

# Оптическая литография

- Литография — это процесс формирования в актиночувствительном слое, нанесенном на поверхность подложек, рельефного рисунка, повторяющего топологию полупроводниковых приборов или ИМС, и последующего переноса этого рисунка на подложки.

- Актиночувствительным называется слой, который изменяет свои свойства (растворимость, химическую стойкость) под действием актиничного излучения (например, ультрафиолетового света или потока электронов).

Литографические процессы позволяют:

- получать на поверхности окисленных полупроводниковых подложек свободные от слоя оксида области, задающие конфигурацию полупроводниковых приборов и -моментов ИМС, в которые проводится локальная диффузия примесей для создания р-п-переходов;
- формировать межсоединения элементов ИМС;
- создавать технологические маски из резистов, обеспечивающие избирательное маскирование при ионном легировании.

Широкое применение литографии обусловлено следующими достоинствами:

- высокой воспроизводимостью результатов и гибкостью технологии, что позволяет легко переходить от одной топологии структур к другой сменой шаблонов;
- высокой разрешающей способностью актинических резистов;
- универсальностью процессов, обеспечивающей их применение для самых разнообразных целей (травления, легирования, осаждения);
- высокой производительностью, обусловленной групповыми методами обработки.

Процесс литографии состоит из двух основных стадий:

- формирования необходимого рисунка элементов в слое актиночувствительного вещества (резиста) его экспонированием и проявлением;
- травления нижележащего технологического слоя (диэлектрика, металла) через сформированную топологическую маску или непосредственного использования слоя резиста в качестве топологической маски при ионном легировании.

- В качестве диэлектрических слоев обычно служат пленки диоксида  $\text{SiO}_2$  и нитрида  $\text{Si}_3\text{N}_4$  кремния, а межсоединений — пленки некоторых металлов. Все пленки называют технологическим слоем.

В зависимости от длины волны используемого излучения применяют следующие методы литографии:

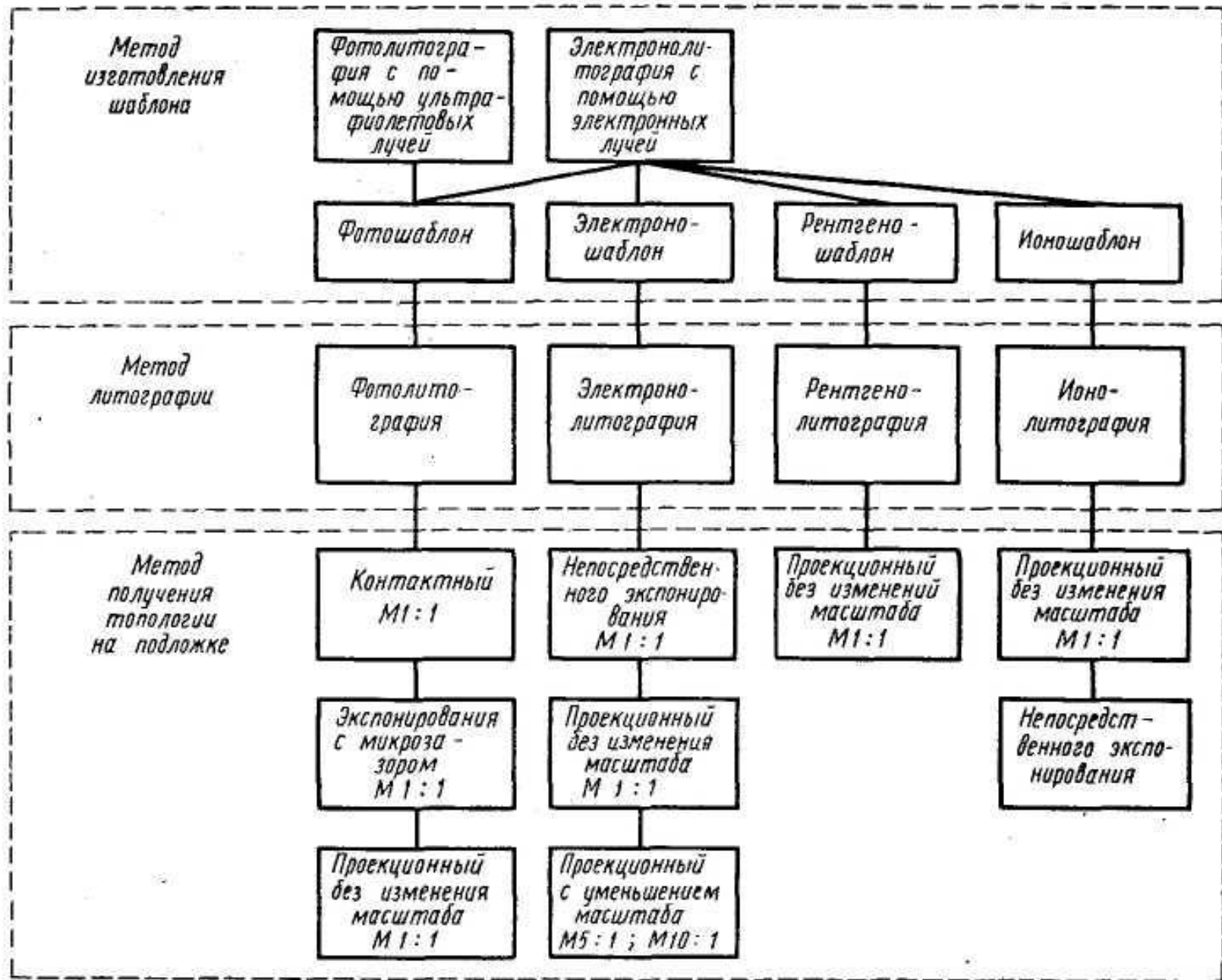
- фотолитографию (длина волны актиничного ультрафиолетового излучения  $\lambda = 250 \dots 440$  нм);
- рентгенолитографию (длина волны рентгеновского излучения  $\lambda = 0,5 \dots 2$  нм);
- электролитографию (поток электронов, имеющих энергию 10 - 100 КэВ или длину волны  $\lambda = 0,05$  нм);
- ионолитографию (длина волны излучения ионов  $\lambda = 0,05 \dots 0,1$  нм).



