

## ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА АЗОТДОПИРОВАННЫХ ГРАФЕНОВЫХ ПЛЁНОК

*К.М. ПОПОВ, Д.В. ГОРОДЕЦКИЙ, А.А. ЦЫГАНКОВ, А.В. ОКОТРУБ*

Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск, Россия  
E-mail: popovkm90@mail.ru

Актуальность развития методов получения графена и изучения его свойств обусловлена его уникальными характеристиками. Графен имеет высокую электро- и теплопроводность, прозрачность и механическую прочность, что делает его интересным материалом для многих приложений. Одним из методов синтеза графена и допированных графенов является метод CVD (химическое осаждение из газовой фазы).

Основную роль в CVD-синтезе играют свойства подложки и газодинамические параметры синтеза. Для снижения температуры разложения предшественников широко используются подложки из различных переходных металлов (например, Cu, Ni, Co). В настоящей работе графен выращивали на медной фольге. Метод химической полировки использовался для уменьшения шероховатости поверхности медной фольги. Качество полировки контролировалось методом атомно-силовой микроскопии (АСМ).

Образцы графена, легированные азотом, были синтезированы в трубчатом CVD реакторе. Подложки размером до 3 см<sup>2</sup> отжигались в атмосфере водорода для восстановления слоя оксида меди на поверхности фольги. Синтез пленок допированного графена происходил в результате термолитического разложения газопаровой смеси (метана /источника азота и водорода) при низком давлении. Пиридин, метиламин и ацетонитрил использовались в качестве источников азота. Температура роста азотдопированных графеновых плёнок составляла 970 °С. Образцы были исследованы с использованием спектроскопии КРС, СЭМ, РФЭС и АСМ.

Проведены исследования электропроводности и подвижности носителей заряда азотдопированных графеновых плёнок. В результате мы хотим представить, как структура и элементный состав графеновых пленок будут зависеть от концентрации и природы источников азота.

*Работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-32-00448.*

## ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА НАНОРАЗМЕРНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ (ZrO<sub>2</sub>) НА КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

*П. Г. ПЧЕЛИНЦЕВ, СУГУАНЬЮЙ, А.А. КОНДРАТЮК*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
E-mail: petro-fm.tomsk@yandex.ru

Для удовлетворения потребностей промышленности при введении в группу используемых новых прогрессивных материалов конструкционного назначения и проявления у них требуемых эксплуатационных свойств, широкое распространение получило создание композитов на полимерной основе с различным количеством и типом наполнителей. К примеру, введение дисперсных наполнителей в относительно малых количествах положительно влияет на прочностные характеристики композита и в некоторых случаях способствует появлению у него специфических свойств [1].

В данной работе исследованы теплофизические характеристики полимерных композитов на основе СВМПЭ (сверхвысокомолекулярный полиэтилен), имеющих наполнитель (модификатор) – нанодисперсный диоксид циркония (ZrO<sub>2</sub>), полученный плазмохимическим методом.

Одной из важных характеристик материалов является теплопроводность – способность материала переносить тепло от более нагретых элементов к менее нагретым. Количественная характеристика теплопроводности – коэффициент  $\lambda$ , связывающий поток тепла с градиентом температуры, измеряется в Вт/(м\*К).

Теплопроводность полимеров зависит от их химической структуры и физического состояния и мало меняется с ростом температуры. В таблице 1 приведены значения  $\lambda$  для ряда типичных полимеров.

Таблица 1 – Коэффициент теплопроводности полимерных материалов

Полимер	Вт/м*К	Полимер	Вт/м*К
ПС и его сополимеры	0,09-0,14	ПТФО	0,25
ПММА	0,17-0,19	ПФ, ПА	0,30
ПП, ПК	0,19-0,21	ПЭНП	0,32-0,36
Полиакрилаты, полиамиды	0,20-0,30	ПЭВП	0,42-0,44

СВМПЭ представляет собой полимер с высокой молекулярной массой (от 2 до 6 миллионов). Сферы применения СВМПЭ и потребность в нём непрерывно расширяются в связи с его особыми свойствами.

Диоксид циркония широко используется в качестве добавки при получении высокоогнеупорных изделий, жаростойких эмалей, тугоплавких стекол, различных видов керамики, термозащитных покрытий. В последние годы диоксид циркония стал широко применяться при производстве керамики, используемой в электронике [2].

На основе вышеупомянутых компонентов были созданы порошковые композиции, имеющие СВМПЭ в качестве матрицы и  $ZrO_2$  в роли наполнителя с его весовым содержанием 5, 10, 15, 20, 25 %. Далее из этих составов методом горячего компрессионного формования по методике [3] изготавливались модельные композиционные заготовки, из которых методом механической обработки получены образцы для теплофизических исследований [3, 4], имевшие следующие размеры:  $d = 15\text{мм}$ ,  $h = 10\text{мм}$ .

Исследования измерения  $\lambda$  реализованы на установке ИТЭМ-1 в диапазоне температур от +50 до +150 °С.

