



Редакционный

Наноккомпозиты с различными типами нанонаполнителей и Расширенные свойства для нескольких приложений

Димитриос Н. Бикиарис



Кафедра химии, Лаборатория химии и технологии полимеров, Университет Аристотеля в Салониках, 54124 Салоники, Греция;
dbic@chem.auth.gr



Цитирование: Бикиарис, Д.Н.

Наноккомпозиты с различными
типами нанонаполнителей и

улучшенными свойствами для нескольких применений

Прил. Нано 2022, 3, 160–162. [https://doi.org/](https://doi.org/10.3390/applnano3030012)

10.3390/applnano3030012

Поступила: 24 августа 2022 г.

Принято: 5 сентября 2022 г.

Опубликовано: 8 сентября 2022 г.

Примечание издателя: MDPI сохраняет нейтралитет

в отношении заявлений о юрисдикции в

опубликованных картах и институциональной принадлежности.
ации.



Копирайт: © 2022 автора.

Лицензиат MDPI, Базель, Швейцария.

Эта статья находится в открытом доступе.

распространяется на условиях и

условия Creative Commons

Лицензия с указанием авторства (CC BY)

([https://creativecommons.org/licenses/by/](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

4.0/).

Полимерные наноккомпозиты — это новая технологическая область, предлагающая высокопроизводительные материалы с уникальными и инновационными свойствами, идеально подходящие для многочисленных передовых применений [1]. К ним относятся, среди прочего, высокоэффективные автомобильные и аэрокосмические приложения, упаковка пищевых продуктов, сельское хозяйство, печатная электроника, биомедицинские приложения, доставка лекарств, биотехнологии, очистка сточных вод, защита окружающей среды, современные системы хранения энергии и электронные устройства, газ / жидкость. барьеры, топливные баки, датчики, снижение горючести, химическая стойкость, УФ-защитные покрытия, спортивное оборудование, товары народного потребления и т. д. [2–7]. Конечные свойства наноккомпозитов, а также возможности их применения напрямую зависят от используемой полимерной матрицы, размера и формы нанонаполнителей, их функциональных групп, их количества, их дисперсности в полимерной матрице и межфазных взаимодействий [8]. Наиболее эффективные свойства обычно достигаются при добавлении наноразмерных наполнителей в небольших количествах, от 0,5 до 5% масс. Индивидуальные свойства нанонаполнителей также являются решающим фактором, определяющим характеристики наноккомпозитов (повышение механической прочности, ударной вязкости, термической стабильности, теплопроводности, электрических свойств и т. д.) [9,10]. О некоторых из этих интересных применений наноккомпозитов и их вкладе в улучшение некоторых свойств полимеров сообщалось в статьях, опубликованных в этом специальном выпуске, а также описания некоторых новых методов производства наноккомпозитов.

Добавление нанонаполнителей улучшает свойства наноккомпозитов и делает их более привлекательными, чем чистые полимеры. В работе Клоноса и др. оценивалось влияние вспенивающегося графита (ЭГр) при загрузке 5–55 мас. % на электро- и теплопроводность полистирола (ПС) и полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) [11]. Методом дифференциальной сканирующей калориметрии было обнаружено, что добавление ЭГр в ПС может вызвать повышение температуры стеклования и систематическое снижение соответствующего изменения теплоемкости за счет образования межфазной жесткой аморфной фракции (RAF). С другой стороны, присутствие ЭГр в высококристаллической матрице ПЭВП приводило к дальнейшему увеличению кристаллической фракции (КФ). Значения электропроводности (σ) увеличиваются с увеличением количества ЭГр для обеих матриц до 10–3–10–2 См/см, что приводит к порогу кондуктивной перколяции для электронов при >8 мас. % ЭГр. При этом теплопроводность (λ) от $-1 \cdot m^{-1}$ до 0,55 и ПС и ПЭВП сильно увеличилась с 0,13 и 0,38 Вт·К $^{-1} \cdot m^{-1}$ ~2В·К соответственно. Как видно, λ в ПЭВП систематически выше, чем в ПС, что свидетельствует о

