

КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ, НАПОЛНЕННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ, ДЛЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

М. Н. Кольчевская

Белорусский государственный университет, г. Минск;

kolchevskaya.mary@gmail.com;

науч. рук. – Ф.Ф.Комаров, д-р физ.-мат. наук, академик НАНБ

Разработка широкополосных экранирующих композитных материалов на основе полиуретана, а также эпоксидной смолы, с добавлением углеродных наноструктур, для защиты от электромагнитных излучений, обладающих: высокой износостойкостью, твердостью, селективностью коэффициентов отражения и поглощения электромагнитных излучений в широком спектральном диапазоне.

Ключевые слова: полиуретан, углеродные нанотрубки, композитные материалы, антибликовые материалы, радиопоглощающие материалы.

Изделия из композитов на основе полимеров, наполненных углеродными наноматериалами, в последние годы вызывают большой интерес как антиотражательные системы в УФ, видимом и ИК диапазонах спектра. Область их применения охватывает широкий спектр изделий от объектов космических аппаратов (солнечные батареи, оптоэлектронные и оптические системы), военной техники до бытовых приборов. Таким образом, тема работы является весьма актуальной.

Были проведены работы по созданию композитов на основе таких полимеров, как полиуретан и эпоксидная смола. В качестве добавок использовались различные виды многослойных углеродных нанотрубок и графена производства ООО "Нанотехцентр" (г. Тамбов).

«Полиуретан» — обобщённое название целого класса синтетических веществ. Несомненное достоинство полиуретанов состоит в том, что, в зависимости от соотношения компонентов, твердость (эластичность) программируется, то есть, может меняться в широких пределах. Полиуретаны широко применяются в промышленности — для изготовления деталей, работающих в агрессивных средах, в условиях больших знакопеременных нагрузок и температур. Использование полиуретанов уменьшает вес изделия до 50 %, снижает уровень вибраций и системного шума работающих механизмов в сравнении с металлами. Полиуретаны остаются гибкими при очень низких температурах и обладают выдающимся сопротивлением тепловому удару. Рабочая температура для большинства полиуретанов — от -60°C до $+80^{\circ}\text{C}$, допустим кратковременный (до 24 часов) нагрев до 120°C .

Положительными свойствами полиуретана можно отметить:

- Возможность напыления одним слоем от 1 до 12 мм как на поверхности любой сложной конфигурации, так и на вертикальные поверхности;
- Имеет свойство электрического изолятора, устойчив к воздействию открытого пламени и теплового излучения;
- Высокая абразивная устойчивость. Изделия из полиуретанов до 50 раз долговечнее резин, пластиков, в некоторых применениях – цветных и черных металлов;
- Не обледеневает, имеет устойчивость к солям, ультрафиолетовому излучению, химическим соединениям, кроме некоторых растворителей и концентрированных кислот;
- Имеет хорошую прочность, возможно удлинение до 650%. эластичен, не растрескивается, не расслаивается и не отслаивается при температуре от -40 до $+100$ С;
- Полиуретан является трудногорючим материалом (ГОСТ 12.1.044);
- Хорошая адгезия к большинству материалов. Возможность изготовления армированных деталей.

Исследовано влияние модификации поверхности композита импульсной лазерной обработкой в видимом и ближней ИК областях на светоотражение (Рис. 1).

