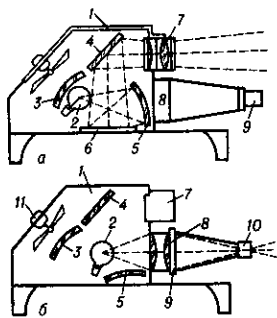


стрелы считаются совпадающими (хотя строгого доказательства этого нет), то космологич. стрела не связана с ними к.л. локальным причинным взаимодействием. В частности, нет оснований ожидать, что если какая-то часть Вселенной из-за гравитац. неустойчивости перестанет расширяться и начнёт сжиматься, то в ней изменят своё направление электродинамич. и термодинамич. стрелы времени. Однако вопрос о взаимообусловленности этих стрел времени и их связи с психологич. стрелой времени (ощущением каждым человеком необратимого течения времени от прошлого через настоящее в будущее) остаётся в значит. степени открытым.

Лит.: Зельдович Я. Б., Новиков И. Д., Строение и эволюция Вселенной, М., 1975; Долгов А. Д., Зельдович Я. Б., Сажин М. В., Космология ранней Вселенной, М., 1988.

И. К. Розгачёва, А. А. Старобинский.

**ЭПИДИАСКОП** (от греч. ері — на, diá — через и skoréō — смотрю) (эпидиапроектор) — комбинированный проекционный аппарат, позволяющий получать на экране изображения как прозрачных, так и непрозрачных оригиналов. Совмещает в себе эпипроектор и диапроектор. Оптич. схема простейшего Э. в двух режимах его работы представлена на рисунке: а) епископическая проекция; б) диакопическая проекция. В первом случае лучи от источника света



2 с помощью сферических зеркал 3 и 5 освещают непрозрачный объект 6, от к-рого диффузно рассеянные лучи попадают в светосильный проекционный объектив 7, отражаясь от зеркала 4; 1 — кожух, 11 — система охлаждения. При диакопической проекции зеркало 5 отклоняется, открывая доступ лучам от источника 2 в конденсор 8. Последний, равномерно освещая диапозитив, вставленный в рамку 9, направляет лучи в объектив 10, проецирующий изображение на экране.

Лит. см. при ст. Проекционный аппарат.

**ЭПИСКОП** (эпипроектор) — проекционный аппарат для получения на экране изображений непрозрачных объектов (разл. предметов и деталей, чертежей, рисунков, фотографий). Принципиальная оптич. схема Э. приведена на рис. 2 к ст. Проекционный аппарат. В Э. изображаемый объект отражает освещающие его лучи света диффузно, поэтому лишь незначительная часть отражённого светового потока попадает в объектив Э. Для усиления яркости изображения в Э. применяют светосильные проекционные объективы и неск. мощных источников света, сильное тепловыделение к-рых вынуждает использовать в Э. специальные системы охлаждения. Схема Э. является составной частью оптической схемы эпидиаскопов.

Лит. см. при ст. Проекционный аппарат.

**ЭПИТАКСИЯ** (от греч. ері — на, над, при и táxis — расположение, порядок) — процесс наращивания монокристаллич. слоёв вещества на подложку (кристалл), при к-ром кристаллографич. ориентация наращиваемого слоя повторяет кристаллографич. ориентацию подложки. Э. позволяет получать такие тонкие (1 нм — 10 мкм) однородные монокристаллич. слои — т.н. эпитаксиальные слои (ЭС) — любого типа проводимости и любого уд. электрич. сопротивления, какие невозможно создать иным способом. Различают гетероэпитаксию, когда вещества подложки и наращиваемого слоя различны по хим. составу и кристаллич. структуре, и гомоэпитаксию (автоэпитаксию), когда подложка и наращиваемый слой одинаковы по хим. составу или отличаются только примесным составом. Э. используется в технологии производства широкого класса электронных приборов и устройств для получения (в виде плёнок и многослойных структур) эпитаксиальных слоёв элементарных полупроводников, соединений типа

$A^{III}V^V, A^{IV}V^{VI}, A^{IV}V^{VI}$ , гранатов, ортоферритов и др. материалов.