В другой недавно опубликованной работе кубические гранецентрированные наночастицы серебра (NP) использовались для приготовления печатных Ag-чернил, которые впоследствии загружались в заполняемую пользователем ручку и использовались либо вручную, либо на печатной машине собственной сборки для изготовления подложки поверхностно-усиленного комбинационного рассеяния света (SERS) [12]. Моделирование во временной области методом конечных разностей (FDTD) показало усиление электрического поля Ag NP в 155 раз для пар наночастиц Ag с расстоянием между частицами 2 нм. Сравнивая подложку SERS, изготовленную с использованием различных опорных матриц и методов изготовления, было обнаружено, что подложка, напечатанная из полиэтилентерефалата (ПЭТ), демонстрирует оптимальные характеристики с предполагаемым коэффициентом повышения чувствительности 107. Эти оптимизированные подложки SERS демонстрируют

хорошая стабильность (по крайней мере, один месяц) и были эффективно протестированы при обнаружении противораковых препаратов, включая доксорубицин и метван. Таким образом, стало ясно, что с помощью недорогого ПЭТ-подложки, напечатанного чернилами Ag NP с помощью масштабируемого метода, был разработан высокочувствительный, воспроизводимый и экономически эффективный метод для обнаружения активных рамановских аналитов на подложках с долгосрочной стабильностью.

Вместо использования полимеров в качестве матриц наноккомпозиты также производятся с использованием наночастиц или простых соединений. В такой работе наночастицы ZnO были смешаны с тремя различными лекарственными средствами, такими как хлорохин, дипиридамо и лопинавир, и их химические взаимодействия были изучены методом молекулярного докинга [13]. В результате компьютерного исследования были получены энергии экзергонической адсорбции в диапазоне от 0,582 до 2,084 эВ, которые зависели от используемого препарата. Лопинавир обеспечивал более высокую энергию адсорбции, а исследование с высокой занятой молекулярной орбиталью (ВЗМО) продемонстрировало электронное перекрытие между ZnO-Np и лопинавиром, что сделало его наиболее предпочтительным композитом. Это связано с тем, что лопинавир содержит в своей структуре атомы N и O, которые способствуют связыванию с металлическим цинком. С другой стороны, энергии связи показывают, что наноккомпозит ZnO-хлорохин является наименее предпочтительным, что может быть связано с хлоридной группой препарата, которая может изменить электронное поведение всей системы.

Другая недавняя работа продемонстрировала возможность создания скрытых поверхностных структур, считываемых лазером (CLR), в качестве недорогих наноструктурированных гибких меток (n-CLR) для отслеживания крупномасштабных производственных продуктов [14]. Подробно описан процесс изготовления n-CLR. Он сочетает в себе один этап литографии обычного металлического покрытия с одним электрохимическим этапом нанотехнологии темплатного синтеза под ЭД-масками и, наконец, с производством самоорганизующихся микро-и/или наноструктурированных поверхностей. Исследование подтверждает, что n-CLR соответствуют трем строгим критериям: предельная стоимость, простая идентификация и многочисленные регулируемые параметры.

В последнее время в косметику также очень часто добавляют несколько наночастиц. В такой работе для повышения антиоксидантной и УФ-стабильности были использованы нанодобавки, такие как многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ), оксид графена (ГО) и лигнин (ЛГН) в количествах 0,5, 1 и 2% мас./об. солнцезащитные эмульсии [15]. Все эмульсии были приготовлены по методу «масло в воде» (М/В) и были стабильными по pH и вязкости до 90 дней. Установлено, что эмульсии, содержащие ЛГН, обладают отличными антиоксидантными свойствами по методу 2,2-Дифенил-1-пикрилгидразила (ДФПГ) благодаря содержащимся в нем фенольным группам. Кроме того, эмульсии оценивали на их способность защищать от ультрафиолетового (УФ) излучения с точки зрения фактора защиты от солнца (SPF). Сообщалось, что значения SPF варьировались от 6,48 до 21,24, тогда как эмульсия, содержащая 2% мас./об. MWCNT, показала самый высокий индекс SPF. Кроме того, испытания на УФ-облучение показали, что все эмульсии обладают высокой устойчивостью к УФ-излучению после 24 и 72 часов воздействия. Общие результаты, представленные в этой работе, могут еще больше расширить использование органических добавок в косметических целях для улучшения некоторых их свойств.

