

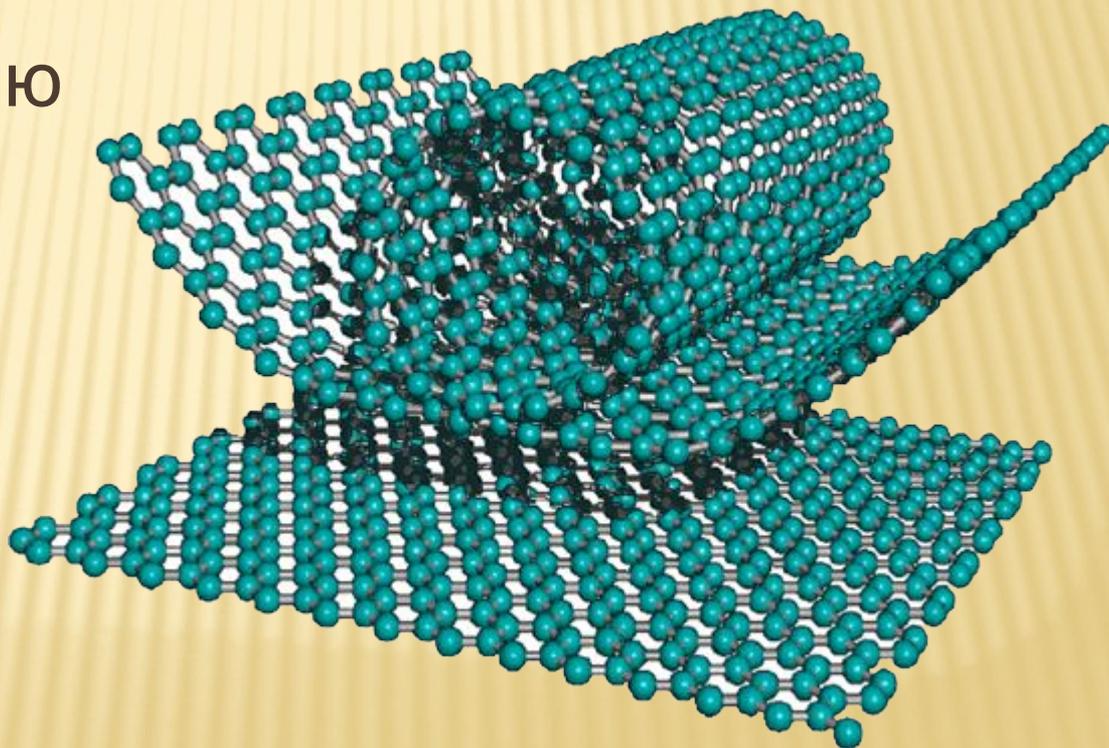
МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Выражение "композиционные материалы" содержит в новой форме старую и простую мысль о том, что совместная работа разнородных материалов дает эффект, равносильный созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих. Действительно, история использования человеком композиционных материалов насчитывает много веков, а представление о композиционных материалах заимствовано человеком у природы. Возникновение искусственных композиционных материалов восходит к истокам цивилизации, когда человек начал сознательно конструировать новые материалы.

КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПОЗИТОВ

- по природе компонентов
- по структуре композита
- по геометрии
- по расположению компонентов
- по количеству компонентов
- по методу изготовления



МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТОВ

- **Искусственный** – композит, полученный в результате искусственного введения арматуры в матрицу.
- **Естественный** – сплавы эвтектического или близкого к ним состава.

ЭВТЕКТИЧЕСКИЙ КОМПОЗИТ (ЭКМ)

Эвтектический композит (ЭКМ) – естественный материал, поскольку его структура формируется при направленной кристаллизации естественным путем, а не в результате искусственного введения арматуры в матрицу. Форма выделяющейся фазы – волокнистая или пластинчатая – зависит от объемной доли упрочнителя. При объемной доле упрочнителя (меньше 32 %) для ЭКМ характерна волокнистая структура, а при большей концентрации – пластинчатая. Поскольку прочность волокон выше прочности пластин, то волокнистое строение предпочтительнее пластинчатого.

