На рис.1 приведены характерные осциллограммы прямоугольного импульса (а) и тока и напряжения (б) в образце 0.5Rb,0.5Cs/H₂PO₄ при амплитуде импульсного напряжения 3,5 кВ. Крутизна фронта напряжения прямоугольного импульса составляла 5·10⁹ В/с. По осциллограммам тока и напряжения через каждые 2,0 мкс были измерены напряжение $U(t)$ и ток $I(t)$. По ним вычислялась проводимость электролита $\sigma(t)$ в процессе разряда, определяемое как $I(t)/U(t)$.

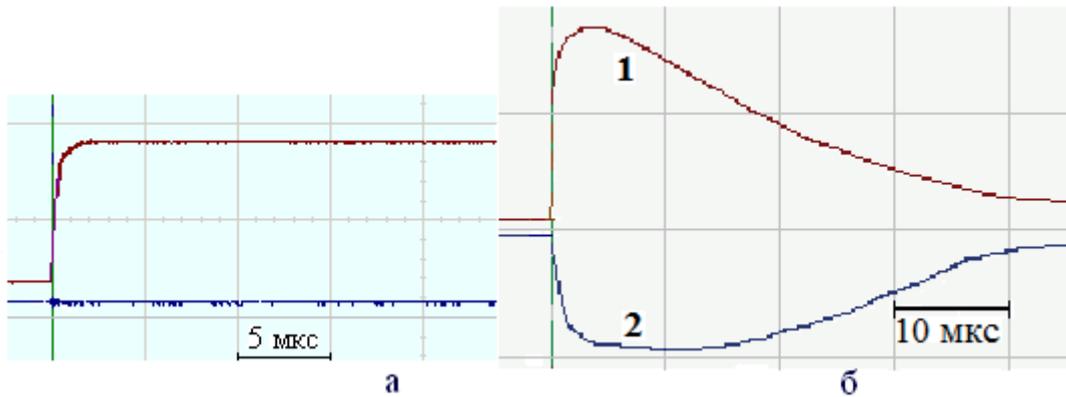


Рис.1. Характерные осциллограммы: а - прямоугольный импульс; б - напряжения (1) и тока (2).

Проводимость электролита со временем, измеренное по осциллограммам в процессе разряда, практически достигает наибольшего значения в момент достижения квазистационарного тока, когда $dl/dt = 0$. Время установления максимальной проводимости в канале, при прочих равных условиях, оказывается зависимым от амплитуды импульсного напряжения, приложенного к образцу. Чем больше амплитуда напряжения, тем меньше это время. На рис.2 показано изменение проводимости электролита во времени в процессе разряда на примере Rb,Cs/H₂PO₄ эквимолярного состава при 520 К. Исходная проводимость электролита составляла 1,54 мСм.

Рассчитанная по осциллограммам проводимость электролита оказывается максимальным через 15-20 мкс, а квазистационарный ток - через 10-12 мкс после начала высоковольтного разряда. Как видно, она с ростом амплитуды импульсного напряжения

увеличивается и достигает предельного максимального значения (насыщения), подобно эффекту Вина в растворах электролитов. При этом установившаяся максимальная проводимость при амплитуде импульсного напряжения 3,5 кВ в электролите эквимолярного состава в 3,1 раза больше исходной (рост проводимости составляет 210 %). В дальнейшем проводимость электролита в процессе разряда начинает уменьшаться и примерно через 30 – 35 мкс стабилизируется, не уменьшаясь до исходной проводимости. У эквимолярного состава активация составляет 150 %. Следовательно, можно утверждать, что активация электролита осуществляется именно в процессе импульсного разряда. Аналогичные результаты впервые были получены в бинарной системе гидросульфатов натрия и цезия [2]. Уровень активации тем выше, чем больше амплитуда импульсного напряжения. Такое активированное состояние сохраняется длительное время.