В зависимости от способа переноса изображения методы литографии могут быть контактными и проекционными.

Проекционные методы могут быть без изменения масштаба переносимого изображения ( $M : 1$ ) и с уменьшением его масштаба ( $M 10 : 1; M 5 : 1$ ).

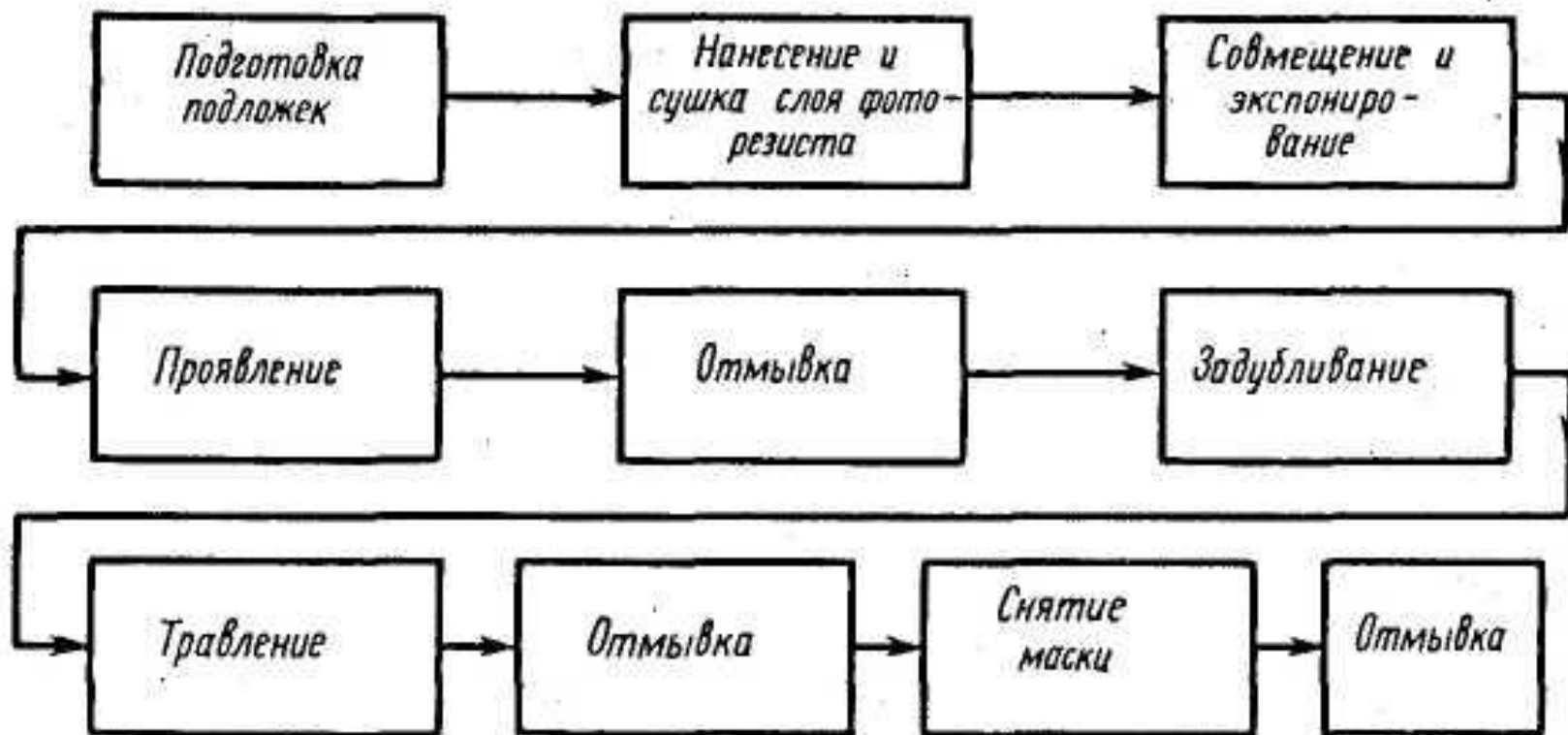
- В зависимости от типа используемого резиста (негативный или позитивный) методы литографии по характеру переноса изображения делятся на негативные и позитивные