Измерение получаемых данных было трёхкратным для образцов каждого из 6 композитов. Затем была произведена математическая обработка и на основании этих значений построены графики, представленной на рисунке 1.

Анализ полученных данных указывает на небольшое снижение коэффициенты теплопроводности на всём участке температурных исследований, начиная с 50 и до 150 °С.

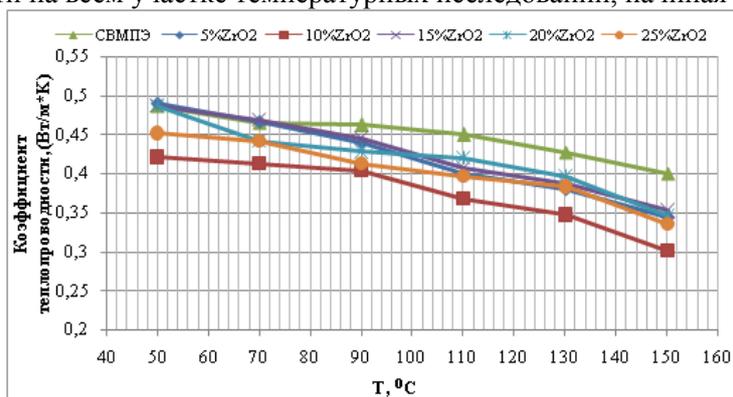


Рисунок 1 – Усреднённый график зависимости коэффициента теплопроводности композитов с  $ZrO_2$  от температуры

На рисунке 2 представлена графическая интерпретация изменения коэффициента теплопроводности композитов на основе СВМПЭ с различным содержанием наполнителя  $ZrO_2$  в диапазоне температур от 50 до 150 °С.

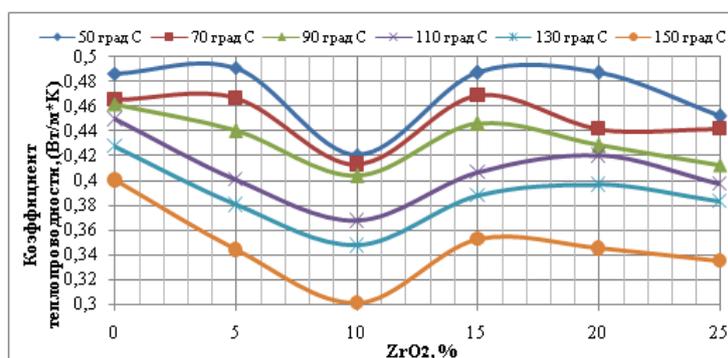


Рисунок 2 – Объединённый график зависимости коэффициента теплопроводности от концентрации  $ZrO_2$

Полученные экспериментальные данные указывают на довольно значительное изменение в сторону уменьшения величины коэффициента теплопроводности при наличии  $ZrO_2$  в композите в количестве 10 % (весовых).

### Список литературы

1. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности/И. Н. Андреева, Е. В. Веселовская, Е. И. Наливайко и др. – Л.: Химия, 1982. – 80 с.
2. А.А. Кондратюк, А.А. Клопотов, А.Н. Муленков, А.И. Зиганшин, Е.А. Васендина Особенности изменения удельной теплоёмкости наполненных композитов // Изв. Вузов. Физика. – 2012. – № 5/2. – С. 151-155.
3. Юркова С. А., Муленков А. Н., Кондратюк А. А. Влияние концентрации и вида модификатора на теплоёмкость композиционных пластмасс //Современные техника и технологии: Сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. В трёх тома. Т.2 – Томск, ТПУ, 10-12 апр. 2010. – Томск. Изд. ТПУ, 2010. – с.280-282.
4. Чулкова К. С., Кондратюк А. А. Исследование изменения теплоёмкости полимерных композиций на основе СВМПЭ от количества наполнителя // Новые материалы. Создание, структура, свойства – 2008: VIII Всероссийская школа-семинар с международным участием – Томск, ТПУ, 9-11 июня 2008. – Изд. ТПУ, 2008. – с. 209-211.

### АЗОТИРОВАНИЕ ФЕРРОХРОМАЛЮМИНИЯ В РЕЖИМЕ ГОРЕНИЯ

*А.А.РЕГЕР<sup>1</sup>, К.А.БОЛГАРУ<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Томский государственный университет

<sup>2</sup>Томский научный центр СО РАН отдел структурной макрокинетики

E-mail: [Antonandmakar@gmail.com](mailto:Antonandmakar@gmail.com)

Впервые горение металлических порошков в азоте было исследовано в работах А.Г. Мержанова. Основу метода составляет инициирование сильно экзотермических реакций, которые протекают во фронте волны горения. Распространению фронта волны горения способствует передача тепла, выделившегося при протекании химической реакции, от инициированного к непрогретому слою [1]. На наш взгляд наиболее перспективными для получения металлокерамических материалов этим методом являются ферросплавы [2,3]. В