Свойства ЭС во многом определяются условиями сопряжения кристаллич. решётки наращиваемого слоя и подложки, причём существенно их структурно-геом. соотношения; легче всего сопрягаются вещества, кристаллич. структуры к-рых одинаковы или близки (напр., вещества с кристаллич. структурой шфалерита и алмаза). Э. легко осуществляется, если разность постоянных решёток не превышает 10%; в этом случае тонкий нарост ЭС проделывает атомные плоскости подложки (возникает псевдоморфный слой). При больших расхождениях сопрягаются наиб. плотно упакованные плоскости. При разл. решётках сопрягаемых веществ в ЭС возникают дислокации несоответствия. Плотностью дислокаций несоответствия можно управлять, меняя параметры решётки растущего кристалла (напр., введением примесей) и получая т.о. бездислокационные ЭС с высокой подвижностью и малой плотностью носителей заряда. Помимо структурно-геом. соответствия сопряжение пар веществ зависит от темп-ры процесса (темп-рой Э. наз. предельно низкая темп-ра, при к-рой ещё возможно ориентированное нарастание вещества), степени пересыщения осаждаемого вещества, совершенства подложки и чистоты её поверхности. Поэтому подложку перед Э. обычно подвергают механич., хим. или радиац. обработке. ЭС растёт за счёт атомов и молекул, составляющих адсорбц. слой, и скорость роста зависит от пересыщения в этом слое.

Э. возможна из любой фазы: газовой (газофазная Э. — ГФЭ), жидкой (жидкофазная, или жидкофазная, Э. — ЖФЭ) и твёрдой (твёрдофазная Э. — ТФЭ). Преимущ. развите получили ГФЭ и ЖФЭ.

Методы ГФЭ делятся на химические и физические. Хим. методы ГФЭ основаны на осаждении из газовой фазы вещества, полученного в результате след. хим. реакций: восстановления хлоридов Si и Ge водородом (напр.,  $\text{SiCl}_4 + 2\text{H}_2 = \text{Si} + 4\text{HCl}$  — т.н. хлоридный процесс); пиролиз. разложения моносилана ( $\text{SiH}_4 = \text{Si} + 2\text{H}_2$ ); диспропорционирования диоксидов и дихлоридов Si и Ge (напр.,  $2\text{SiCl}_2 = \text{Si} + \text{SiCl}_4$ ) и др. Процессы осуществляются в реакторной (рис. 1); газовая система обеспечивает подачу в реакторную камеру газовой смеси требуемого состава. Добавляя к газовой смеси соединения легирующихся элементов (напр.,  $\text{AsCl}_3, \text{B}_2\text{H}_6$ ), выращивают ЭС *n*- или *p*-типа соответственно. Темп-ра процесса определяется кинетикой хим. реакции и обычно находится в пределах 800 — 1300° С.

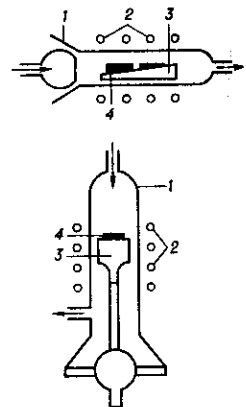


Рис. 1. Схемы горизонтальной (вверху) и вертикальной (внизу) реакторных камер для эпитаксии из газовой фазы хлоридным методом: 1 — реакторная камера; 2 — нагреватель; 3 — подставка для подложек; 4 — подложка.

К физ. методам относят методы термич. осаждения из молекулярных пучков в вакууме, мгновенного испарения, «горячей стенки», а также методы катодного распыления и осаждения. По методу термич. осаждения из молекулярных пучков испаряемое вещество нагревается до требуемой темп-ры (выше или ниже темп-ры плавления испаряемого вещества в зависимости от упругости пара в точке плавления) в сверхвысоком вакууме ( $\leq 1,3 \cdot 10^{-9}$  Па), при этом его атомы и молекулы попадают на подложку, где и происходит их конденсация. Наиб. совершенным является электронно-лучевой способ нагрева, отчего такой метод получил название молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ). Этот метод позволяет в процессе осаждения контролировать структуру и состояние поверхности под-