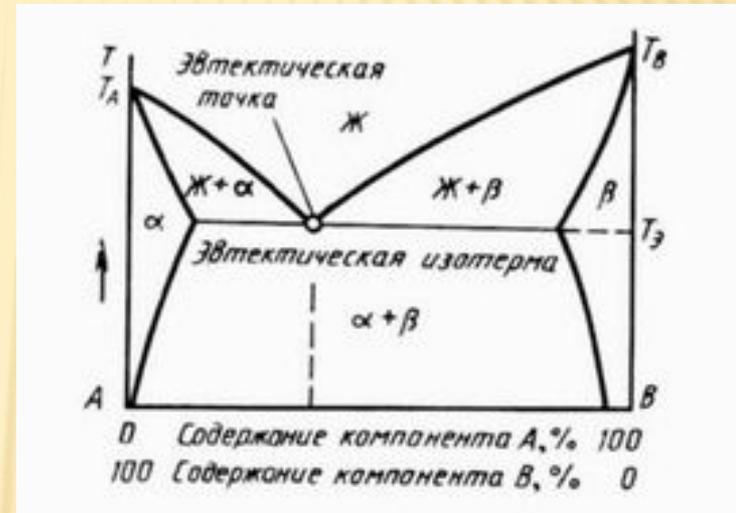
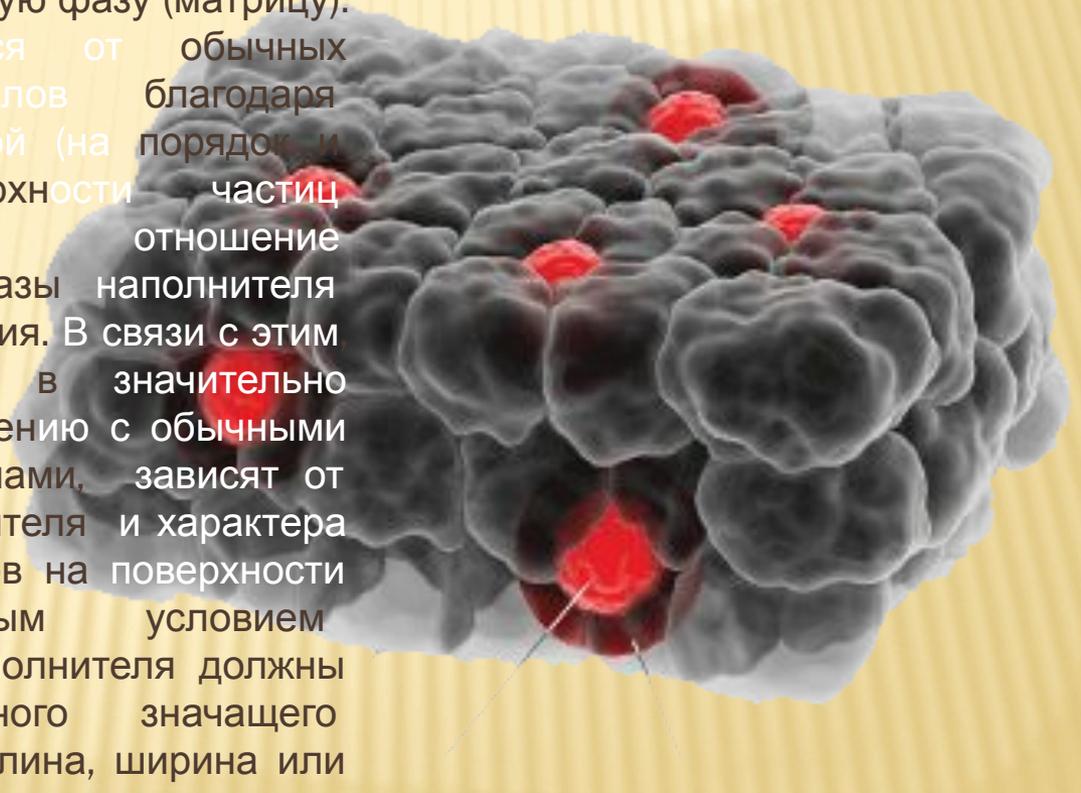


