

# ТЕМА 1. ТЕХНОЛОГИИ И ОБЩЕСТВО

У любой экономической системы есть, как минимум, две проблемы:

- 1) как удовлетворить постоянно возрастающие потребности общества в благах (товарах и услугах)?
- 2) как справиться с нехваткой ресурсов (материалов, финансовых средств, энергоносителей и т.д.) для производства этих благ?

*Расширение производства новых товаров и услуг (для получения максимально возможной прибыли) и нехватка ресурсов являются сильнейшими стимулами развития новых технологий.*

Ресурсов для всех не хватает (в принципе и всегда). Общество, наращивая производство одних благ, вынуждено сокращать производство других.

С помощью простейшей графической модели представим эту ситуацию.

Рассмотрим гипотетическую экономику, в которой производится два блага – X и Y. Допустим также, что количество ресурсов и технология производства постоянны. Предположим, что данная экономическая система в данный момент эффективна (т.е. полная занятость ресурсов, полная загрузка производства).

- Если абсолютно все ресурсы направлены на производство блага  $X$ , то общество получит максимальное его количество. При этом благо  $Y$  вообще производиться не будет (вариант А). Возможна другая альтернатива, когда все ресурсы общества направляются на производство товара  $Y$ . В этом случае благо  $Y$  производится в максимальном количестве, а благо  $X$  не выпускается (вариант В).
- Однако обществу необходимы одновременно оба товара, для чего надо снизить производство каждого из этих благ ниже максимального. При этом имеют место альтернативные варианты производственных комбинаций (например, С, D, E). Данную ситуацию можно изобразить графически.
- Каждая точка кривой производственных возможностей представляет определённую комбинацию благ двух видов. Например, точка С представляет комбинацию  $X_c$  единиц<sup>2</sup>

# Тема 1. Технологии и общество

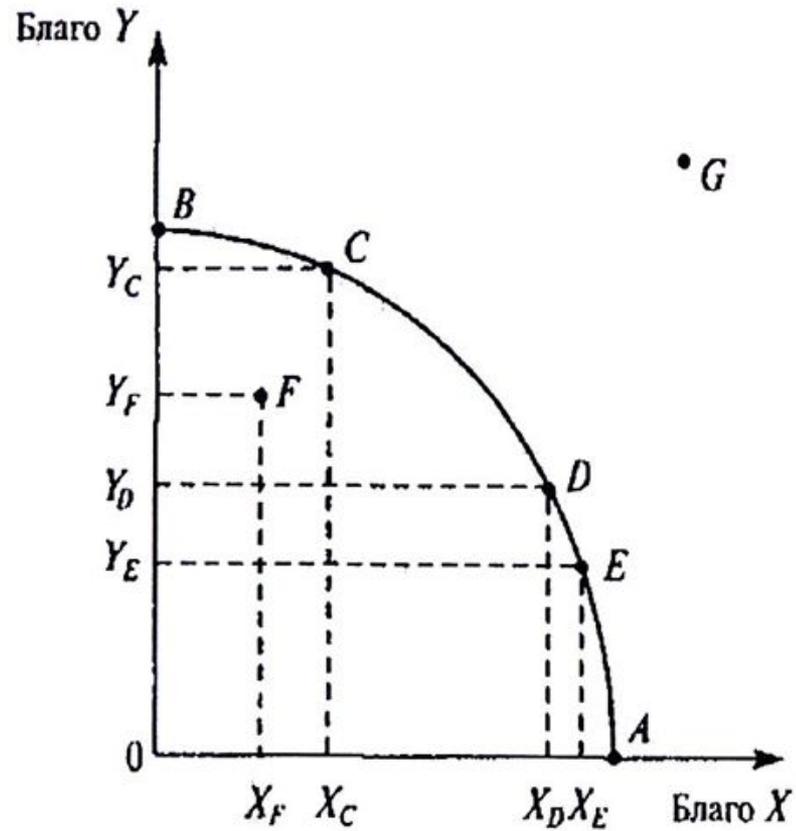


Рис.1.1 Кривая производственных возможностей

- Выбор оптимального набора благ является основной проблемой, связанной с ограниченностью ресурсов. Ограниченность ресурсов приводит к конкуренции, рациионированию и дискриминации.
- Кривая производственных возможностей показывает максимально возможный объём производства двух благ при тех ресурсах и технологиях, которыми обладает общество.
- Экономика эффективна, когда все точки возможных комбинаций производства двух благ находятся вблизи границы производственных возможностей (B,C,D,E,A).
- Экономика неэффективна, если точки возможных комбинаций удалены от границы влево (F). Длительное пребывание в этой зоне очень опасно для экономики.
- Точка G – цель будущего. Экономическое развитие – это постепенное перемещение границы к ней.

- **Конкуренция** – экономическое соперничество товаропроизводителей, направленное на получение наибольшего количества ресурсов. Поскольку существует множество вариантов использования ресурсов, а их количество ограничено, то неизбежно возникает конкуренция.
- **Рационирование** (нормирование, фондирование) – система распределения, устанавливающая максимальное количество ресурса, которое может приобрести экономическая единица. Рационирование – это способ распределения какого-либо блага или ресурса, предложение которого ниже спроса. В условиях свободного рынка такая ситуация не возникает. В своё время рационирование широко практиковалось в нашей стране, испытывавшей с 1917 г. разнообразные виды дефицита и следовавшего за ним рационирования. Как исключительная мера рационирование имеет место и в экономике развитых стран. Например, в США во время второй мировой войны оно было достаточно эффективно.

