

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДВОЙНОСЛОЙНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

А.С. Петрухин

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

При создании двойнослойных конденсаторов (ДСК) к материалу электродов предъявляется целый ряд требований, основными из которых являются:

- «идеальная поляризуемость» в области потенциалов, ограниченных величиной потенциала разложения электролита;
- величина удельной поверхности $>1000 \text{ м}^2/\text{г}$;
- высокая электропроводность, позволяющая достигать высоких значений удельной мощности конденсаторов.

Исходя из этих требований, углерод является наиболее приемлемым и дешевым материалом электродов двойнослойных суперконденсаторов. В двойнослойных суперконденсаторах в основном используют электроды на основе высокодисперсного угля. Под высокодисперсным углеродом понимаются углеродные электропроводящие материалы, истинная поверхность которых равна сотням и тысячам $\text{м}^2/\text{г}$.

Одним из важных факторов, определяющих работу угольного электрода, является структура поверхности и ее смачиваемость. Кроме прямого влияния на двойной электрический слой (ДЭС) через величину удельной поверхности и степень ее смоченности, существенное влияние оказывают процессы переноса — диффузия, миграция и конвекция в порах (ярко выраженные для нестационарных режимов работы). Текстура углеродных материалов, то есть величина удельной поверхности, форма пор и распределение пор по их радиусам в значительной степени определяют макрокинетические и физико-химические характеристики материала. Параметры пористой структуры углеродных материалов различаются в широких пределах, что позволяет оптимизировать электроды для конкретных применений.

Для оптимизации пористых электродов были исследованы гидрофильно-гидрофобные свойства углеродных материалов. Установлено, что смачиваемость углерода электролитом зависит от температуры его обработки. Так гидрофобность макропористого угля (около $5 \text{ м}^2/\text{г}$) возрастает с ростом температуры термической обработки от 1000 до 2000 °С в несколько раз. Последующая активация углей может несколько изменить характер смачиваемости, приводя к перераспределению гидрофобности между порами разных размеров. Показано, что в процессе

парогазовой активации наряду с увеличением объема пор всех классов за счет выгорания углеродного скелета происходит изменение состава поверхностных оксидов (уменьшение содержания кислых и увеличение содержания основных оксидов) - это приводит к росту гидрофобных свойств углей. Последний процесс протекает очень медленно и обнаруживается только при достаточно длительной активации (больших степенях обгара). В углях с низкой степенью активации гидрофобными являются только макропоры и частично мезопоры, а в углях с высокой степенью активации - макро- и мезопоры, и только частично микропоры.

Влияние структуры и поверхностных оксидов высокодисперсного углеродного материала на емкость ДЭС имеет весьма сложный характер, по этой причине обычно величина ДЭС усредняется на всю поверхность.

УДК 621.382

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ПРОВОДИМОСТИ ТОНКИХ РЕЗИСТИВНЫХ ПЛЕНОК

Д.Ю. Мелешенко

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

В устройствах автоматики и радиоэлектронных средств широко применяются тонкопленочные делители напряжения. При их изготовлении используются тонкопленочные высокоточные и прецизионные резисторы. Основные параметры делителей и используемых материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры делителей напряжения и резистивных материалов

Материалы резистивной пленки	Погрешность	Стабильность	α_R рад ⁻¹	ρ кОм/кВ
	Кд, %			
Cr-OP3M	0,01	0,01	10^{-6}	0,5
TaN	0,01	0,005	10^{-6}	0,1
Cr-SiO	0,03+1	0,1	$(0+80) \cdot 10^{-6}$	0,3
Ta	0,01	0,1 при 125 C ⁰	-	0,1
МЛТ-2	0,01	2	$5 \cdot 10^{-4}$	0,3
РС-3710	0,02	0,02	10^{-5}	1
NiGr	0,01	0,1 при 150 C ⁰	$(0+50) \cdot 10^{-6}$	0,1+0,3
Re	0,02	-	-	0,2+2,5
МЛТ-3М	0,3	0,15	$2 \cdot 10^{-4}$	0,5

Для обеспечения высокой точности резисторов проводится подгонка сопротивлений. При этом желательно использовать комбинированную