Рисунок 1. Диаграмма состояния двухкомпонентной эвтектической системы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Наноккомпозиты (Nanocomposites) – это материалы, сформированные при введении наноразмерных частиц (наполнителей) в структурообразующую твердую фазу (матрицу). Наноккомпозиты отличаются от обычных композиционных материалов благодаря значительно более развитой (на порядок и выше) площади поверхности частиц наполнителя. При этом отношение поверхность/объем для фазы наполнителя имеет очень высокие значения. В связи с этим свойства наноккомпозитов в значительно большей степени, по сравнению с обычными композиционными материалами, зависят от морфологии частиц наполнителя и характера взаимодействия компонентов на поверхности раздела фаз. Обязательным условием является то, что частицы наполнителя должны иметь не менее одного значащего геометрического размера (длина, ширина или толщина), лежащего в нанометрическом диапазоне (1-100 нм).



СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД

Наступающий XXI век - век новых материалов и технологий, век создания композиций с прогнозируемыми свойствами, что в значительной степени связано с использованием новых физико-химических приемов формирования поверхности заданного химического состава и строения с атомно-молекулярной точностью («атомарная сборка»). Необходимость дальнейшего прогресса в этой области заставляет исследователей «погружаться» в самые глубокие проблемы квантовой механики и физики твердого тела. Надежность производства микро- и нанокompозитов должна быть очень высокой на всех стадиях технологического процесса. Поэтому получение принципиально новых характеристик искусственных композиционных структур, основанных на квантовых эффектах, явлении самоорганизации, невозможны без создания новых прецизионных синтетических процессов и разработки новых подходов к их анализу.

СИНЕРГЕТИКА

Методологической основой получения материалов с заданными свойствами являются принципы синергетики, в соответствии с которыми эффективное управление свойствами материалов и их оптимизация возможны только в условиях самоорганизации структур. Термин «синергетика» происходит от греческого «синергос», что означает «вместе действующий».

Синергетика занимается изучением процессов самоорганизации, устойчивости и распада структур различной природы, формирующихся в системах, далеких от равновесия.



