

# ЭПИТАКСИАЛЬНОЕ НАРАЩИВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЁНОК

---

- **Эпитаксией называется ориентированное наращивание слоёв, кристаллическая структура которых повторяет структуру подложки.**
- Обычно материалы эпитаксиальной плёнки и подложки одинаковы, но иногда применяются и разные материалы с близкой кристаллической структурой, например, кремний на сапфире.

В настоящее время существуют два основных технологических метода эпитаксии, позволяющие формировать многослойные структуры со сверхтонкими слоями:

- - молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ)
- -газо-фазная эпитаксия, в том числе с использованием металлоорганических соединений (МОС) и гидридов (ГФЭ МОС).

# МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВАЯ ЭПИТАКСИЯ

- Молекулярно-лучевая эпитаксия проводится в вакууме и заключается в осаждении испарённых элементарных компонентов на подогретую монокристаллическую подложку. Этот процесс иллюстрируется с помощью рисунка, на котором приведены основные элементы для получения соединения (GaAs).



- Основными преимуществами метода являются: низкая температура процесса и высокая управляемость уровнем легирования.
- Подбором температуры нагревателей и подложки получают пленки со сложным химическим составом. Дополнительное управление процессом наращивания осуществляется с помощью заслонок, расположенных между нагревателем и подложкой. Использование этих заслонок позволяет резко прерывать или возобновлять попадание любого из молекулярных пучков на подложку.
- Толщина выращиваемых таким способом плёнок составляет 1...15мкм, и даже плёнки

## □ Газо-фазная эпитаксия с использованием металлоорганических соединений (МОСГЭ)

- Этот метод не требует дорогостоящего оборудования и обладает высокой производительностью. Достоинствами МОСГЭ являются также необратимость химических реакций и отсутствие в парогазовой смеси химически активных компонентов. Это позволяет:
  - проводить процесс эпитаксии при сравнительно низких температурах роста
  - осуществлять прецизионную подачу исходных веществ, что позволяет обеспечить контролируемое легирование слоев и получение структур в широком диапазоне твердых растворов с резкими концентрационными переходами.

- К недостаткам МОС-гидридного метода можно отнести высокую токсичность используемых исходных соединений, в первую очередь арсина, а также сложность химических процессов, приводящих к образованию слоя GaAs, что затрудняет моделирование условий образования эпитаксиальных слоев с нужными свойствами.
- Особенность метода состоит в том, что в эпитаксиальном реакторе создается высокотемпературная зона, в которую поступает газовая смесь, содержащая разлагаемое соединение. В этой зоне протекает реакция и происходит выделение и осаждение вещества на подложке, а газообразные продукты реакции уносятся**

# ЖИДКОФАЗНАЯ ЭПИТАКСИЯ.

- Жидкофазная эпитаксия в основном применяется для получения многослойных полупроводниковых соединений, таких как GaAs, CdSnP<sub>2</sub>. Готовится шихта из вещества наращиваемого слоя, легирующей примеси (может быть подана и в виде газа) и металла-растворителя, имеющего низкую температуру плавления и хорошо растворяющий материал подложки (Ga, Sn, Pb). Процесс проводят в атмосфере азота и водорода (для восстановления оксидных плёнок на поверхности подложек и расплава) или в вакууме (предварительно восстановив оксидные плёнки). Расплав наносится на поверхность подложки, частично растворяя её, и удаляя загрязнения и дефекты. После выдержки при максимальной температуре  $\approx 1000^\circ\text{C}$  начинается медленное охлаждение. Избытки полупроводника осаждаются на подложку, играющую роль затравки. Существуют три типа контейнеров для проведения эпитаксии из жидкой фазы: вращающийся (качающийся), пенального типа, шибберного типа.