Отзыв

на автореферат диссертации Романова Никиты Сергеевича. "Высокотеплопроводные полимерные композиционные наноматериалы на основе эксфолиированных нанолистов нитрида бора и графита", представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.6 – Нанотехнологии и наноматериалы

Стремительная миниатюризация электроники и рост удельного тепловыделения остро ставят проблему эффективного отвода тепла, поскольку перегрев снижает надежность и может вывести устройство из строя. Перспективным решением является использование термопрокладок, которые, в отличие от традиционных термопаст, позволяют создавать материалы с контролируемой анизотропией свойств для борьбы с локальными перегревами («горячими точками»). Наиболее простым способом придания анизотропии является введение двумерных наполнителей, среди которых нитрид бора выделяется сочетанием высокой теплопроводности и электроизоляционных свойств. Однако его применение требует разработки эффективного метода разделения на наноразмерные листы. Таким образом, разработка высокотеплопроводных полимерных композиционных материалов на основе эксфолиированных нанолистов нитрида бора и графита является актуальной задачей, имеющей важное значение для повышения надежности современной электроники.

В диссертационной работе Романова Н.С. был разработан метод жидкофазной ультразвуковой эксфолиации для получения нанолистов нитрида бора и графита с высоким выходом (более 7 %) и высокотеплопроводных полимерных композиционных наноматериалов на их основе.

Научная новизна работы заключается: в получении суспензий нанолистов нитрида бора в концентрации до 3,3 г/л с выходом до 10% в водно-спиртовых средах и нанолистов графита концентрацией до 1,4 г/л с выходом до 14% в этаноле; определении параметров растворимости Хансена для нанолистов нитрида бора и графита, полученных методом ультразвуковой эксфолиации; определении оптимальных интервалов составов водно-спиртовых сред для проведения процесса ультразвуковой эксфолиации; установлении зависимости выхода и концентрации нанолистов нитрида бора и графита от состава водно-спиртовой дисперсионной среды, начальной концентрации слоистого кристалла и продолжительности эксфолиации; получении полимерных композиционных материалов на основе графита с коэффициентом теплопроводности более 63 Вт/м·К при анизотропии коэффициента теплопроводности до 18, на основе нитрида бора - с коэффициентом теплопроводности более 5,5 Вт/м·К с диэлектрической проницаемостью менее 3,3 и тангенсом угла диэлектрических потерь менее 0,02; показано, что теплофизические свойства материалов со смешанными

наполнителями выше, чем материалов, полученных с использованием только микро- или наночастиц, при этом максимальному коэффициенту теплопроводности 72 Вт/м·К для пленок силикон/графит и 6,9 Вт/м·К для пленок силикон/нитрид бора соответствует содержание нанолистов 5 % от общего объема наполнителя.

Практическая ценность работы состоит: в демонстрации возможности получения высококонцентрированных суспензий нанолистов нитрида бора и графита с помощью эксфолиации в ультразвуковой ванне при продолжительности эксфолиации 24 часа, исходной концентрации частиц 10 г/л в этаноле для графита и в смеси вода/этанол для нитрида бора; расчёте параметров растворимости Хансена для нанолистов нитрида бора и графита, на основе каковых определен оптимальный состав водно-спиртовой дисперсионной среды для проведения эксфолиации и произведена оценка термодинамических параметров процесса эксфолиации; демонстрации возможности получения наполненных силиконов с уникальным комплексом тепло- и электрофизических свойств, за счет использования графита и нитрида бора, в т.ч. с добавлением нанолистов, в качестве наполнителя.

Судя по автореферату, диссертация Романова Н. С. является законченной работой, выполненной на высоком научно-техническом уровне, обладает несомненной научной и практической новизной. К недостаткам работы можно отнести:

- отсутствие в автореферате пояснений относительно возможных причин наличия промежуточного порогового значения концентрации нанолистов как эксфолиированного графена, так и листов нитрида бора при времени ультразвуковой обработки порядка 5-7 часов (рисунок 2 автореферата).
- в автореферате отсутствует указание на тип подложек, использованных при проведении измерений толщины листов эксфолиированного графена и нитрида бора, а также конкретный режим измерений (контактный, полуконтактный или бесконтактный), что может повлиять на корректность выводов относительно полученных значений толщин листов.

Тем не менее, указанные замечания не снижают ценности работы.

Диссертация Романова Никиты Сергеевича отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД».

Соискатель Романов Никита Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Доктор технических наук, специальность 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах», ведущий научный сотрудник лаборатории

функциональных наноматериалов Московского физико-технического института (национального исследовательского университета)

24.07.26 Бобринецкий Иван Иванович

(Подпись, дата)

Согласен с обработкой персональных данных и размещением этих сведений и отзыва на официальном сайте.

_____И.И. Бобринецкий

Подпись Бобринецкого И.И. заверяю:
Администратор канцелярии
Административного отдела К.Храблева О.А.

Адрес:
МФТИ,
141701, Московская область, г. Долгопрудный,
Институтский переулок, д.9.
тел: (498) 713-92-06, e-mail: bobrinetskiy.ii@mipt.ru