- **Дискриминация** – ограничение или лишения доступа к каким-либо благам определённых категорий юридических или физических лиц по признаку национальной принадлежности, политических взглядов и др. Примером может являться дискриминация на рынке труда. В этой ситуации любая экономическая система стоит перед дилеммой: с одной стороны, потребности общества безгранично растут; с другой – ресурсы, необходимые для производства благ, ограничены. Как развиваться? Что делать?
- Ограниченность ресурсов – это фундаментальная экономическая проблема. У общества по сути дела есть только два пути наращивания ресурсов – (1) разработать новые технологии, которые позволят расширить ресурсную базу, и (2) снизить их расход, а также привлечь ресурсы из других экономик. Второй путь носит временный характер и не решает проблемы.
- Поэтому технология – это ключевое понятие в экономике, и развитие технологических возможностей общества на большом отрезке времени в конечном итоге определяет экономическое состояние общества.

## 1.1. Понятие технологии, её место и значение в системе знаний

Понятие «технология» (*techne* - искусство, мастерство, умение)+ *logos* (учение) – в историческом плане претерпело существенные изменения.

Ранее его рассматривали как совокупность методов и приёмов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала (или полуфабриката), применяемых в процессе *производства* для получения готовой продукции.

Позднее – как науку о способах воздействия на сырьё, материалы, полуфабрикаты соответствующими орудиями производства, о способах воздействия на информацию различного назначения (компьютерные технологии).

Современное определение: технология – это совокупность научно-технических знаний, которые могут быть использованы при разработке, производстве или эксплуатации продукции, осуществлённая на материальных носителях и существующая в интеллекте субъекта.

Развитие современного общества зависит от состояния триады: **наука – технология – производство**, т.е., по сути, от наличия мобильной и высокоэффективной научно-технической базы, позволяющей разрабатывать и оперативно внедрять в производственный процесс новые (в том числе ресурсосберегающие и экологически чистые) технологии.

Связь наука – технология – производство (см. рис. 1.2)



Рис.1.2. Иерархическая структура системы «наука – производство – потребление»

- Особенность фундаментальных исследований – это их большая длительность (около 70% времени создания продукта), слабая управляемость, недопустимость ошибочных решений. Конечным результатом являются выбор принципиального пути создания продукта (материала), определение ключевых параметров (свойств) материала, **техническое задание на выполнение прикладных исследований**.
- Особенностями прикладных исследований являются детальное изучение характеристик материала, разработка или модернизация процессов их получения и обработки и аппаратуры. Конечным результатом является получение образцов изделий, методов и аппаратуры для их производства и аттестации, а также **техническое задание на выполнение ОКР**.
- На этапе ОКР производится моделирование процессов получения продукта, разработка технологических маршрутов, создание необходимого оборудования. Конечным результатом являются образцы продукции и оборудования для его производства.
- На этапе технологической подготовки производства проводится подготовка сложного комплекса действий исполнителей и орудий производства. Конечным результатом этапа является разработка технологической документации (**технологических карт**), оборудования, оснастки, выпуск опытных партий продукции.

## 1.2. Национальные критические технологии

- ❑ Каждая высокоразвитая страна имеет перечень критических технологий, определяющих стратегию развития общества и инвестиционную политику. Критериями их выбора являются: национальные потребности и интересы (конкурентная способность предприятий, безопасность нации, энергетическая независимость, качество жизни и др.), значимость страны в мире, уровень развитости рынка и т.д.
- ❑ Представляет интерес сравнение критических технологий России и США ( таб. 1.1). Но в целом приоритетное место отдано материалам и способам их обработки.
- ❑ В США : синтез и производство материалов, материалы для электроники и фотоники, керамики, композиты, металлы и сплавы с особыми свойствами.
- ❑ В РФ перечне несколько иные приоритеты: материалы для микро- и наноэлектроники, композиты, керамики и нанокерамики, металлы и сплавы с особыми свойствами, сверхтвёрдые материалы, биосовместимые материалы, катализаторы, мембраны, дизайн

## Сравнение критических технологий США и РФ

США	Россия
Материалы (Materials)	Новые материалы и химические продукты
Обрабатывающая промышленность (Manufacturing)	Производственные технологии
Информация и связь (Information and Communications)	Информационные технологии и электроника
Биотехнология и жизнь (Biotechnology and Life Sciences)	Технология живых систем
Аэронавтика и наземный транспорт (Aeronautics and Surface Transportation)	Транспорт
Энергетика и окружающая среда (Energy and Environment)	Топливо и энергетика
	Экология и рациональное природопользование

### 1.3. Технологии двойного назначения

Некоторые технологии могут быть использованы как для гражданских, так и для военных целей. Их часто называют *технологиями двойного назначения*. Некоторые выдержки из их списка по трём направлениям приведены ниже.

