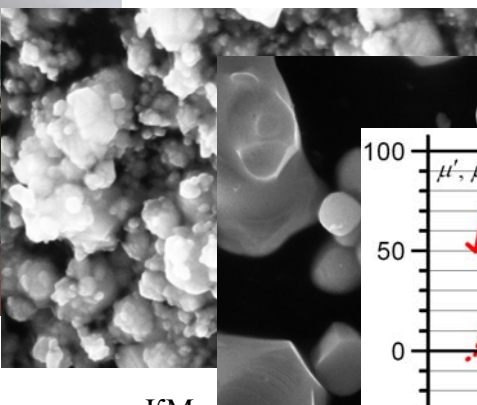


3. Исследования, направленные на создание композитных материалов, технологии их формирования

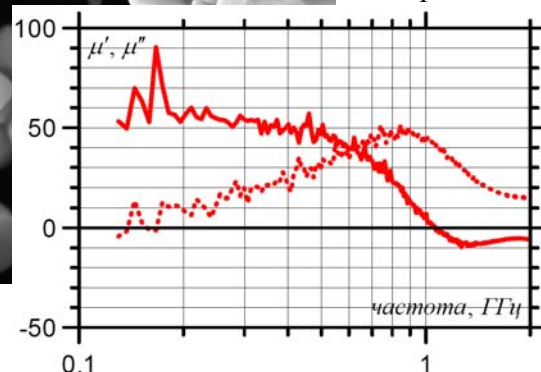
Важнейшими направлениями деятельности Института являются исследования по созданию технологий формирования композитных материалов, в том числе многофункциональных наноматериалов с новыми свойствами в радио-, микроволновом и оптическом диапазонах частот, предназначенных для нужд авиакосмической промышленности, приборостроения, энергетики, транспорта и медицины.

Институт, хорошо известен своими разработками материалов для нужд стелс-технологий.

1. Композитные материалы (КМ) часто имеют преимущество перед однородными материалами в высоком электрическом сопротивлении, низком удельном весе, приемлемых механических свойствах, химической стабильности, более широких возможностях механической обработки. Электродинамические свойства КМ могут варьироваться в широких пределах при изменении концентрации и формы включений в результате их механической обработки и др. Применение КМ делает возможным отдельное рассмотрение электродинамических свойств, зависящих, в основном, от наполнителя КМ, и физико-механических свойств, которые в первую очередь определяются матрицей КМ. Это дает возможность создавать материалы, совмещающие высокую эффективность для технических применений и необходимые физико-механические свойства, которые определяют, например, стойкость материала к



свойства, которые определяют, например, стойкость материала к



различным внешним воздействиям. По этой причине магнитодиэлектрические КМ широко используют в радиочастотном и микроволновом диапазонах, в частности, в качестве радиопоглощающих покрытий (РПП).

РПП на основе КМ удобны для использования тем, что они предоставляют широкие возможности получения минимального отражения не только варьированием толщины слоя и состава поглощающего материала, но и изменением концентрации наполнителя.

В связи с тем, что в подавляющем большинстве покрытий используются магнитные наполнители, принципиальным вопросом является достижение максимально высоких значений магнитной проницаемости, наряду с соответствующей частотной дисперсией её действительной μ' и мнимой μ'' частей. Для создания новых наполнителей в ИТПЭ РАН была разработана и введена в действие технологическая линия, позволяющая обеспечить серийное производство магнитных наполнителей с улучшенными и, главное, стабильными магнитными свойствами в микроволновом диапазоне. На основе таких наполнителей была разработана серия двухкомпонентных радиопоглощающих полимерных компаундов, используемых для изготовления различных типов РПП методом лакокрасочного напыления и отвечающих всем условиям эксплуатации.