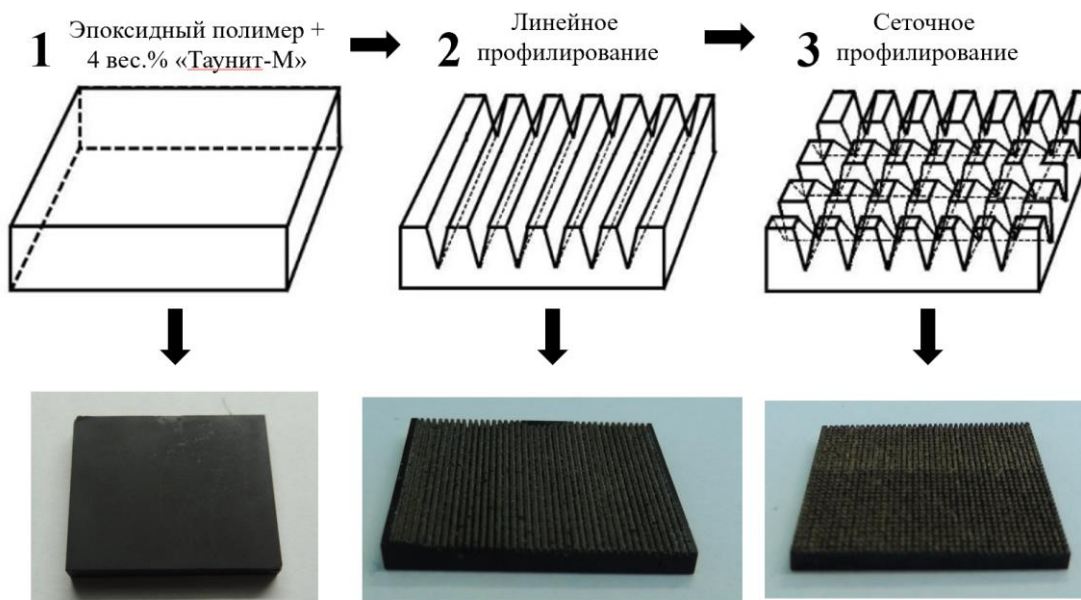


Рис. 1. Образцы композитных антибликовых покрытий с МУНТ (ЭД-20 + 4 вес. % «Таунит-М») до и после лазерного профилирования ($\lambda = 1064$ нм, $P_{\max} = 100$ мВт)

Добавление углеродных нанотрубок в эпоксидный композит приводит к весьма значительным уменьшениям коэффициентов отражения и пропускания [1]. Выяснено, что создание на поверхностях

образцов определённого рельефа путём лазерной обработки приводит к ещё более значительному уменьшению данных коэффициентов, но увеличивает диффузное отражение (Рис. 2).

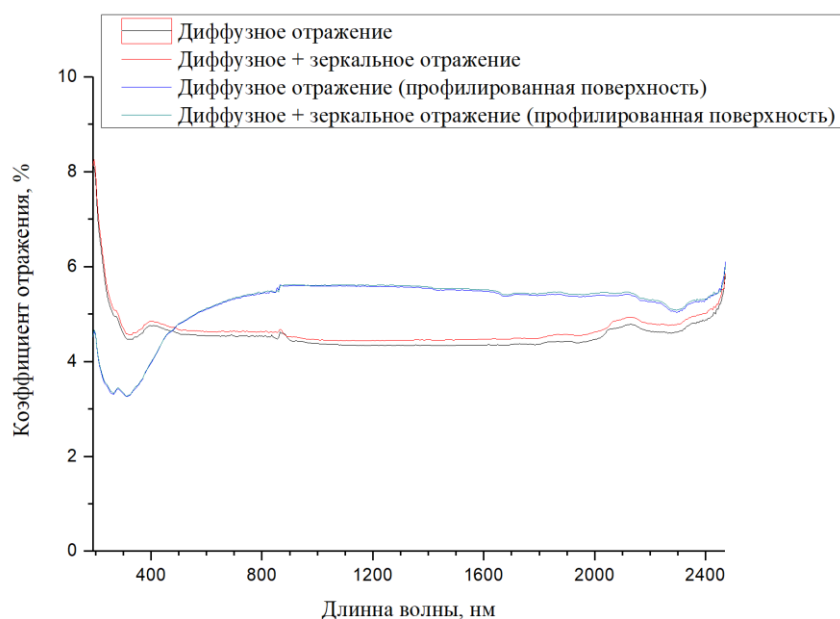


Рис. 2. Спектры диффузного отражения полиуретановых композитов с концентрацией наполнителей 4 мас. % углеродных нанотрубок «Таунит-МД»

Подобный эффект наблюдается для композитных материалов и на основе пенистого полиуретана с различными наполнителями (Рис. 3) [2].

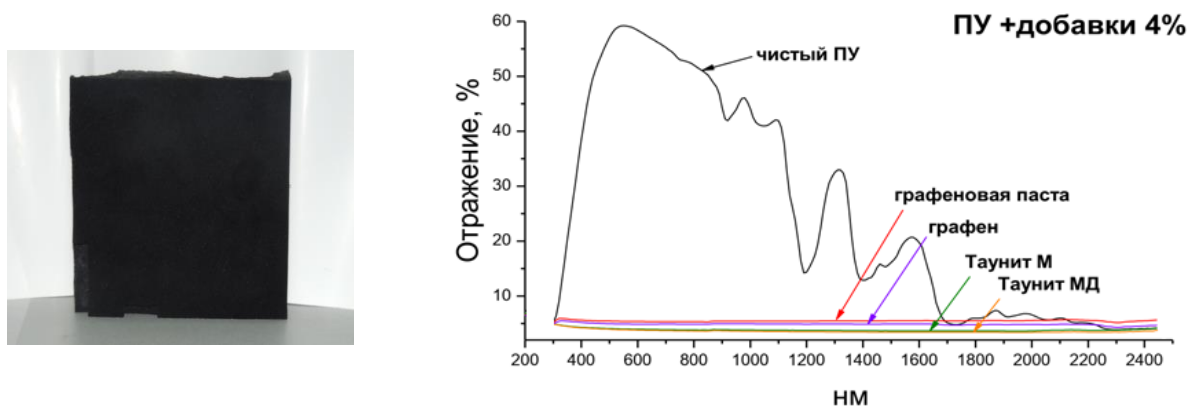


Рис. 3. Спектры отражения композитов на основе пенистого полиуретана, акрилового сополимера и 4 мас.% нанонаполнителей