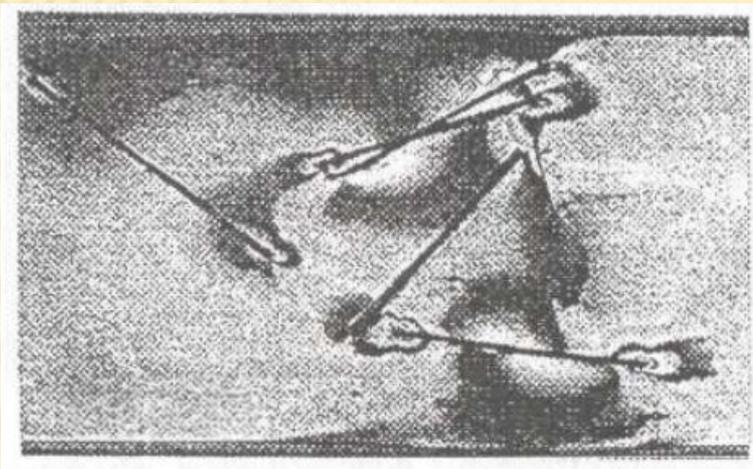


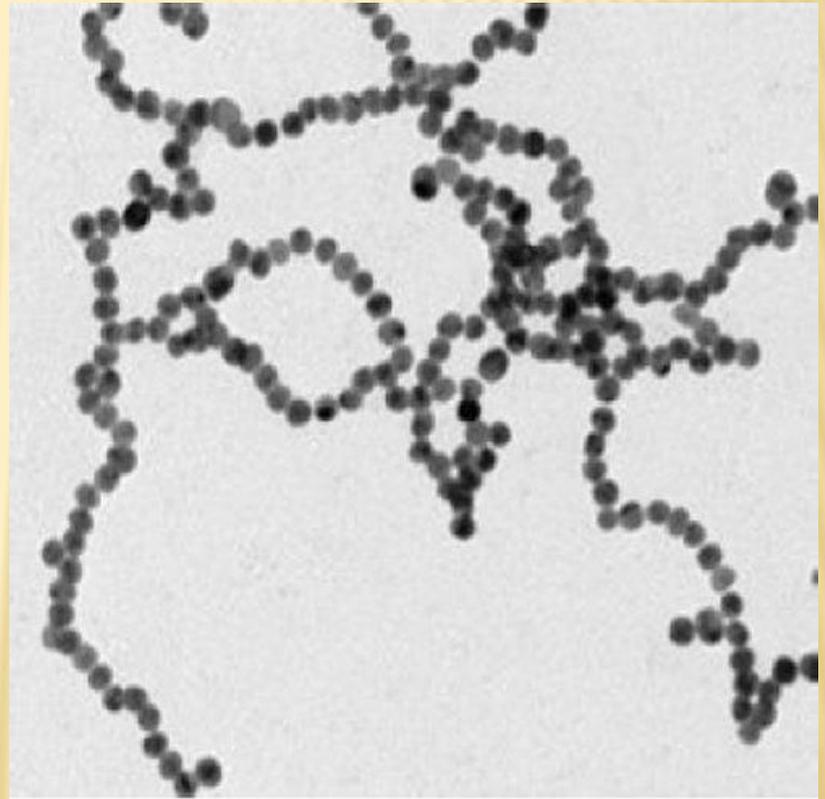
Рисунок 2. Картина напряжений в эпоксидном композите, армированном пучками углеродных волокон

Синергетика процесса взаимодействия волокон и матрицы при растяжении композита иллюстрируется картиной напряжений, полученной при фотографировании через скрещенные поляроиды (рис. 2). Эпоксидная матрица упрочнена пучками жестких углеродных волокон. Напряжения в деформированной матрице обнаруживаются как зоны контрастных цветов. Волокна ограничивают возможность деформации прилегающего слоя материала матрицы, что приводит к концентрации напряжений у концов волокон. В композитах, армированных короткими волокнами, трещины часто зарождаются именно здесь. Распределение цвета указывает на сложное взаимодействие между напряженными областями, прилегающими к волокнам. Это явление сильно усложняет математическое описание свойств композитов, армированных короткими волокнами.

САМООРГАНИЗАЦИЯ

Процесс спонтанного образования и развития сложных упорядоченных (диссипативных) структур в открытых системах получил название самоорганизации.

Самоорганизация является общим свойством открытых систем. При этом именно неравновесность служит источником упорядоченности. Диссипативные структуры образуются в открытых системах, т.е. в системах, способных обмениваться веществом и энергией с внешней средой. Выдающийся физик Э. Шредингер красочно охарактеризовал эту ситуацию как «добывание упорядоченности из окружающей среды».



СВЕРХРЕШЕТКИ

В последние годы интенсивно исследуют поверхностные гибридные (композитные) наноструктуры, поскольку с их применением можно создавать новые электронные приборы, принципы работы которых основаны на квантовых эффектах. Среди них - **сверхрешетки**, периодические пленочные системы с толщинами слоев от 1 до 100 нм, синтезируемые на поверхности монокристаллической матрицы. Если характерные размеры (периоды сверхрешетки) будут достаточно малы (меньше чем длина свободного пробега электронов), то при наличии почти идеальных границ вся электронная система перейдет в квантовый режим с особыми характеристиками. Для реализации требуемой искусственной периодичности предложены два типа сверхрешеток: сверхрешетки с переменным легированием и композиционные сверхрешетки, в которых чередуются тонкие слои материалов различного состава. На рис. 3 показана композитная трехслойная сверхрешетка, полученная с помощью молекулярно-лучевой эпитаксии. Изображение структуры в поперечном сечении увеличено в 800 тыс. раз. Светлые полосы - это соединения цинка и селена, широкие темные полосы - соединения цинка, магния и селена. Эта идея привела к развитию и появлению новых методов тонкопленочной технологии, таких как молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ), химическая сборка (ХС) или атомно-слоевая эпитаксия (АСЭ), осаждение из металлоорганических соединений, так называемая МОС-гибридная технология.

