

ФОТОЛИТОГРАФИЯ: ОТ ИСТОКОВ ПРОЦЕССА ДО БУДУЩИХ ОТКРЫТИЙ В ОБЛАСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ООО «СтратНаноТек-инвест», г. Минск.

Республика Беларусь

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент

Комаровская В. М.

Трудно представить себе производство микроэлектроники без процесса литографии. Сегодня данный процесс применяется не только при изготовлении непосредственно тонко и толстоплёночных слоёв гибридно-пленочных интегральных микросхем (ГПИС), но и при изготовлении трафаретов для их производства. Процесс литографии в производстве ГПИС применяется в основном для тонких плёнок. В толстоплёночной технологии он применяется для изготовления прецизионных элементов.

Термин «литография» произошел от греческих слов lithos – камень и grapho – пишу, рисую. Изобретенная в Германии Иоганном А. Зенефельдером на рубеже XVIII-XIX вв., литография ко второй его четверти стала распространённым художественным средством. Технология производства интегральных микросхем (ИМС) заимствовала литографию из полиграфической промышленности. Светом (photo)по камню (lithos) рисую (grapho).

Внедрение контактной фотолитографии в полупроводниковое производство в 1957 г. определило дальнейшее развитие элементной базы электроники и позволило перейти от дискретных элементов к интегральным.

К основным достоинствам фотолитографического процесса следует отнести:

- Возможность получения элементов ИМС весьма малых размеров практически любой конфигурации;

- Универсальность метода, позволяющего изготавливать трафареты для напыления пленок и сеткографии, селективно травить напыленные пленочные слои, осуществлять глубинное травление в диэлектрических подложках и т.д.;

- Возможность применения групповой технологии, обеспечивающей получение миллионов элементов ИМС за одну операцию и на одном виде оборудования.

Сейчас можно сказать, что именно успешное развитие фотолитографии было своеобразным «локомотивом», движение которого определяло темпы развития микроэлектроники. Фотолитография «обеспечила соблюдение» знаменитого закона Гордона Е. Мора, согласно которому плотность компоновки элементов в изделиях микроэлектроники удваивается каждые 18 месяцев.

Ограничение фотолитографии – разрешающая способность.

Поиски усовершенствования технологии привели учёных к электронно-лучевой литографии (ЭЛ), метод изготовления субмикронных и наноразмерных топологических элементов посредством экспонирования электронным лучом электрически чувствительных поверхностей. Метод схож с фотолитографией, но использует электроны вместо фотонов. В настоящее время электронная литография осваивает размеры из интервала 6-12 нм.

Основные элементы сканирующих систем экспонирования – электронные пучки появились в 60-х годах прошлого века и стали использоваться для записи телевизионного изображения в электроннолучевых трубках.

Первые действующие приборы были созданы в 1939 (Арденне) и в 1942 (Зворыкин) годах. Однако широкое использование растровых электронных микроскопов (РЭМ) в науке и технике стало возможно лишь в 70-е годы, когда появились высоконадежные приборы, созданные на основе достижений микроэлектроники и вычислительной техники.

В 1942 году русский физики инженер Владимир Зворыкин, работавший в то время в лаборатории Radio Corporation of

America в Принстоне (США), опубликовал сообщение о первом сканирующем электронном микроскопе, позволяющем проанализировать не только тонкий образец на просвет, но и поверхность массивного образца. Электронная пушка с вольфрамовым катодом эмитировала электроны, которые затем ускорялись напряжением 10 киловольт. В 1948 году Дэннис Мак Миллан и Чарльз Отли построили первый РЭМ (SEM или Scanning Electron Microscope), и в 1952 году этот инструмент достиг разрешения 50 нанометров и, что наиболее важно, обеспечил трехмерный эффект воспроизведения рельефа-образца – характерную особенность всех современных РЭМ.

Работы, которые велись в Кембриджском университете группой Чарльза Отли в 60-е годы, весьма способствовали развитию РЭМ, и в 1965 году фирмой «Cambridge Instrument Co.» был выпущен первый коммерческий сканирующий электронный микроскоп – Stereoscan.

Вскоре электронно-лучевое экспонирование стали использовать для получения фотошаблонов и экспонирования резисторов.

Главные элементы экспонирующей ЭЛ системы – источник электронов, системы фокусировки и бланкирования луча, устройство контроля совмещения и отклонения, электромеханический стол и компьютерный интерфейс. О некоторых из них подробнее:

1. Блок бланкирования электростатического либо электронно-магнитного типа, который “выключает” электронный луч, отклоняя его за пределы отверстия коллимирующей диафрагмы.

2. Блок отклонения. Блоки отклонения делятся на электронно-статические и электронно-магнитные, но предпочтение обычно отдается последним (по причинам меньших aberrаций и лучшей защищенности от влияния поверхностного заряда).

3. Блок динамической фокусировки, корректирующий aberrации, вносимые отклонением луча от оптической оси системы.

4. Система детектирования электронов, сигнализирующая об обнаружении меток совмещения и других деталей рельефа мишени.

5. Вакуумная система.

На данном этапе развития технологии, спустя более 60-ти лет изучения, все еще есть пути ее развития: усовершенствование систем откачки (для создания большего расстояния средней длины пробега электронов); улучшение разрешающей способности; использование новых материалов и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малышева, Н. А. Технология производства микроэлектронных устройств / Н. А. Малышева. – М.: Высшая школа. – 1991. – 448 с.

2. Попов, В. Ф. Ионно-лучевые установки / В. Ф. Попов. – М.: Энергоиздат. – 1981. – 276 с.

3. Гусев, А. Ф. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. Ф. Гусев. – М.: Наука-Физматлит., – 2007. – 248 с.

УДК 621.762.4

Савва А.В.

СИНТЕЗ ЗВУКА. АДДИТИВНЫЙ СИНТЕЗ

БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент

Дробыш А. А.

Идея синтеза звука, то есть получение сложного звука, состоящего из основного звука (тона) и дополнительных к нему (обертонов), зародилась задолго до открытия электричества. Уже в регистрах обычного органа использовался так называемый «микстурный регистр», в котором одна труба давала основной тон, а несколько дополнительных трубочек добавляли