#### А. Производственное оборудование, узлы, оснастка, приспособления

1. Промышленное оборудование общего назначения.
2. Специальное металлообрабатывающее оборудование.
3. Оборудование для получения и специальной обработки керамик и высокопрочных металлов.
4. Специальное химическое и нефтехимическое оборудование, оборудование для производства специальных топлив и веществ.
5. Специальное оборудование для электротехнической промышленности.
6. Специальное оборудование для электронной, радиоэлектронной промышленности и точного приборостроения.

□ **Б. Материалы**

1. Конструкционные металлические сплавы
2. Полимеры, пластмассы, химические волокна, нити, каучуки и т.д.
3. Композиционные, интерметаллические, кристаллические, металлокерамические и керамические материалы.
4. Жидкости и смазочные материалы.
5. Сырье, материалы, полуфабрикаты для электронной техники, оптики, опто- и радиоэлектроники, электротехники.
6. Строительные материалы и конструкции.
7. Биоматериалы.

□ **В. Отдельные виды технологий**

1. Технология получения, обработки и применения специальных материалов.
2. Технологии автоматизированного проектирования, производства, контроля и испытания изделий при изготовлении.
3. Технологии электронных приборов и систем.
4. Информационные и компьютерные технологии.
5. Биотехнологии и медицина.
6. Технологии специальных транспортных средств и носителей.
7. Энергетика и энергосбережение.
8. Технологии жизнеобеспечения и т.д.

Экспортные ограничения (комиссия по экспортному контролю).  
Ограничения на свободное распространение в РФ. Ограничения на публикацию информации.

## 1.4. Технологии получения и обработки материалов

Постоянная потребность в новых материалах обусловлена рядом факторов:

- усложнением создаваемой техники, например, для эксплуатации при высоких температурах (стационарных и циклических), механических нагрузках (постоянных и переменных), в агрессивных средах (газах, жидкостях, жидких металлах), в различных физических полях (электрических, магнитных), при радиационном воздействии и др.;
- стремлением получить более высокие параметры и КПД техники;
- стремлением повысить надёжность и безопасности техники;
- стремлением снизить материалоемкости изделий;
- задачей улучшения дизайна и потребительских свойств продукции;
- расширением области применения техники и конкретных устройств.