Фотолитография — это сложный технологический процесс, основанный на использовании необратимых фотохимических явлений, происходящих в нанесенном на подложки слое фоторезиста при его обработке ультрафиолетовым излучением через маску (фотошаблон).

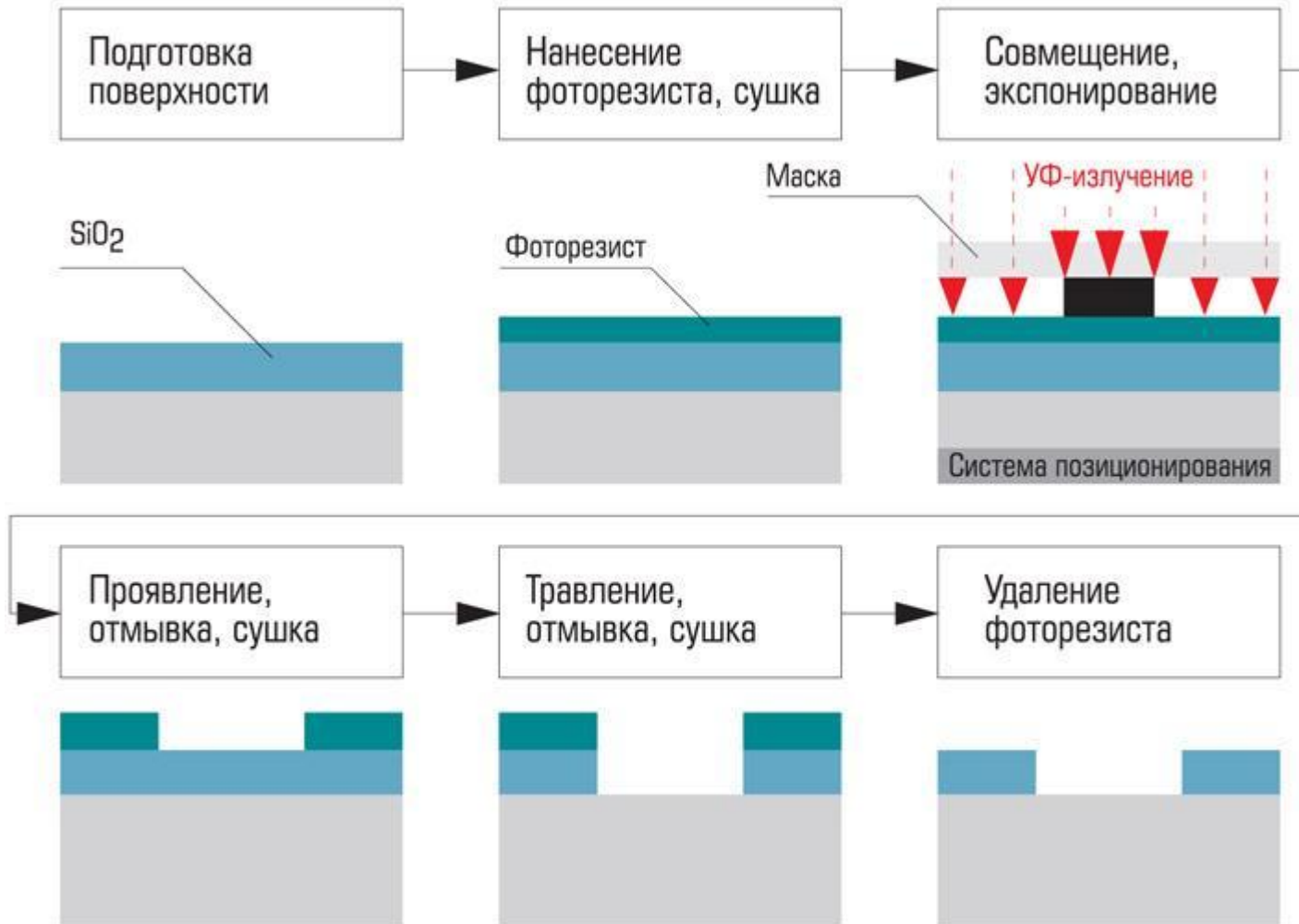
Технологический процесс фотолитографии можно разделить на три стадии:

- формирование фоторезистивного слоя (обработка подложек для их очистки и повышения адгезионной способности, нанесение фоторезиста и его сушка);
- формирование защитного рельефа в слое фоторезиста (совмещение, экспонирование, проявление и сушка слоя фоторезиста, т.е. его задубливание);
- создание рельефного изображения на подложке (травление технологического слоя — пленки  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , металла, удаление слоя фоторезиста, контроль).



Последовательность выполнения основных операций при фотолитографии излучения через фотошаблон

# Технологический процесс фотолитографии



# ПОЗИТИВНЫЕ И НЕГАТИВНЫЕ ФОТОРЕЗИСТЫ

Фоторезисты — это светочувствительные материалы с изменяющейся по действием света растворимостью, устойчивые к воздействию травителей и применяемые для переноса изображения на подложку.



Фоторезисты являются многокомпонентными мономерно-полимерными материалами, в состав которых входят: светочувствительные (поливинилциннаматы — в негативные фоторезисты и нафтохинондиазиды - в позитивные) и пленкообразующие (чаще всего это различные фенолформальдегидные смолы, резольные и новолачные смолы) вещества, а также растворители (кетоны, ароматические углеводороды, спирты, диоксан, циклогексан, диметилформамид и др.)

В процессе фотолитографии фоторезисты выполняют две функции: с одной стороны, являясь светочувствительными материалами, они позволяют создавать рельеф рисунка элементов, а с другой, обладая резистивными свойствами, защищают технологический слой при травлении.

- В зависимости от характера протекающих в фоторезисте фотохимических реакций определяется и тип фоторезиста — позитивный или негативный.
- Негативные фоторезисты под действием актиничного излучения образуют защищенные участки рельефа. После термообработки - задубливания - в результате реакции фотополимеризации освещенные при экспонировании участки не растворяются в проявителе и остаются на поверхности подложки. При этом рельеф представляет собой негативное изображение элементов фотошаблона.

Позитивные фоторезисты, наоборот, передают один к одному рисунок фотошаблона, т.е. рельеф повторяет конфигурацию его непрозрачных элементов. Актиничное излучение так изменяет свойства позитивного фоторезиста, что при обработке в проявителе экспонированные участки слоя разрушаются и вымываются. В позитивных фоторезистах при освещении происходит распад молекул полимера и уменьшается их химическая стойкость.

Марка	Область применения	Растворитель	Режим нанесения, об/мин	Толщина слоя, мкм	Режим сушки, С	Проявитель
ФП-383	Производство приборов, ИМС и полупроводниковых печатных плат с использованием контактного экспонирования и плазмохимического травления	Диоксан	2500-3000	0,9-1,1	95-105	2%-ный $\text{Na}_3\text{PO}_4$
ФП-РН-7	То же	ДМФА, МЦА	2500-3000	0,7-1,1	95-105	0,5%-ный КОН
ФП-РН-27В	То же	ДМФА, МЦА	2500-3000	1,1-1,4	95-105	0,6%-ный КОН
ФП-051 Ш	Производство фотошаблонов контактной фотолитографией	МЦА	2000-2500	0,8-1,0	90-95	0,6%-ный КОН
ФП-051 Т	Фотолитография при изготовлении БИС и СБИС с использованием контактного экспонирования, жидкостного и плазмохимического травления	МЦА	2000-2500	1,0-1,5	95-105	0,6%-ный КОН
ФП-051 К	То же	ЭЦА, ДМФА	2500-3000	2,1-2,5	95-105	0,6%-ный КОН
ФП-051 МК	Прецизионная фотолитография при изготовлении БИС и СБИС с использованием проекционного экспонирования	ЭЦА, диглим	3500-4000	1,6-1,8	100-110	0,6%-ный КОН ПП-051 К
ФП-25	Изготовление масок	Диоксан	1500-2000	6,0-8,0	90-100	0,5%-ный КОН