Продемонстрирована возможность создания инновационных неотражающих поверхностей композитных образцов в видимой и ближней ИК-областях, составляющая большую конкуренцию уже существующим промышленно выпускаемым материалам (Рис. 4).

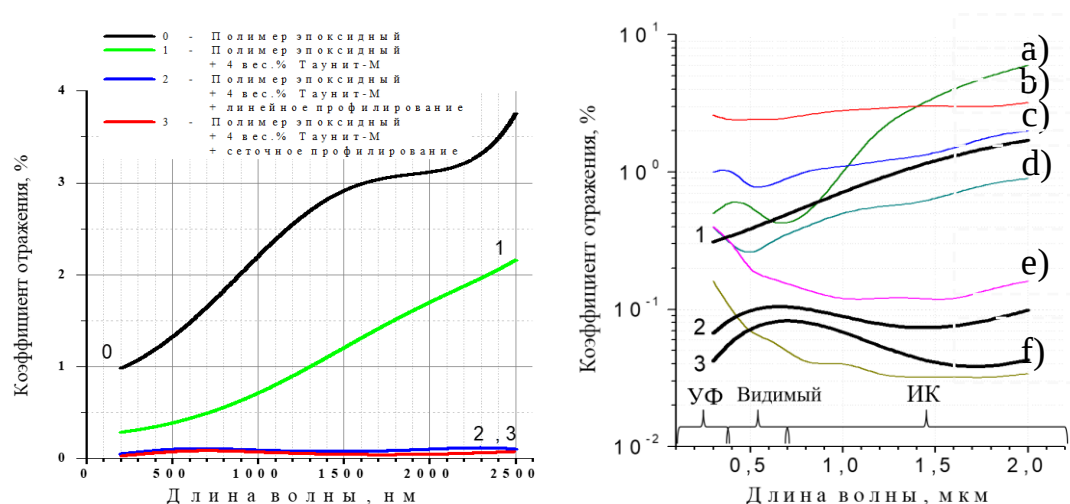


Рис. 4. Сравнение промышленно выпускаемых антиотражающих покрытий и полученных образцов.

а) Покрытие NiP, б) Соединение SiCN + МУНТ, с) Покрытие «Спектралон», d) «Черное золото», е) Коммерческий спрей на УНТ, f) Покрытие NIST VANTA – Массив вертикально ориентированных УНТ, выращенных методом CVD на подложках. Невысокая воспроизводимость, малые габариты подложки, высокая стоимость, низкая прочность

Данные материалы нужны для обеспечения безопасной работы электронных и оптоэлектронных систем, а также оптических приборов в условиях естественного и искусственного электромагнитного излучения (ЭМИ), устранения электромагнитных помех, обеспечения электромагнитной совместимости отдельных компонентов высокочастотного оборудования. Разработаны композиционные материалы на основе полимерных композиций с углеродными нанотрубками, графеном и другими углеродными наноматериалами. В этих радиопоглощающих материалах, в частности, многослойных широкополосных СВЧ-поглотителях на основе композиционных материалов, используется принцип преобразования электромагнитной энергии в тепловую. Эти материалы должны обеспечивать необходимую степень ослабления отражения ЭМИ ближнего и дальнего полей для различных объектов с разными углами падения и поляризацией.

Библиографические ссылки

1. F.F. Komarov, A.G. Tkachev, O.V. Milchanin, I.D. Parfimovich, M.V. Grinchenko, I.N. Parkhomenko, D.S. Bychenok. A composite based on epoxy polymer and carbon nanotubes: structure, optical properties and interaction with microwave radiation. *Advanced Materials & Technologies*, 2017, no. 2, pp. 19 – 25.
2. J. Zhu, X. Yang, Z. Fu, C. Wang, W. Wu, L. Zhang. Facile fabrication of ultra-low density, high-surface-area, broadband antireflective carbon aerogels as ultra-black materials. *J. Porous Mater*, 2016, vol. 23, no. 5, pp. 1217 – 1225.