Как описано ранее, характеристики наночастиц важны для процесса настройки свойств полимерной матрицы, и по этой причине их производство имеет большое значение. Кроме того, большой интерес представляет изготовление различных видов наночастиц. В этом смысле недавно был разработан новый простой метод получения ограниченных наночастиц меди и никеля путем термической обработки их соответствующих катионов внутри гидрофобных нанопор Mobil Composition of Matter 41 (MCM-41) [16]. Гидрофобные материалы MCM-41 с модифицированной поверхностью пропитывали водными растворами меди II (Cu II) или никеля II (Ni II) методом обработки высоким давлением. После сброса давления и промывки оставшиеся катионы металлов, заключенные исключительно внутри нанопор, нагревались, образуя металлические наночастицы. Инфракрасная микроскопия с преобразованием Фурье (FTIR) и трансмиссионная электронная микроскопия (TEM) подтвердили идентификацию сферических наночастиц (НЧ) меди и никеля. Кроме того, с помощью изображений микроскопии было обнаружено, что НЧ были больше пор, что позволяет предположить, что НЧ проталкивались через стенку поры.

Все вышеперечисленные работы подтверждают преимущества наноккомпозитов в нескольких приложениях, а также преимущества использования наночастиц для усиления свойств полимерных матриц.

Финансирование: Данное исследование не получило внешнего финансирования.

