

морфологией, синтезированных наноструктур можно управлять, изменяя параметры синтеза. Фотокаталитическую активность, синтезированных наноструктур ZnO определяли путем наблюдения за фотодegradацией красителя МС под действием УФ-света. Установлено, что разрушение красителя МС происходит интенсивнее вплоть до его исчезновения за 60 мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fujishima A. Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode/К. Honda. - Nature. - 1972.-Vol.238, Is.5358.-P. 37-38.
2. Kudo A., Y. Miseki. Heterogeneous Photocatalyst Materials for Water Splitting/ - Chem. Soc. Rev.- 2009. - Vol. 38,-P.253- 278.

УДК 620.3

И.А. Комаров, А.А. Хачатурян, Е.А. Данилов
АО «Научно-исследовательский институт конструкционных материалов
на основе графита «НИИГрафит» (г. Москва, Россия)

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ДИСПЕРСИИ ОКСИДА ГРАФЕНА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СМАЧИВАЕМОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ПОДЛОЖЕК

Углеродные наноматериалы, в частности производные графена, такие как оксид графена (ОГ) и восстановленный ОГ, являются перспективными материалами широкого спектра применения [1], в частности, в гибкой электронике, сенсорной технике, адресной доставке лекарств. При этом одной из важнейших задач является разработка подходов к созданию промышленной технологии нанесения однородных слоев графена или оксида графена большой площади. Следует отметить, что далеко не все методы, применяемые в лабораторной практике, в принципе позволяют формировать однородные макроразмерные пленки указанных материалов и тем более допускают масштабируемость даже до малой серии.

К способам формирования макроразмерных пленок графеновых материалов относятся химическое осаждение из газовой фазы, перенос с применением жертвенного слоя, рулонная технология, метод нанесения окунанием, метод Ленгмюр-Блоджетт, аэрозольное напыление, центрифугирование. Из указанных методов наиболее перспективными, универсальными представляются аэрозольное напыление и нанесение методом центрифугирования, которые, кроме того, обеспечивают широкие возможности по варьированию параметров нанесения. Т. к. указанные методы являются жидкостными, то для них одним из важнейших свойств наносимой на подложку дисперсии нано-

материалов является смачиваемость подложек. Смачиваемость подложек можно регулировать как предварительной обработкой, например, в плазменном разряде, так и путем регулирования характеристик наносимой дисперсии, в частности путем использования различных ПАВ и иных добавок [2].

Целью настоящей работы являлось исследование влияния соотношения компонентов дисперсионной среды на характеристики смачивания одной из коммерчески-доступных водных дисперсий оксида графена. В качестве решения задачи создания дисперсионных сред, обеспечивающих хорошую смачиваемость полимерных подложек при нанесении оксида графена методом центрифугирования.

В настоящей работе был сформирован дисперсионных сред, содержащих помимо водной суспензии оксида графена (4,7 мг/мл, ООО «МИП Графен», РФ) диметилацетамид (ДМА) (HPLC grade, Scharlab, Филиппины) и растворитель эмалевых красок (РЭК) (Tamiya, Inc., Япония) соответственно с различной концентрацией оксида графена. Взаимодействие сформированных дисперсионных сред с ПЭТ (125 мкм) и ПВДФ (60 мкм) подложками было исследовано методами высокоразрешающей оптической микроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния (InVia, Renishaw, Великобритания). Были определены углы смачивания для сформированных дисперсионных сред (микроскоп УМ-401П с объективом 3,5 крат, РФ).

Углы смачивания определялись путем нанесения капли объемом 0,2 мкл на поверхность полимерной подложки, закрепленной срезом перпендикулярно объективу установки определения угла смачивания. Были определены углы смачивания для дисперсионных сред с применением в качестве второго компонента растворителя для краски и диметилацетамида. Результаты измерения углов смачивания представлены на рис. 1.

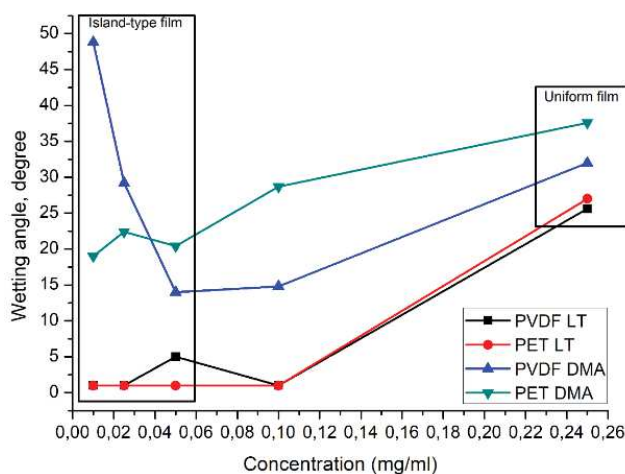


Рисунок 1 - Зависимость углов смачивания от типа и концентрации наносимой дисперсии и типа подложки

Следует отметить, что т.к. диметилацетамид растворяет ПВДФ, значения углов смачивания для комбинации дисперсионной среды, содержащей ДМА и ПВДФ подошки не являются репрезентативными и в первую очередь определяются механическими напряжениями подошки при её деструкции. Можно отметить, что формирование непрерывной макроразмерной пленки оксида графена обеспечивается при 0,25 мг/мл, что согласуется с данными оптической микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния, представленных на рис.2.