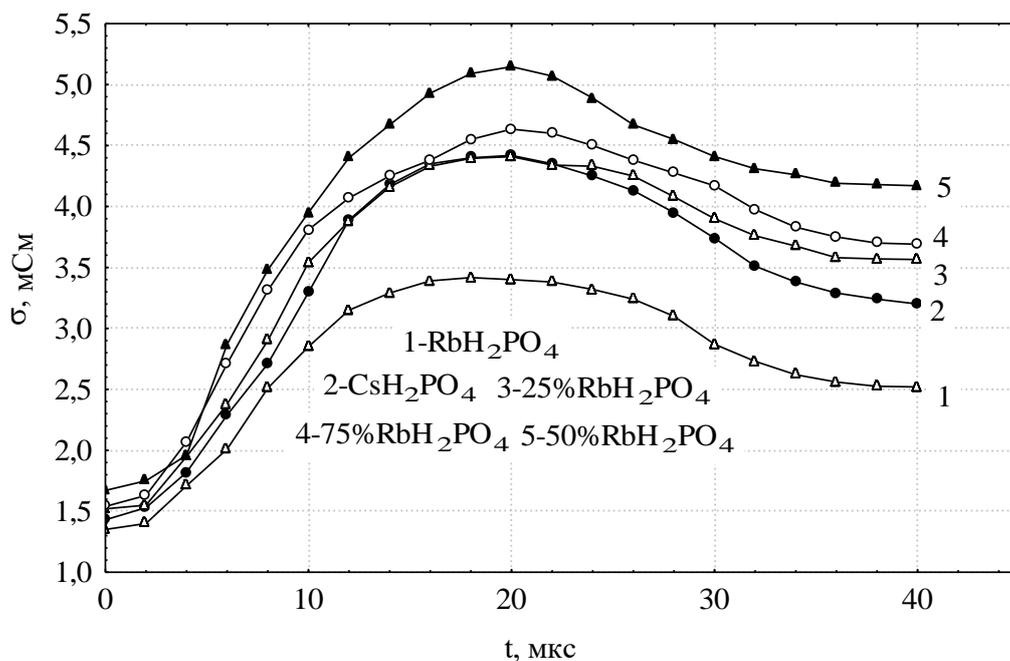


Рис.2. Изменение проводимости бинарной системы твердого электролита Rb,Cs/H₂PO₄ во времени в процессе высоковольтного разряда.

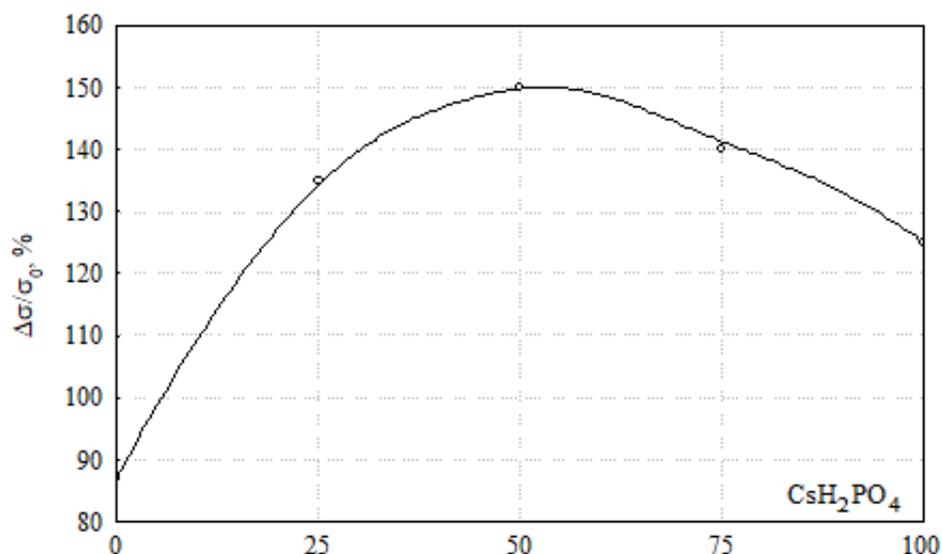


Рис.3. Зависимость уровня активации от состава

На ри.3 приведена зависимость активации бинарной системы Rb,Cs/H₂PO₄ от состава. Как видно, наибольшая активация обнаруживается у электролита эквимолярного состава (150 %). Наименьшей активации подвержены индивидуальные соли.