Недостатком РПП на основе магнитных материалов является их высокий вес и ограниченный рабочий диапазон температур. Когда эти факторы важны, используются диэлектрические КМ (искусственные диэлектрики) на основе проводящих немагнитных

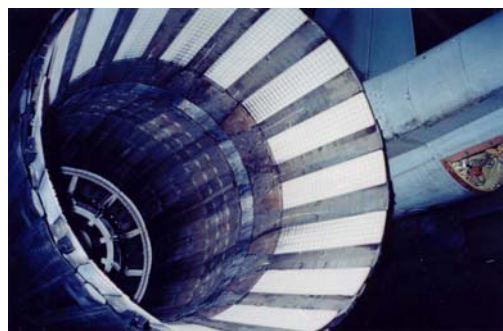
частиц, чаще всего сажи, иногда – порошков металлов. В отличие от магнитных частиц, ансамбль проводящих немагнитных частиц может характеризоваться заметным поглощением энергии падающей волны, только если размер частиц сопоставим с длиной волны. Для порошковых наполнителей это выполняется только при достаточно высоком их содержании в КМ, когда отдельные частицы образуют проводящие кластеры значительного размера. Такие РПП иногда называют покрытиями перколяционного типа. Для того чтобы контакты между частицами (которые, как правило, отличаются нестабильностью) не влияли на работоспособность РПП, могут быть использованы проводящие волокна, иногда в сочетании с другими наполнителями.



Для нанесения покрытий используются разные технологии. Большая часть поверхности самолета покрывается методом лакокрасочных технологий. Многослойные

радиопоглощающие покрытия напыляются с помощью как роботизированных систем в серийном производстве самолетов, так и ручным способом при создании экспериментальных образцов техники.

Чтобы обеспечить малую радиолокационную заметность самолета, широко применяются плазменные технологии, прежде всего плазменно-вакуумная, с помощью которой создается рассеивающее покрытие на фонаре кабины пилота.



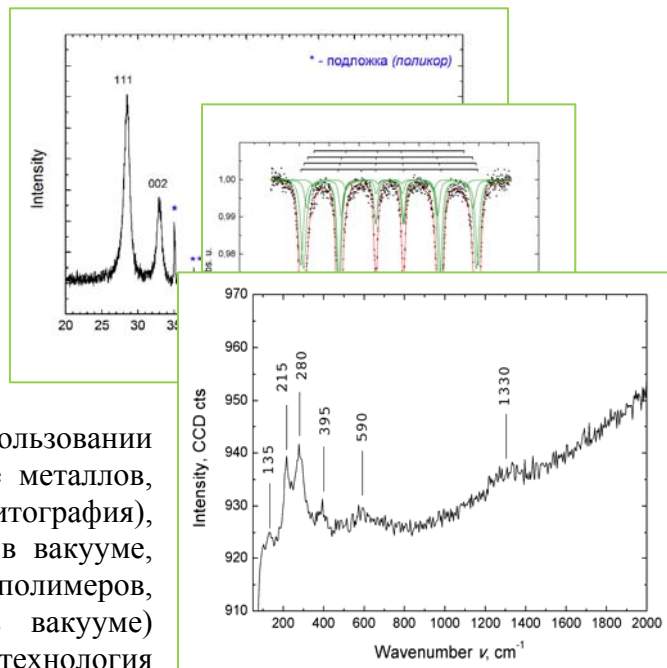
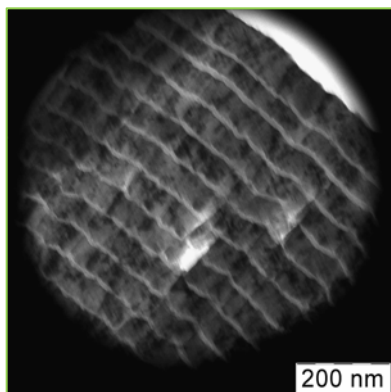
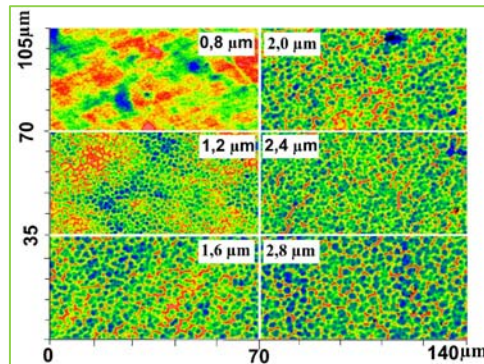
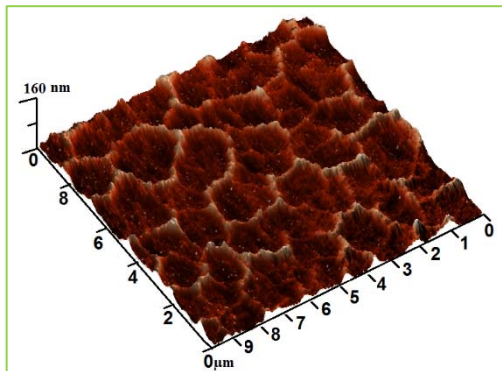
Для уменьшения заметности самолета при наблюдении его с задней полусферы, весьма эффективным признано нанесение радиопоглощающих покрытий на элементы выхлопного сопла двигателя самолета. Единственным материалом, способным выдержать одновременно температурные (до 1200°C) и механические нагрузки, характерные для этой части двигателя, является керамика. Разработаны многослойные керамические покрытия, напыляемые