Конфликты интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Рекомендации

1. Сануси, О.М.; Бенелфелла, А.; Бикиарис, Д.Н.; Хоцин, Н.А. Влияние жестких наночастиц и методов получения на характеристики нанокомпозитов из полимолочной кислоты — Обзор. Полим. Адв. Технол. 2021, 32, 444–460. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
2. Мюллер, К.; Бугникур, Э.; Латорре, М.; Хорда, М.; Санс, Ю.Е.; Лагарон, Дж. М.; Мисбауэр, О.; Бьянчин, А.; Ханкин, С.; Бёльц, У.; и другие. Обзор обработки и свойств полимерных нанокомпозитов и нанопокровов и их применения в области упаковки, автомобилестроения и солнечной энергетики. Наноматериалы 2017, 7, 74. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
3. Гилиопулос, Д.; Замбулис, А.; Джаннакудакис, Д.; Бикиарис, Д.; Триантафиллидис, К. Полимер/металлоорганический каркас (MOF) Нанокомпозиты для биомедицинских применений. Молекулы 2020, 25, 185. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
4. Кызас, Г.З.; Делиянни, Э.А.; Матис, К.А.; Лазаридис, Северная Каролина; Бикиарис, Д.Н.; Митропулос, А.С. Новые нанокомпозитные биоматериалы в качестве биомедицинских адсорбентов: Обзор. Композиции. Интерфейсы 2018, 25, 415–454. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
5. Папагеоргиу, Д.Г.; Криссафис, К.; Бикиарис, Д.Н. β-зародышевый полипропилен: переработка, свойства и нанокомпозиты. Полим. Ред. 2015, 55, 596–629. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
6. Терзопулу З.; Кызас, ГЗ; Бикиарис Д.Н. Современные достижения в области нанокомпозитных материалов графена с полисахаридами. Материалы 2015, 8, 652–683. [\[Перекрестная ссылка\]](#) [\[PubMed\]](#)
7. Терзопулу, З.Н.; Папагеоргиу, GZ; Пападопулу, Э.; Атанасиаду, Э.; Алексопулу, Э.; Бикиарис, Д.Н. Зеленые композиты, полученные из алифатических полиэфиров и лубяных волокон. Влияние вида волокна на механические, термические и биodeградационные свойства композитов. Индийский урожай сельскохозяйственных культур. 2015, 68, 60–79. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
8. Пападопулос Л.; Клонос, Пенсильвания; Терзопулу, З.; Псохия, Э.; Сануси, ОМ; Хосин, Северная Каролина; Бенелфелла, А.; Гилиопулос, Д.; Триантафиллидис, К.; Кирицис А.; и другие. Сравнительное исследование кристаллизации, полукристаллической морфологии и молекулярной подвижности в нанокомпозитах на основе полилактида и различных включений при низких нагрузках наполнителя. Полимер 2021, 217, 123457. [\[CrossRef\]](#)
9. Тарани, Э.; Терзопулу, З.; Бикиарис, Д.Н.; Кираци, Т.; Криссафис, К.; Вурлиас, Г. Теплопроводность и поведение разложения нанокомпозитов ПЭВП/графен: пиролиз, кинетика и механизм. Дж. Терм. Анальный. Калорим. 2017, 129, 1715–1726. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
10. Тарани Э.; Хрисафи, И.; Каллай-Менихард, А.; Павлиду, Э.; Кехагис, Т.; Бикиарис, Д.Н.; Вурлиас, Г.; Криссафис, К. Влияние соотношения сторон графеновых пластинок на механические свойства нанокомпозитов ПЭВП: микроскопические наблюдения и микромеханическое моделирование. Полимеры 2020, 12, 1719. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
11. Клонос, Пенсильвания; Пападопулос, Л.; Куртиду, Д.; Криссафис, К.; Пеоглос, В.; Кирицис А.; Бикиарис Д.Н. Влияние вспенивающегося графита при умеренных и тяжелых нагрузках на тепло- и электропроводность аморфного полистирола и полукристаллического полиэтилена высокой плотности. Прил. Нано 2021, 2, 31–45. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
12. Лю, М.; Бхандари, А.; Хаккани Мохаммед, Массачусетс; Раду, ДР; Лай, К.-Ю. Универсальная подложка SERS на основе наночастиц серебра с высокой чувствительностью и стабильностью. Прил. Нано 2021, 2, 242–256. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
13. Диас-Сервантес, Э.; Зентено-Суньига, К.; Родригес-Гонсалес, В.; Агилера-Гранья, Ф. Разработка наноносителей лекарств ZnO против основной протеазы SARS-CoV-2 (COVID-19): анализ in silico. Прил. Нано 2021, 2, 257–266. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
14. Гравье, Л.; Сальваде, Ю.; Пиду, Д.; Мариц, Дж.; Ларатта, М. Недорогие наноструктурированные тонкие пленки в качестве скрытых лазерных считываемых защитных меток для отслеживания крупномасштабных производств. Прил. Нано 2021, 2, 319–329. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
15. Бикиарис, Н.Д.; Кументаков И.; Ликиду, С.; Николаидис, Н. Инновационные эмульсии для ухода за кожей, содержащие лигнин, многостенные углеродные нанотрубки и нанодобавки оксида графена с повышенным фактором защиты от солнца и свойствами устойчивости к ультрафиолетовому излучению. Прил. Нано 2022, 3, 1–15. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
16. Броди-Линдер, Н.; Дешам, Ж.; Бомбард, М.; Пастернак Н.; Одонне, Ф.; Бонье, П.; Альба-Симионеско, К. Наночастицы меди и никеля, полученные термической обработкой их соответствующих катионов, заключенных в нанопорах, посредством синтеза под высоким давлением. Прил. Нано 2021, 2, 278–288. [\[Перекрестная ссылка\]](#)