

## СУПЕРКОНДЕНСАТОРЫ НА ОСНОВЕ НАНОКОМПОЗИТОВ

З.Д. Ковалюк, С.П. Юрценюк

Черновицкое отделение Института проблем материаловедения  
имени И.М. Францевича НАН Украины,  
ул. Ирины Вильде, 5, Черновцы, 58001, Украина

Граница раздела двух фаз электрод/электролит – это контакт двух сред, которые имеют принципиально разный характер проводимости (электронную и ионную), а также разное агрегатное состояние (твердое тело и жидкость). Благодаря этому такая граница раздела наделена целым рядом специфических свойств. Одним из таких свойств есть возникновение двойного электрического слоя (ДЭС), который формируется зарядами противоположных знаков в обеих контактирующих фазах.

Согласно общепринятой модели в границах ДЭС выделяют три области: область пространственного заряда в растворе электролита, переходную область, которая называется слоем Гельмгольца и область пространственного заряда в твердом теле.

Слой Гельмгольца или плотная часть ионной обкладки ДЭС имеет толщину, соизмеримую с размерами иона и создается в простейшем случае ионами, притянутыми к поверхности электрода. Со стороны раствора электролита к слою Гельмгольца прилегает область пространственного заряда. Этот слой имеет диффузную структуру и называется слоем Гюи-Чемпена. Однако, этот слой формируется только в случае растворов с малой концентрацией ( $< 0,1$  моль/л). Поэтому в случае растворов с высокими концентрациями ионов влиянием этого слоя можно пренебречь. Кроме этого, нами используются растворы электролитов с концентрациями  $>3\text{чб}$  моль/л.

Основные факторы, влияющие на параметры конденсаторов на ДЭС, следующие: прежде всего, это физико-химические свойства активного материала электродов, подбор электролита, сепаратора, коллектора тока. Кроме того, немаловажную роль играют конструктивные элементы электродов, корпусной базы, способов герметизации и др.

Одним из важных вопросов в процессе практической разработки конденсаторов на ДЭС является выбор активного материала электродов. Из основных требований, которым должен отвечать активный материал электродов можно выделить следующие:

- материал должен быть «идеально поляризуем» в области потенциалов, ограниченных величиной потенциала разложения растворителя;
- с целью достижения высоких значений удельной мощности конденсаторов на ДЭС, необходимо наличие у активного материала электрода высокой электропроводности по электронной составляющей.

Тип используемого раствора электролита во многом определяет характеристики конденсатора на ДЭС. От него в основном зависит внутренне сопротивление, а рабочее напряжение не может превышать потенциал разложения растворителя. Поэтому системы с водным раствором электролита обладают низким внутренним сопротивлением, но при этом рабочее напряжение не может превышать 1,2 В (потенциал разложения воды без учета перенапряжения). Потенциал разложения неводных (органические апротонные диполярные растворители) электролитов теоретически достигает  $\sim 6$  В.

Изготовленный конденсатор состоял из двух идентичных электродов, электролита, сепаратора и корпуса.

Электроды изготавливались на основе наноразмерных графитоподобных структур с добавлением 10% нанопорошков слоистого материала  $\text{Vi}_2\text{Te}_3$ , а электролитом служил 30%

водный раствор КОН. Такой раствор обладает наивысшими значениями проводимости в широком интервале температур.

Такие конденсаторы обладают высокой удельной емкостью  $\sim 100$  Ф/г, большой циклическостью  $\cong 10^5 - 10^6$  -циклов. Рабочее напряжение зависит от электролита и в нашем случае  $U_p = 1,0$  В.

Важным параметром конденсаторов на ДЭС является кулоновская эффективность, отношение величины разрядной емкости до величины зарядной емкости. Конденсатор на ДЭС считается эффективным, если его кулоновская эффективность близка к 1. Как показали исследования конденсаторов с 30% водным раствором КОН, кулоновская эффективность после первых 50 – 100 циклов стабилизируется на величине  $\sim 1$  и остается практически неизменной до  $10^6$  циклов (рисунок).

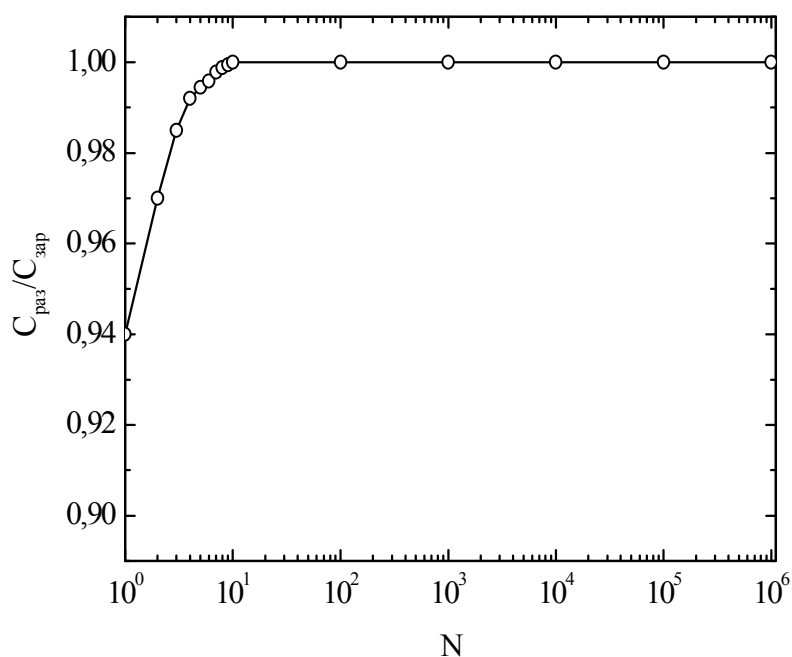


Рисунок. Кулоновская эффективность конденсатора

Такой набор параметров определяет области их применения. Это, в первую очередь, устройство резервного электропитания для защиты аппаратуры, работающей в непрерывном режиме от непредвиденного отключения основного источника питания, устройство формирования больших импульсных токов, стартерный пуск двигателей внутреннего сгорания и т.п.

Недостатком конденсаторов на ДЭС является низкое рабочее напряжение, поэтому для его необходимо создавать батареи с последовательным соединением единичных элементов.

1. Z.D.Kovalyuk, S.P.Yrtsenyuk, I.V.Mintyanskii, P.I. Savitskii. Activated carbon based supercapacitors. *Functional Materials* 9, No 3, 550 (2002).
2. R.Kötz, M.Carlen. Principles and applications of electrochemical capacitors. *Electrochimica Acta* 45, 2483-2498 (2000).