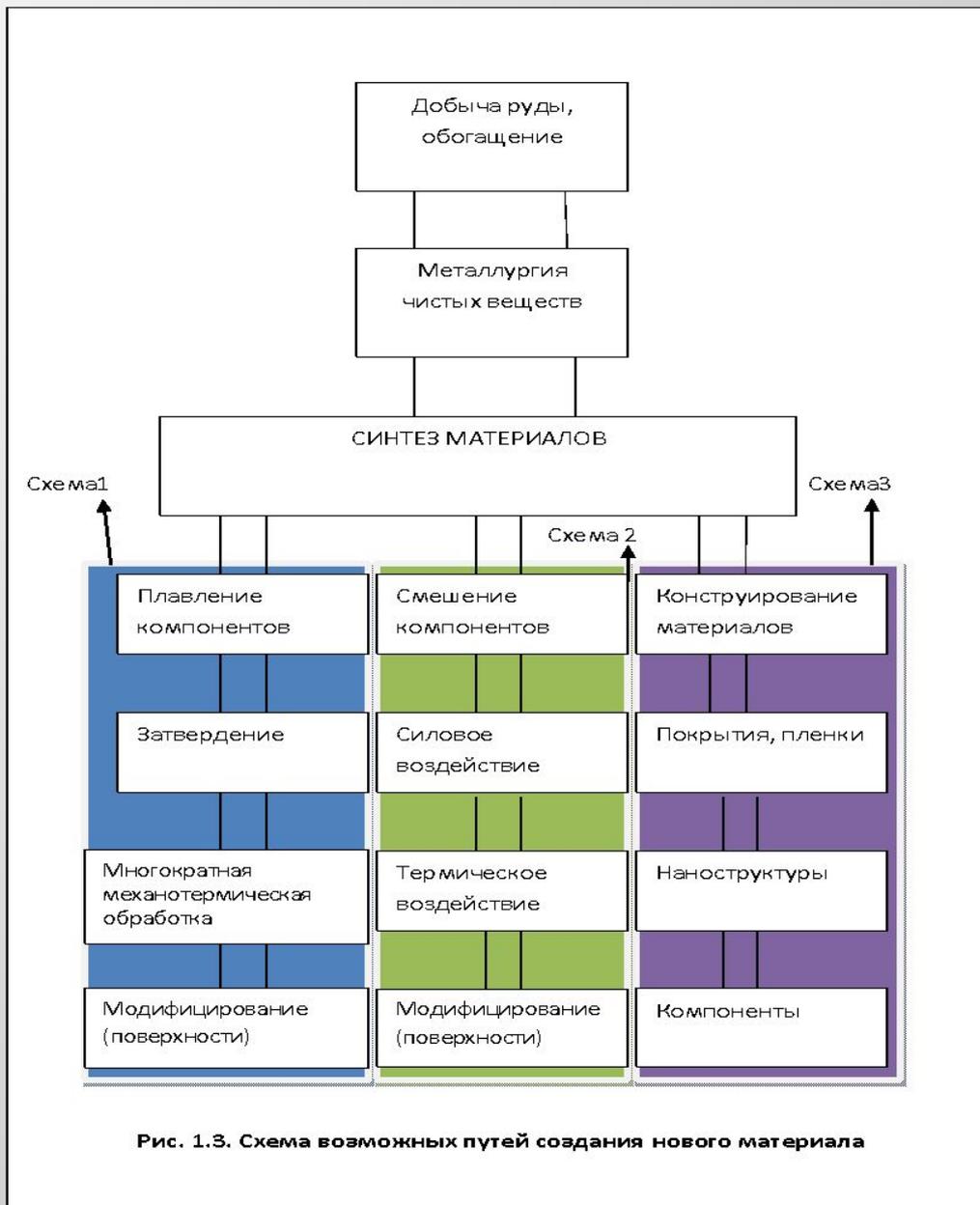


Рис. 1.3. Схема возможных путей создания нового материала

См. рис. 1.3.

- **Первая схема** (левая) основана на классическом подходе: плавление (1) и затвердевание (2) расплава с последующей термомеханической обработкой (3) литого материала и, при необходимости, дополнительным финишным модифицированием поверхностных слоёв (4) материала (изделия) путём химико-термической обработки (при традиционном подходе) или радиационным воздействием.
- **Вторая схема** (в центре рисунка) основана на смешении веществ (порошков, нанокристаллов и др.) с последующим силовым и термическим воздействием для их компактизации и стабилизации структуры. В этом случае тоже часто применяют финишное модифицирование поверхностных слоев.
- **Третья схема** (правая) показывает принцип одновременного создания (конструирования) материала и изделия (поатомная сборка материалов, осаждение покрытий, включая многослойные, изготовление композитов).

Как видно на рис. 1.3. технология заканчивается модифицированием поверхностных слоёв, т.е. изменением структурно-фазового состояния поверхности без изменений в объёме. Конечная цель этой операции - изменение физических свойств материалов (изделий), улучшение эксплуатационных параметров (прочность, износостойкость, жаростойкость, коррозионно-усталостную прочность, трещиностойкость, радиационную стойкость и др.).

- **Физические свойства материалов** определяются их природой, т.е. электронным строением атомов; их взаимодействием друг с другом. В этой связи для изменения физических и физико-химических свойств необходимо провести изменения на уровне электронных состояний.
- *Увеличение энергии межатомной связи*, например, путём легирования. Это повышает сопротивление движению дислокаций, т.е. увеличивается трение решётки (силы Пайерлса-Набарро).
- *Деформационное упрочнение*. В результате пластической деформации возникает сильно искажённая структура, возрастает плотность дислокаций, происходит измельчение зёрен за счёт их дробления и возникновения новых границ. Упрочнение в этом случае вызвано торможением движения деформационных дислокаций.
- *Дисперсное упрочнение*, т.е. упрочнение дисперсными частицами, выделившимися из пересыщенного (при закалке) твердого раствора при отжиге (старении). Дисперсные частицы блокируют движение дислокаций и таким образом упрочняют материал.
- *Зернограничное упрочнение* – за счёт увеличения протяжённости границ зёрен как эффективных препятствий для движущихся дислокаций. Чем мельче зерна, тем больше площадь границ и выше прочность материала.

- Для обеспечения усталостной или коррозионно-усталостной прочности необходимо сформировать гомогенный (по составу) твёрдый раствор, особенно в поверхностном слое. Создать сжимающие напряжения в этом слое, обеспечить отсутствие на поверхности микротрещин и пор. Наиболее перспективное состояние материала - *аморфная* или *микроструктурная* структура.

*Аморфное (стеклообразное) состояние* характеризуется отсутствием дальнего порядка в относительном расположении атомов. В аморфном теле свойства не зависят от направления их измерения, при разломе поверхность имеет произвольную форму.

Существует несколько способов получения аморфного состояния: (1) быстрое затвердевание расплава со скоростями более  $10^4$  К/с, (2) быстрое осаждение пара, полученного плазменным или лазерным распылением (испарением) на холодной подложке, (3) ионная имплантация (полупроводники).

Важной особенностью аморфного состояния является гомогенное распределение компонентов по объёму сплава. Для этого необходимо при затвердевании расплава обеспечить определённую степень переохлаждения и высокую скорость охлаждения расплава (для подавления образования кристаллических зародышей).

## 1.5. О радиационных и плазменных технологиях (РПТ)

- В материаловедении известно много различных технологий воздействия на вещество (механическое, химическое и т.д.).
- В последние годы интенсивно разрабатываются радиационные технологии получения и модифицирования материалов. Их научной основой явились результаты исследования взаимодействия электронов, ионов, атомов и их кластеров, плазмы, лазерного и гамма-излучения с твёрдым телом. Ионизирующее излучение или ускоренная частица, двигаясь в твёрдом теле, теряют свою энергию в столкновении с атомами и электронами, нагревая тело и создавая радиационные дефекты, внедрённые ионы (атомы) остаются в решётке.
- При увеличении плотности потока энергии, переносимой частицами, характер их взаимодействия на поверхность твёрдого тела утрачивает чисто радиационный аспект и становится в основном тепловым. В этой связи мощные электронные и ионные пучки, лазерное излучение и потоки высокотемпературной плазмы с плотностью мощности выше  $10^5$  Вт/см<sup>2</sup> можно рассматривать как концентрированные потоки энергии.