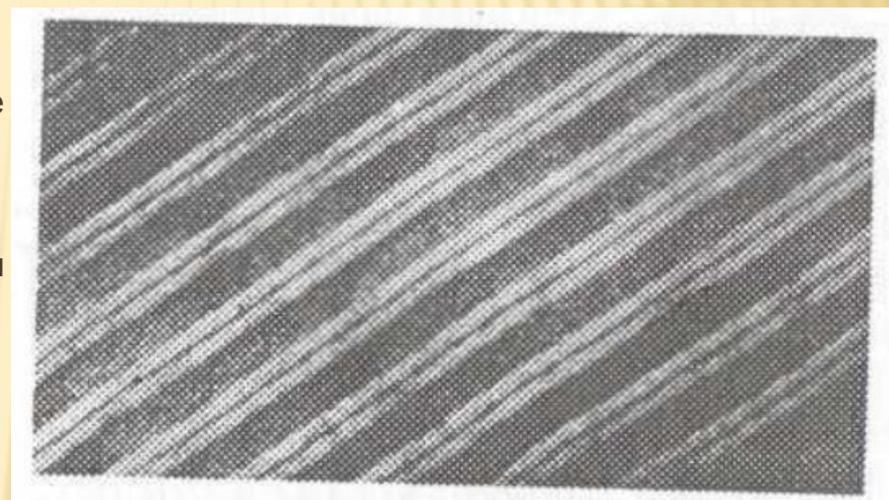
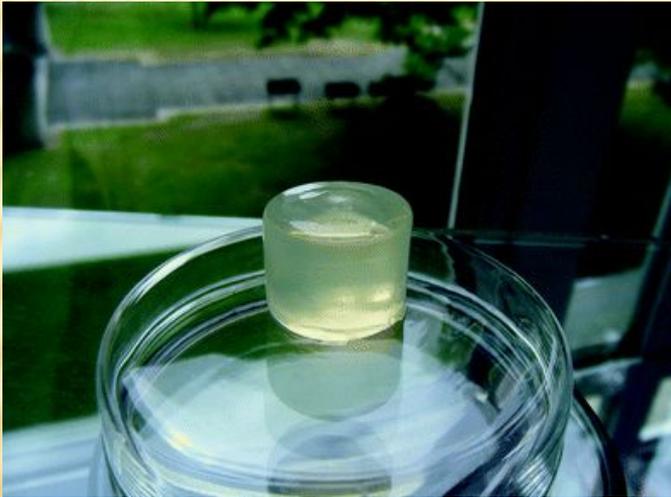