Общая мощность и энергия, выделившиеся в канале разряда, определялись по осциллограммам

U(t) и I(t), причем, P(t)=U(t).I(t), а энергия равна площади кривой P(t) как функция времени. На рис.4 приведена мощность, выделившаяся в канале разряда во времени в электролите эквимолярного состава при 520 К при различных амплитудах импульсного напряжения.

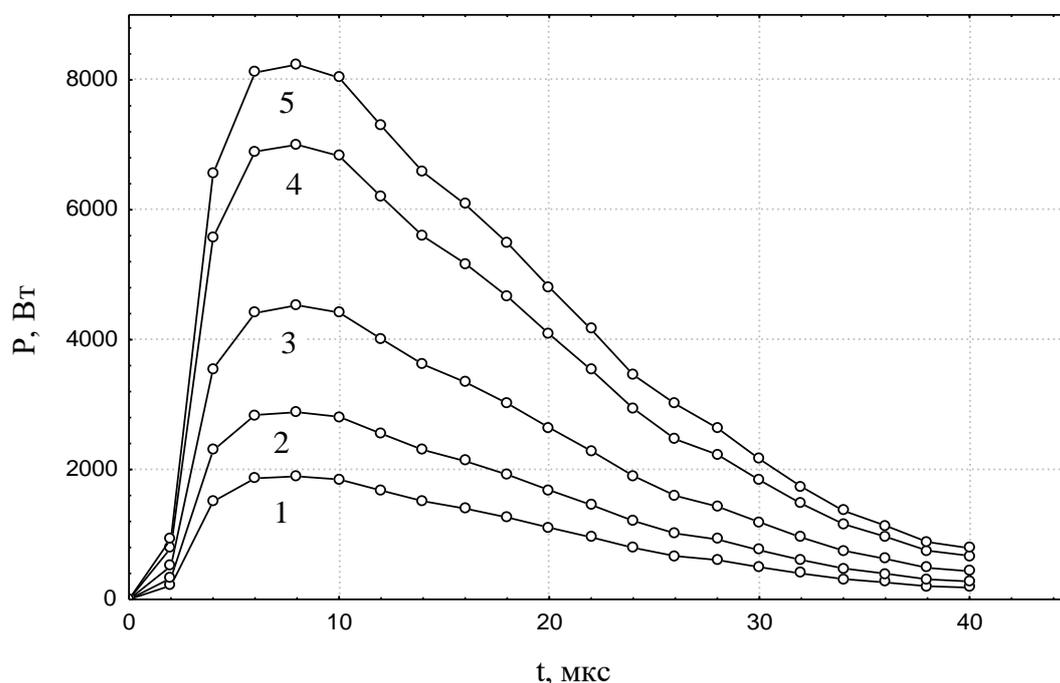


Рис.4. Мощность, выделившаяся в канале разряда бинарной системы Rb,Cs/H₂PO₄ эквимолярного состава при 520 К при различных амплитудах импульсного напряжения: 1 – 1,05; 2 – 1,4; 3 – 1,9; 4 – 2,8; 5 – 3,2 кВ.

Анализ осциллограмм показывает, что по мере увеличения амплитуды импульсного напряжения максимальная скорость изменения (нарастания) тока увеличивается и время установления максимума тока (время установления

квазистационарного тока) уменьшается, т.е. смещается к началу процесса. Это указывает на существование некоторого предельно достижимого значения тока в твердых электролитах. Время достижения максимальной мощности,

выделяющейся в канале разряда, незначительно смещается в сторону меньших времен с ростом амплитуды импульсного напряжения. Максимальная мощность достигается значительно раньше, чем максимальный ток. Это объясняется инерционностью ионов (по сравнению с электронами), участвующих в переносе заряда. В данном случае – протонов H^+ . Полная энергия, выделяющаяся в расплавах, оказывается пропорциональной начальной скорости нарастания тока. Рост крутизны нарастания тока, обусловленный увеличением амплитуды импульсного напряжения, при неизменных параметрах разрядной цепи приводит к

пропорциональному возрастанию максимальной скорости выделения энергии в канале разряда.