## Структурная схема РПТ состоит из следующих блоков и задач:

- (1) *создать оборудование* для генерации потоков ионов, нейтральных атомов, электронов, плазмы, кластеров атомов, фотонов, силового воздействия, нагрева, охлаждения, контроля окружающей среды и т.д. ;
- (2) *разработать методы воздействия*, в частности, имплантацию, распыление, осаждение, перемешивание, нагрев, ядерное легирование и др.;
- (3) *научиться управлять регулируемыми параметрами* при обработке (токи, потоки, флюенсы, энергия и вид излучения (частиц), масса частиц, длительность импульса, температура мишени, окружающая среда и др.);
- (4) *разработать технологию*, например, изменение топографии поверхности, активация поверхности, изменение структуры или химического состава, нанесение и удаление слоя, залечивание дефектов поверхности и т.д.;
- (5) *доказать наличие требуемых эксплуатационных свойств*, созданных обработкой, например износостойкость эрозионная и коррозионная стойкость, прочность, твёрдость, выносливость, термостойкость, сопротивление трению, водородопроницаемость (диэлектриков), эмиссионные характеристики и др.

## 1.6. Механизмы радиационное и плазменное модифицирования материалов

Радиационные и плазменные методы обработки материалов предполагают использование тепловой, кинетической, электромагнитной энергии пучка (или радиационного поля) и различные способы её подвода к мишени: непрерывный, импульсный, импульсно-периодический, точечный, линейный, поверхностный, квазиобъёмный и т.д. за счёт протекания целого ряда следующих физических процессов:

- быстрого нагрева и охлаждения поверхностного слоя;
- имплантации атомов (ионов) в материал;
- распыления или испарения атомов поверхностного слоя;
- плазмообразования на поверхности мишени;
- дефектообразования в слое материала;
- химического взаимодействия атомов мишени со средой или бомбардирующими частицами;
- осаждения атомов или молекул на поверхности с регулированием эпитаксии;
- ионного перемешивания атомов в поверхностном слое;
- термической и радиационно-стимулированной диффузии различных атомов;
- термических и структурных напряжений;
- ударно-волнового воздействия вследствие газодинамического разлёта плазмы и пара с поверхности материала и т.д. (список можно продолжить).

К числу **наиболее заметных структурных и фазовых изменений** в материалах при обработке следует отнести:

- увеличение параметра кристаллической решётки;
- разворот плоскостей упаковки атомов;
- образование аморфной и ультрадисперсной фаз;
- диспергирование микроструктуры;
- накопление радиационных дефектов;
- загрязнение материала примесями;
- растворение и образование радиационно-стимулированных и радиационно-индуцированных фаз;
- расслоение твёрдых растворов, упорядочение;
- массоперенос в приповерхностном слое и в объёме;
- создание пересыщенных твёрдых растворов;
- изменение магнитного состояния сплавов;
- радиационно-индуцированная сегрегация;
- образование слоистых структур;
- формирование дислокационных субструктур;
- образование градиентных структурно-фазовых состояний и др.

## 1.7. Виды радиационных и плазменных технологий

**Классификация – по носителям энергии, с учётом основного модифицирующего фактора.**

1. Ионно-пучковые технологии.
2. Плазменные технологии.
3. Ионно-плазменные технологии.
4. Технологии на основе концентрированных потоков энергии, создаваемых
  - лазерным излучением;
  - мощными импульсными электронными пучками;
  - мощными импульсными ионными пучками;
  - потоками высокотемпературной импульсной плазмы.
5. Технологии, основанные на использовании нейтронов.
6. Технологии на основе рентгеновских фотонов и гамма-квантов.
7. Технологии на основе пучков ускоренных электронов и т.д.

## 1.8. Ионные пучки

Ускоренные ионы (и атомы) в виде моно- или полиэнергетических пучков являются рабочим телом ионно-пучковых и ионно-плазменных технологий.

Для бомбардировки поверхности твердых тел используются ионы различных химических элементов, нормально существующие в виде газа или твёрдого тела.

Параметры ионного пучка (энергия ионов, поток, флюенс) выбирают в зависимости от решаемой задачи при обработке материалов.

Например, для модифицирования конструкционных материалов методом имплантации обычно достаточно иметь энергию ионов до 100 кэВ и флюенс до  $10^{18}$  ион/см<sup>2</sup>, методом ионного перемешивания — флюенс до  $10^{17}$  ион/см<sup>2</sup>.

В настоящее время идёт освоение ионно-пучковых технологий в основном в двух направлениях: (1) синтез новых материалов и (2) модифицирование их поверхностного слоя.

### 1.8.1. Получение (синтез) новых материалов:

- нанесение пленок (покрытий) на подложку путем распыления специальной мишени;
- бомбардировка подложки в процессе нанесения покрытия для улучшения адгезии и плотности наносимых слоев;
- имплантация выбранных ионов в мишень для создания нового материала;
- ионно-пучковая эпитаксия при создании полупроводниковых структур.