Рисунок 3. Слоевой нанокompозит

ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОД

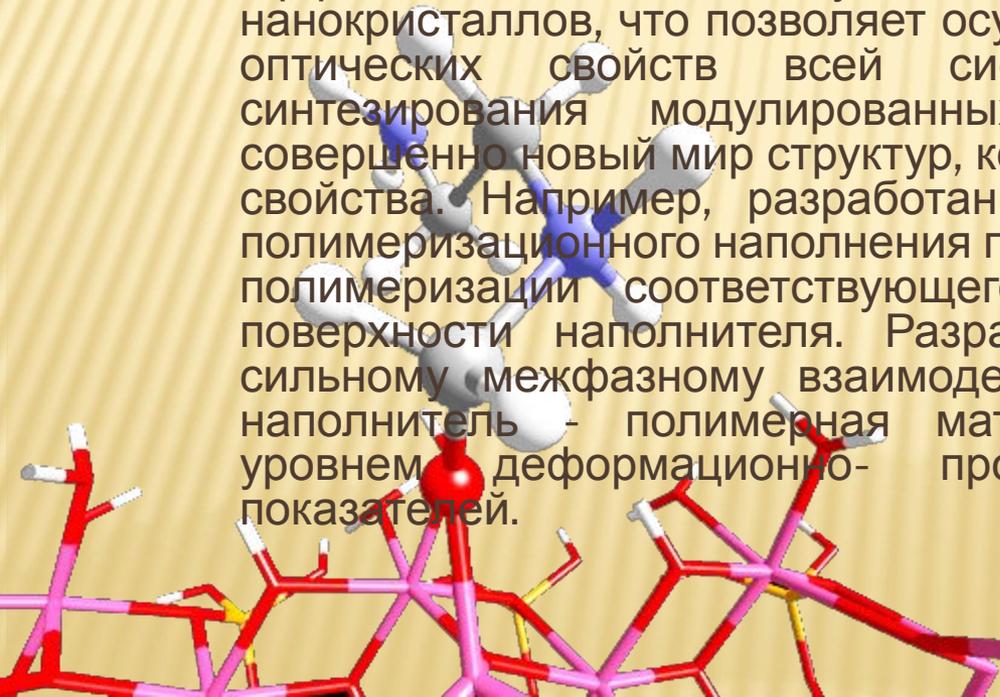


В последние годы развиты методы создания нанокompозитов на основе покрытия и заполнения нанопор в подложках керамического типа. Один из таких методов - золь-гель метод. Суть золь-гель-метода заключается в том, что на первой стадии процесса формируется химический состав продукта в виде высокодисперсного коллоидного жидкого раствора - золя (размер частиц дисперсной фазы 10^{-9} - 10^{-8} м). Увеличение концентрации дисперсной фазы приводит к появлению коагуляционных контактов между частицами и образованию геля. Золь-гель-процесс - удобный путь получения дисперсных материалов (называемых керамерами) через рост металлоксиполимеров в растворах. Он основан на неорганических реакциях полимеризации. Золь-гель-метод включает следующие основные этапы: приготовление раствора -> образование геля -> сушка -> термообработка. В большинстве случаев исходными веществами служат алкоксиды металлов. Реакцию осуществляют в среде органических растворителей.

Метод характеризуется сложностью аппаратного оформления, высокой чистотой синтезированного соединения (99%) и однородностью.

ПРОГНОЗЫ

В настоящее время большое внимание исследователей привлекает оптоэлектронная технология, основанная на свойствах пористого кремния. Например, для улучшения коэффициента эмиссии светодиодов на основе пористого кремния методом электрохимического осаждения вводят в матрицу такие металлы, как Au, Si, Ni или проводящие полимеры. Широкое применение в будущем может найти нанокompозит пористый кремний - жидкие тематические кристаллы. В этих материалах наблюдаются новые электрооптические эффекты, связанные с модуляцией коэффициента поглощения жидких нанокристаллов, что позволяет осуществлять прецизионный контроль оптических свойств всей системы в целом. Возможность синтеза модулированных структур открывает путь в совершенно новый мир структур, которым можно придавать желаемые свойства. Например, разработан новый технологический процесс полимеризационного наполнения полиолефинов. Метод заключается в полимеризации соответствующего мономера на активированной поверхности наполнителя. Разработанные композиты, благодаря сильному межфазному взаимодействию на границе раздела фаз наполнитель - полимерная матрица, характеризуются высоким уровнем деформационно-прочностных и эксплуатационных показателей.



Как предсказывают материаловеды, нанокompозиты, включающие пластмассы и другие органические материалы, в XXI веке станут чуть ли не основными для производства лазеров, транзисторов, магнитов. Американским и японским ученым впервые удалось превратить пластмассу, которая обычно состоит из миллионов идентичных молекул, связанных в длинные полимерные цепи не проводящие электричество в электрический проводник. Недавно разработан общий метод синтеза и получены экспериментально опытные партии композитов на основе модификации перфторполимеров, которые обладают уникальным комплексом ценных свойств. Суть метода заключается в покрытии поверхности исходного материала тонкими слоями (2 -10нм) фторполимеров и их последующей химической модификации.

Дальнейшее развитие композиционных материалов следует рассматривать как движение в двух направлениях. Первое - разработка новых, более дешевых компонентов композита и методов их переработки. Второе направление - повышение рекордных характеристик и создание принципиально новых композитов.