Литература

1. Гаджиев С.М. Высоковольтная электропроводность и релаксационные процессы в бинарных смесях дигидрофосфатов рубидия и цезия. Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). № 12 (69). 2019. С. 60-63.
2. Gadzhiev S.M., Shabanov O.M., Gadghiev A.S., Shalikhova A.M., Alieva S.S., G.S.Efendieva. High-Voltage Electrical Conductivity and Its Postactivation Relaxation in the Binary $NaHSO_4 - CsHSO_4$ System. Russian Metallurgy. Vol. 2015. No 2. pp 103-109.

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОПТИМИЗАЦИИ АНТИОТРАЖАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ КРЕМНИЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

С.С.Насриддинов¹, М.А.Муйдинова²

¹Доктор технических наук, старший научный сотрудник
Института физики полупроводников и микроэлектроники при
Национальном университете Узбекистана, г. Ташкент

²Преподаватель кафедры физики Андиганского государственного университета, г. Андиган

DIGITAL MODELLING OF OPTIMIZATION PROCESS OF ANTIREFLECTION COVERING FOR SILICON SOLAR CELLS

S.S.Nasritdinov¹, M.A.Mujdinova²

¹Доктор engineering science, senior researcher of Institute of semiconductors physics and microelectronics at National university of Uzbekistan, Tashkent

²Преподаватель chairs of physics of the Andizhan state university, Andijan

DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2020.1.56.236](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2020.1.56.236)

Аннотация

Обсуждены результаты исследования влияния одно и многослойных антиотражающих покрытий на оптические характеристики кремния. Результаты получены программной системой "PVlighthouse" с приложением "STGraphs", разработанным авторами на основе "C#9.0". Приведены спектральные кривые зависимости показателя поглощения света от толщины антиотражающего покрытия и базового кремния. Использование многослойных антиотражающих покрытий не позволяет сохранить уровень поглощения света при малых толщинах кремния. Целесообразно использовать текстурирование поверхности, способствующий более эффективному удлинению пути луча в толщине кремния.

Abstract

Results of research of influence of single and multilayered antireflection coverings on optical characteristics of silicon are discussed. Results received by program system "PVlighthouse" with the appendix "STGraphs", developed by authors on a basis "C#9.0". Spectral curve dependences of an indicator of absorption of light on a thickness of an antireflection covering and base silicon are resulted. Using of multilayered antireflection coverings aren't sufficient for keeping of absorption level of light at small thickness of silicon. It is expedient to use surfaces texturing which promote more effective lengthening of a beams way of in a thickness of silicon.

Ключевые слова: Кремний; солнечный элемент; антиотражающее покрытие; фронтальная поверхность; однослойное и многослойное покрытие.

Key words: Silicon; solar cell; antireflection cover; frontal surface; single and multi covers.

Известно, что оптические свойства базового материала для солнечных элементов имеют важное значение в определении эффективности полупроводниковых солнечных элементов (СЭ) [1]. Более 85 % используемых в практике СЭ изготовлены на основе поли-, мульти- и монокристаллического кремния [2]. Методы и технологии усовершенствования оптических свойств фронтальной поверхности кремниевых СЭ остается одним из актуальных объектов

исследования полупроводниковой фотовольтаики. Если, изначально использовали однослойные антиотражающие покрытия (АОП), в последствии предложили использовать многослойные АОП. Достигнуты существенные результаты по снижению отраженной части света от фронтальной поверхности СЭ. При этом представляет интерес задача об определении роли АОП в процессе поглощения света самим кремнием. Другими словами, если АОП может стимулировать более