## 1.8.2. Модифицирование материалов (поверхностного слоя):

- формирование заданного рельефа путем распыления атомов на поверхности;
- изменение структуры (например, кристаллической на аморфную) путем имплантации;
- изменение элементного состава и фазового состояния путем имплантации, в том числе многокомпонентной имплантации и/или ионного перемешивания атомов подложки и пленки, предварительно нанесенной на подложку.

# Тема 1. Технологии и общество

- ▣ Весьма распространённой технологической операцией для ионно-пучковых технологий является имплантация.
- ▣ Это обусловлено рядом её **достоинств**: независимость процесса от диффузии (малые времена, низкие температуры), отсутствие изменений в объеме материала, создание высоких концентраций внедряемых элементов (до 30%) без расслоения твердого раствора и образования фаз, хорошую воспроизводимость результатов и др.
- ▣ **Недостатки.** Обработка материалов может производиться в зоне прямого действия пучка ионов, мала глубина модифицированного слоя (~мкм), имеются ограничения на количество вводимых элементов из-за распыления подложки.

## 1.9. Низкотемпературная плазма

Низкотемпературная плазма ( $T \approx 10^4 \text{K}$ ) – это основа широко распространенных плазменных технологий. Она может быть равновесной ( $T_n \approx T_i \approx T_e$ ) или неравновесной ( $T_n \approx T_i \ll T_e$ ), где  $T_n, T_i, T_e$  – температуры атомов, ионов и электронов в плазме соответственно.

Плазменные технологии нашли широкое применение во многих отраслях науки и техники, в медицине, биологии и химии, в космосе и металлургии (там, где требуются ввод высокой удельной энергии, высокие температуры, дополнительное возбуждение атомов, прохождение фазовых превращений или химических реакции).

Перенос вещества в плазме осуществляется путём диффузии, направленных потоков атомов под действием градиентов температуры. Рабочим телом плазмы являются газы ( $\text{Ar}, \text{He}, \text{H}_2, \text{O}_2, \text{N}_2$ , воздух и др.).

Основные направления использования плазмы: (1) получение (синтез) материалов, (2) модифицирование их свойств, (3) плазма как источник энергии.

## Тема 1. Технологии и общество

### Получение (синтез) материалов:

- химический синтез (в том числе органический) веществ, полимеризация мономеров и др.;
- экстрактивная металлургия, включая восстановление оксидов (или их диссоциацию) металлов в плазме  $\text{H}_2 + \text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2 + \text{He}$ ,  $\text{H}_2 + \text{Ar}$  и других газовых смесей;
- получение ультрадисперсных порошков оксидов и карбидов металлов;
- плазменная плавка металлов и сплавов.

## **Модифицирование материалов:**

- формирование заданного рельефа поверхности, например травление и очистка поверхности, для улучшения смачиваемости и адгезии;
- нанесение покрытий (слоев) на изделия;
- синтез химических соединений заданного состава на поверхности;
- плазмохимическое насыщение поверхностного слоя азотом (азотирование), углеродом (цементация) или одновременно азотом и углеродом (нитроцементация).

## 1.10. Ионно-плазменные технологии

Использование ионно-плазменных технологий расширяет возможности обработки по сравнению с ионно-пучковыми, так как дает возможность чередовать операции распыления, нанесения покрытий и имплантации ионов.

Ионно-плазменная обработка как процесс одновременного или последовательного воздействия ионами и плазмой весьма эффективна при создании функциональных покрытий и пленок на материалах. В этом случае осуществляется ряд операций, необходимых для получения прочного сцепления покрытий с подложкой: (1) предварительная очистка поверхности, (2) напыление атомов, (3) ионное перемешивание (ионно-ассистированные покрытия).

## 1.11. Концентрированные потоки энергии (КПЭ)

Большие потоки энергии (десятки Дж/см<sup>2</sup> и более за импульс) можно создавать мощными электронными и ионными пучками, лазерным излучением и потоками высокотемпературной (сотни электронвольт и более) импульсной плазмы. Для них общим являются: высокие плотности мощности ( $\sim 10^{12}$  Вт/см<sup>2</sup>) и энергии ( $\sim 100$  Дж/см<sup>2</sup>), высокие градиенты температуры, создаваемые в поверхностном слое ( $10^6$ - $10^8$  К/см), и высокие скорости нагрева и закалки ( $10^9$ - $10^{11}$  К/с), достижимые при определенных условиях.

Вследствие этого наблюдаются различия в характере энерговыделения по глубине мишени и, следовательно, в распределении температуры и термонапряжений в твердом теле.

## Тема 1. Технологии и общество

Воздействие КПЭ на металлы вызывает испарение атомов, гидродинамический выброс вещества и образование плазмы, которая экранирует действие пучка. При короткоимпульсном (~десятки наносекунд) воздействии КПЭ возможны следующие процессы: возбуждение и эволюция интенсивных механических возмущений в мишени; гидродинамическое движение расплава и образующегося пара; плазмообразование; интенсивное испарение вещества; дефектообразование, например кратерообразование и формирование шероховатой поверхности.