на выходные элементы двигателя путем нанесения расплавленных микрочастиц диэлектрика и металла или же полупроводника в плазме дугового разряда, горящего при атмосферном давлении. Основная трудность, которую пришлось преодолеть, - создание высокой адгезии между довольно толстыми металлокерамическими слоями и поверхностью металла. Кроме того, температура, при которой покрытие должно сохранять свои радиофизические свойства, меняется в очень широких пределах - от 600 до 1200°C. Таким образом, было необходимо разработать материалы, диэлектрическая и магнитная проницаемости которых не менялись бы в широком температурном диапазоне. Эта задача частично решена.

2. Проблема создания метаматериалов является ключевой при разработке новых многофункциональных и интеллектуальных материалов.

В ИТПЭ РАН разрабатываются методы формирования упорядоченных и неупорядоченных систем на различных масштабах их линейных размеров (нанокompозитов, макроскопических сборок для фотонных кристаллов, макетов структур с отрицательными диэлектрической и/или магнитной проницаемостями). Фактически сформировалось новое направление в материаловедении – *технология композиционных материалов с многоуровневой организацией*.

Так проводятся работы по созданию многофункциональных тонкопленочных покрытий работающих одновременно в видимом, инфракрасном и радиочастотном диапазонах для применения в изделиях авиакосмической, медицинской и специальной



техники. Направление базируется на использовании как традиционных (вакуумное напыление металлов, полупроводников и диэлектриков, фотолитография), так и новых (газофазная полимеризация в вакууме, локальное газофазное осаждение полимеров, соосаждение металлов и полимеров в вакууме) технологических процессах. Разработана технология создания оптически прозрачных нанокompозитов методом соосаждения. Проводятся экспериментальные и теоретические исследования энергетической структуры металлополимерных нанокompозитов, их оптических и физикомеханических свойств.

Разрабатываемые материалы широко используются в Институте в исследованиях взаимодействия электромагнитных волн микроволнового и оптического диапазонов с неупорядоченными и упорядоченными гетерогенными системами, такими как перколяционные системы, композиты, наполненные мелкодисперсными и наноразмерными включениями, тонкие магнитные пленки, киральные материалы и искусственные магнетики, фотонные кристаллы и др. Развитая теория и обширный экспериментальный материал, накапливаемый Институтом в этой области, в свою очередь, служат основой для создания новых композитных материалов с уникальными электрофизическими и магнитными свойствами.

Отдельно следует отметить исследования в области принципов создания, процессов формирования и разработки технологий производства активных тонкопленочных структур SERS (Surface-Enhanced Raman Spectroscopy). Это направление, связанное с разработкой новых диагностических методов и аппаратных комплексов для медицины и геномной инженерии, развивается во взаимодействии с рядом научных коллективов работающих в области биохимии, микромеханики и микроэлектроники.