

Преимущества данных насосов очень обширны:

- отсутствие проникновения загрязнений в рабочем процессе
- в процессе работы образуется среда, очищенная от лишних масс
- защищены от электрических перепадов, что гарантирует долгие эксплуатационные свойства

эксплуатационные свойства

- автоматизированная защита от поломок

Для улучшения характеристик всасывания легко конденсируемых газов насос можно снабдить дополнительными поверхностями для накопления газов. Эти поверхности будут располагаться снаружи корпуса насоса и соединятся через мостик холода с охлаждающей панелью холодильника.

### **Список использованных источников**

1. Высоковакуумные промышленные крионасосы. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.cryosystems.ru/equipments/vacuequip/krionasosy/krionasosy-dlja-otkachki-parov-vody/vyisokovakuumnyie-promyishlennyie-krionasosi.html>

УДК 621.762.4

## **МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВАЯ ЭПИТАКСИЯ (МЛЭ)**

**Кукишев А.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Орлова Е.П.*

Аннотация:

Рассмотрен процесс роста тонких пленок методом молекулярно-лучевой эпитаксии.

Молекулярно-лучевая эпитаксия является экспериментальной техникой, используемой для многослойного роста тонких пленок различных материалов. Из различных доступных методов роста тонкой пленки, МЛЭ считается одним из самых чистых, но и одним из самых технически сложных и требовательных, так как рост МЛЭ происходит в ультравысоком вакууме.

Монокристаллическая подложка представляет собой субстрат, на которой оседает материал, кристалл которого выращивается.

Для получения эпитаксиальных плёнок нужного состава нужно подобрать основные параметры. К этим параметрам относятся температура подложки, испаряемых материалов и т.д. Для создания резких профилей легирования и состава используются специализированные заслонки. Равномерность распределения молекулярных пучков по площади определяет однородность состава плёнки.

Для того, чтобы получить эпитаксиальные плёнки требуемого состава, необходимо подобрать температуры подложки и испаряемых материалов. Чтобы создать резкие профили состава и легирования можно использовать специализированные заслонки. Однородность состава пленки и ее кристаллической структуры определяется равномерностью распределения молекулярных пучков по площади подложки [1].

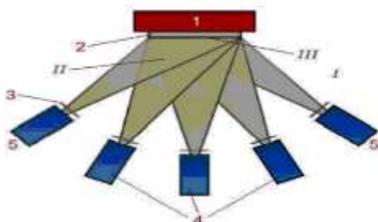


Рис. 1. Схема процесса молекулярно-лучевой эпитаксии:

I – область генерации молекулярных пучков; II – область смешивания напыляемых элементов; III – область кристаллизации на подложке;

1 – блок нагрева; 2 – подложка; 3 – заслонка отдельной ячейки;

4 – эффузионные ячейки основных компонентов пленки;

5 – эффузионные ячейки легирующих примесей

Существует три основных способа роста, которые могут возникнуть в зависимости от температуры субстрата, скорости осаждения и доступной поверхностной энергии. Эти режимы на рисунке 2.

Рост слоя за слоем, объемный рост острова и объемный острова на основном слое. ML обозначает монослой (примерно  $10^{15}$  атомов).

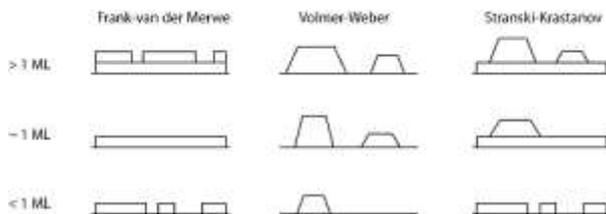


Рис. 2. Три идеализированных режима роста

Есть несколько переменных в МВЕ, все из которых могут быть независимо скорректированы и контролироваться в целях улучшения качества роста:

- Скорость потока (количество атомов, прибывающих на поверхность субстрата)
  - Температура субстрата (влияет на диффузные свойства посещающих атомов)
  - Температура источника (скорость атомного прибытия и скорость потока)

Скорость потока может контролироваться путем корректировки скорости испарения/сублимации исходных материалов, температура источника в то время как температура субстрата непосредственно регулируется в зависимости от используемого метода нагрева.

Скорость потока и температура источника влияют на темпы роста, поскольку они влияют на скорость прибытия молекул на поверхность.

Более высокие температуры приводят к более мобильным атомам поверхности и, таким образом, достигается оптимальное качество заданного материала. Недостатки в том, что интерфейсы сглаживаются из-за диффузии атомов. Более низкие температуры генерируют более резкие интерфейсы, которые часто более высокие по качеству, в то время как более низкая мобильность атомов производит больше точечных дефектов в слой.

### Список использованных источников

1. И.И. Решиной. / Основы физики полупроводников//Под ред. Б.П. Захарчени. – 3-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – С. 560