Концентрированные потоки энергии находят применение для получения и обработки материалов.

# Тема 1. Технологии и общество

## **Получение (синтез) материалов с помощью КПЭ:**

- путем испарения мишени и конденсации атомов на заданной подложке (получение пленок, наноразмерных порошков, на пример, тугоплавких соединений);
- в результате инициирования химических реакций на поверхности и в объеме (твердофазные реакции создания новых фаз).

## **Модифицирование материалов (поверхностного слоя):**

- в результате сверхбыстрой закалки сплавов, в том числе из жидкого состояния, формируется дисперсная и термоупрочненная структура (аморфизация, измельчение зерна, квазипериодические или многозонные структуры);

# Тема 1. Технологии и общество

- осуществляется изменение элементного состава и фазового состояния путем имплантации элементов из плазмы и жидкофазного перемешивания (легирования) атомов мишени и пленки, предварительно нанесенной на мишень;
- формируется заданный рельеф поверхности путем ее оплавления, при этом возможно заглаживание дефектов или их устранение, создание дефектов для увеличения адгезионной способности поверхности;
- объемное ударное упрочнение путем формирования волн напряжений в мишени вследствие сверхбыстрого испарения поверхностного слоя материала;
- удаление ранее нанесенных пленок и покрытий путем испарения атомов или, наоборот, наплавка покрытий или слоев при соответствующей подаче вещества в зону воздействия КПЭ.

# Тема 1. Технологии и общество

## Контрольные вопросы к главе I

1. Что означает понятие «технология»?
2. Какое значение уделено материалам в перечне критических технологий и технологий двойного назначения и почему?
3. Какие факторы стимулируют потребность в новых материалах?
4. Назовите перспективные направления в материаловедении, основанные на использовании неравновесного состояния.
5. Какие технологические схемы получения новых материалов вы знаете?
6. Что такое модифицирование и какова конечная цель модифицирования материалов?
7. Дайте характеристику радиационных технологий
8. Объясните принцип организации технологий, основанных на использовании нейтронов.
9. Какие эксплуатационные свойства материалом можно изменять радиационным воздействием?
10. Назовите основные направления модифицирования материалов.

# Тема 1. Технологии и общество

11. Перечислите физические процессы, за счет которых может быть осуществлено модифицирующее воздействие на материалы.
12. При модифицировании происходят различные структурно-фазовые изменения, определяемые параметрами радиационного воздействия. Перечислите и прокомментируйте их.
13. Назовите основные технологии получения новых материалов с помощью ионной бомбардировки.
14. Назовите основные технологии модифицирования материалов с помощью ионной бомбардировки.
15. Перечислите основное технологическое применение низкотемпературной плазмы для получения и модифицирования материалов.
16. Приведите примеры ионно-плазменных технологий.
17. Назовите способы создания концентрированных потоков энергии.
18. Перечислите основные особенности воздействия концентрированных потоков энергии на материалы.
19. Приведите примеры применения концентрированных потоков энергии для получения новых материалов.
20. Приведите примеры применения концентрированных потоков энергии для модифицирования материалов.
21. Приведите примеры технологий на основе рентгеновских фотонов и гамма-квантов.

# Тема 1. Технологии и общество

## **Примечание 1**

В основу Главы I положены материалы, содержащиеся в книге «Перспективные радиационно-пучковые технологии обработки материалов»: Учебник/В.А. Грибов, Ф.И. Григорьев, Б.А. Калинин, М.: Круглый Год, 2001, 528 с.: ил.

## **Примечание 2**

Подробный список терминов курса «Основы радиационных и плазменных технологий» и пояснения к ним содержатся в книге Кривобокова В.П. «Радиационные и плазменные технологии: терминологический справочник. - Новосибирск: Наука, 2010, 334 с.

## Приложение к Главе I

### Классификация радиационных технологий

**А.** Проще всего радиационные технологии классифицируются по виду носителей энергии радиационных полей. Список наиболее распространенных носителей приведен ниже

1. Ускоренные кластерные образования (кластеры).
2. Ускоренные нейтральные молекулы и атомы.
3. На основе потоков нейтронов.
4. На основе потоков (пучков) тяжёлых ионов.
5. На основе потоков (пучков) лёгких ионов.
6. На основе потоков (пучков) альфа-частиц.
7. На основе потоков (пучков) протонов.
8. На основе потоков (пучков) электронов.
9. На основе потоков (пучков) позитронов.
10. На основе гамма-квантов.
11. На основе рентгеновских фотонов.

## Тема 1. Технологии и общество

12. На основе фотонов ультрафиолетового излучения.
13. На основе фотонов видимого излучения.
14. На основе фотонов инфракрасного излучения.
15. На основе фотонов лазерного излучения (оно традиционно выделяется в отдельный класс).
16. На основе реакторного излучения (нейтроны, гамма-кванты, заряженные частицы; оно традиционно выделяется в отдельный класс).
17. На основе фотонов тормозного излучения (фотоны в очень широком диапазоне энергий; оно традиционно выделяется в отдельный класс).
18. Электромагнитное сверхвысокочастотное (СВЧ) излучение.
19. Электромагнитное высокочастотное (ВЧ) излучение.
20. Электромагнитное высокочастотное (ВЧ) излучение радиочастотного диапазона.