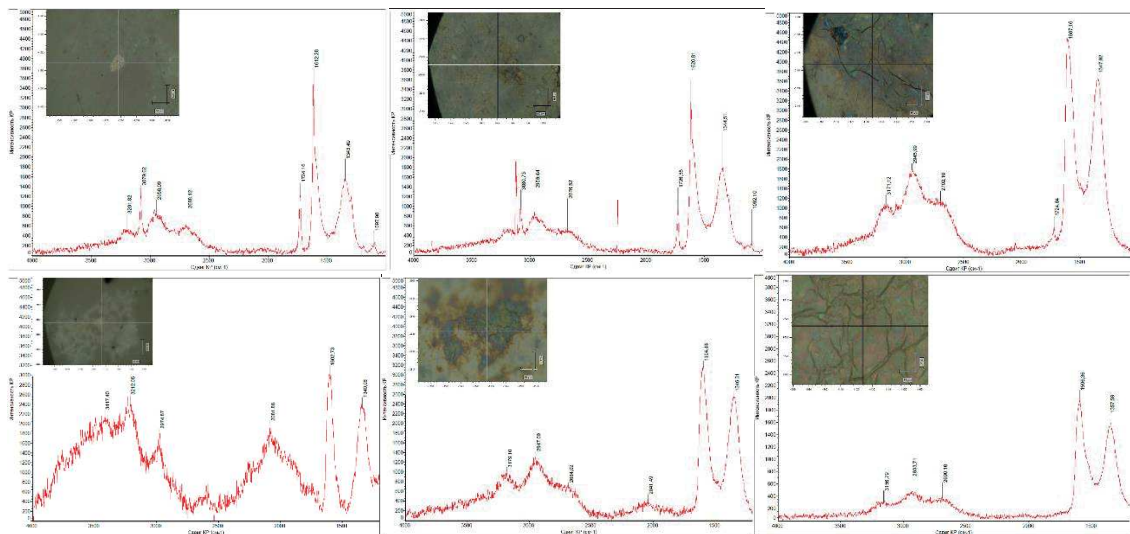


Рисунок 2 – Морфология и спектры комбинационного рассеяния каплеь ОГ в дисперсии с РЭК с концентрациями 0,01 мг/мл (а), 0,05 мг/мл (б), 0,25мг/мл (в) на ПЭТ подложке, ОГ в дисперсии с РЭК с концентрациями 0,01 мг/мл (г), 0,05 мг/мл (д), 0,25мг/мл (е) на ПВДФ подложке.

Исходя из анализа спектров комбинационного рассеяния и морфологии поверхности можно отметить характерные для оксида графена G и D пики. Анализ зависимости I_D/I_G от концентрации также подтверждает формирование сплошной пленки ОГ при концентрации дисперсии 0,25 мг/мл для всех типов дисперсий, что дополнительно подтверждает результаты визуализации морфологии пленок.

Вторым важным выводом является то, что применение растворителя для эмалевой краски в качестве дополнительного компонента системы при концентрациях 0,1 мг/мл и менее во всех случаях дает почти мгновенное растекание по любому из исследованных типов подложки, соответственно с невозможностью корректного определения угла смачивания. Во всяком случае время растекания существенно меньше времени проведения любой из операций при нанесении методом центрифугирования.

Использование ДМА в качестве дополнительного компонента дисперсионной среды также позволяет уменьшить угол смачивания, улучшив, таким образом растекание дисперсии по поверхности ПЭТ

подложки. Следует так же отметить, что при длительном хранении ДМА обеспечивает отсутствие осадка на временах более 60 суток, тогда как растворитель для эмалевых красок на аналогичных временах дает небольшой осадок.

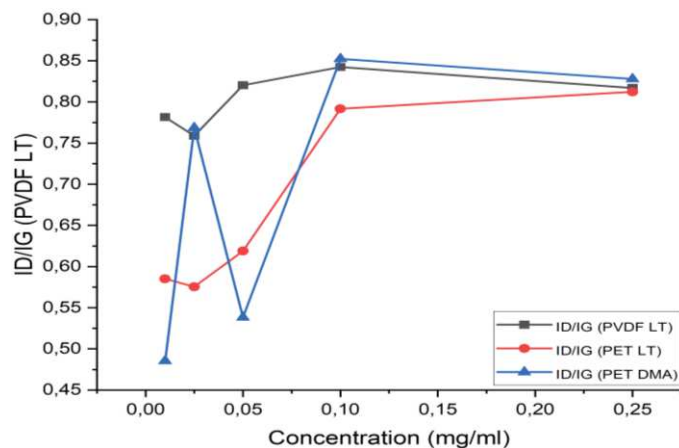


Рисунок 3 - Соотношение интенсивности D и G пиков для исследованных материалов

Таким образом можно сделать вывод, что оба типа добавок (ДМА и растворитель для эмалевых красок) позволяют добиться улучшения смачивания полимерных подложек водной дисперсией оксида графена. При этом с точки зрения длительного хранения предпочтительным является ДМА, тогда как растворитель для эмалевых красок является более универсальным в смысле применения с различными подложками. Формирование сплошных макроразмерных пленок гарантированно обеспечивается при концентрации ОГ $\geq 0,25$ мг/мл для обеих сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhang Jin et al. The Roadmap of Graphene: From Fundamental Research to Broad Applications / Zhang Jin, Peng Hailin, Zhang Hua, Maruyama Shigeo, Lin Li // *Advanced Funct. Mat.* – 2022. – 32, 42. – С. 2208378.
2. Peruma, S. et al; Atchudan, R.; Cheong, I.W. Recent Studies on Dispersion of Graphene–Polymer Composites / Peruma, S., Atchudan, R.; Cheong, I.W // *Polymers* – 2021. – 13– С. 2375.