Если одновременно воздействуют несколько видов частиц (например, как в случае радиационного поля ядерного реактора, поз. 16), то данную технологию относят к тому виду излучения, которое является наиболее существенным для данной ситуации.

Каждому виду излучения соответствует свой интервал основных параметров (энергия частиц, плотность потока энергии, глубина проникновения в облучаемое вещество и т.д.).

# Тема 1. Технологии и общество

**Б.** Технологии можно классифицировать по энергетическим характеристикам используемых частиц.

1. Например, применительно к нейтронам это можно сделать так.
2. Технологии на основе ультрахолодных нейтронов (энергия менее 0,001 эВ).
3. На основе холодных нейтронов (энергия 0,001 - 0,01 эВ).
4. На основе тепловых нейтронов (энергия 0,01-0,04 эВ).
5. На основе медленных нейтронов (энергия 0,04-1 эВ).
6. На основе замедляющихся нейтронов (энергия 1-10 эВ).
7. На основе резонансных нейтронов (энергия 0,01 - 100 КэВ).
8. На основе быстрых нейтронов (энергия более 0,1 МэВ).
9. То же самое можно сделать для ионов, фотонов и т.д.

# Тема 1. Технологии и общество

**В.** Часто встречается дифференциация радиационных технологий по процессам (механизмам), которые вызывает излучение в облучаемой среде. Используемые здесь ключевые слова приведены ниже.

1. Радиационная полимеризация (деполимеризация).
2. Радиационная дефектоскопия.
3. Радиационная коррозия (металлов).
4. Радиационная ползучесть (металлов).
5. Радиационная стерилизация.
6. Радиационная химия.
7. Радиационная терапия.
8. Радиационная эрозия (поверхности).
9. Радиационное модифицирование (материалов).
10. Радиационное полирование (поверхности).
11. Радиационное распухание (делящихся материалов).
12. Радиационно-индуцированная сегрегация (какой-либо фазы).
13. Радиационно-пучковые технологии обработки материалов.
14. Радиационно-стимулированная диффузия.
15. Радиационно-стимулированный наклёп.

# Тема 1. Технологии и общество

16. Радиационно-термическое спекание (частиц).
17. Радиационный захват.
18. Радиационный контроль.
19. Радиационный нагрев.
20. Радиационный отжиг и т.д.

## **Г. Плазменные технологии**

1. Чаще всего они дифференцируются по виду плазмы. В основу технологии могут быть положены следующие её виды.
2. Равновесная плазма (очень редко).
3. Неравновесная плазма.
4. Равновесная (или квазиравновесная) плазма.
5. Высокотемпературная (горячая) плазма.
6. Низкотемпературная (холодная) плазма.
7. Газоразрядная плазма (весьма часто).
8. Абляционная плазма.

# Тема 1. Технологии и общество

9. Водородная (воздушная, аргоновая, азотная и т.д. по виду рабочего газа) плазма.
10. Высокоионизированная плазма.
11. Замагниченная плазма.
12. Идеальная плазма.
13. Неидеальная плазма.
14. Изотермическая плазма.
15. Индуктивная плазма.
16. Плазма емкостного разряда.
17. Лазерная плазма.
18. Микроволновая плазма.
19. Однородная плазма.
20. Неоднородная плазма.
21. Открытая плазма.
22. Радиочастотная плазма.
23. Плазма электроположительная.
24. Плазма электроотрицательная.

И так далее

# Тема 1. Технологии и общество

**Д.** Весьма распространённой является дифференциация технологий по процессам (механизмам), которые вызывает плазма (т.е. по эффектам, которые достигаются с помощью плазмы).

1. Плазменная активация поверхности твёрдого тела.
2. Плазменная иммерсионная обработка изделий.
3. Плазменная карбюризация.
4. Плазменная металлургия.
5. Плазменная очистка металлов.
6. Плазменная обработка полимерной плёнки.
7. Плазменная очистка медицинских инструментов.
8. Плазменная термообработка.
9. Плазменная цементация.
10. Плазменно-дуговая сварка.
11. Плазменно-дуговое напыление покрытий.
12. Плазменно-дуговой переплав металлов.
13. Плазменное азотирование (поверхности).

# Тема 1. Технологии и общество

14. Плазменное анодирование (поверхности).
15. Плазменное борирование (поверхности).
16. Плазменное воспламенение (газов).
17. Плазменное инициирование (горения).
18. Плазменное карбонитрирование (поверхности)..
19. Плазменное модифицирование (материалов).
20. Плазменное напыление (покрытий).
21. Плазменное нитрирование (поверхности).
22. Плазменное нитрокарбюрирование (поверхности).
23. Плазменное оплавление (поверхности).
24. Плазменное покрытие (поверхности).
25. Плазменное полирование (поверхности).
26. Плазменное распыление (поверхности).
27. Плазменное рафинирование металлов.
28. Плазменное травление (поверхности).
29. Плазменное упрочнение (материалов).
30. Плазменный нагрев (материалов).