

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

— — —
Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана

В. Н. ГРИДНЕВ, Ю. И. НЕСТЕРОВ, Е. А. ЧЕРДАКОВ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КУРСУ
«ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭВА»**

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище им. Н.Э. Баумана

В.Н. ГРИДНЕВ, Ю.И. НЕСТЕРОВ, Е.А. ЧЕРДАКОВ

Утверждены редсоветом
МВТУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КУРСУ
"ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭВА"



Под редакцией В.Н. Гриднева

Данные методические указания издаются в соответствии с учебным планом.

Рассмотрены и одобрены кафедрой П-8 6.4.81 г., методической комиссией факультета П и учебно-методическим управлением.

Рецензент: к.т.н. доц. ЗАКОННИКОВ В.П.

© Московское высшее техническое училище
имени Н.Э. Баумана

Оглавление

Введение	8
Работа № П8-1-Л1. Исследование металлизированных отверстий печатных плат и качества печатного монтажа	8
Работа № П8-1-Л2. Технология монтажа нагрузкой	14
Работа № П8-1-Л3. Исследование влияния технологических факторов на свойства регистрирующих средств оптических запоминающих устройств	25
Литература	33



Редактор Л.И. Толстой

Корректор Л.И. Малотина

Заказ 162 Объем 2,25 л. (2,1 уч.-изд. л.) Тираж 400 экз.
Бесплатно Подписано к печати 03.01.83 г. План 1982 г., № 76

Типография МВТУ, 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

Введение

Специальные разделы курса "Технология производства ЭВА" посвящены технологии производства печатных плат, методам и технологии электрического монтажа, технологии производства запоминающих устройств. По каждому из трех разделов проводится лабораторный практикум.

При оценке качества печатного монтажа наиболее объективную информацию получают путем исследования металлизированных отверстий печатных плат (работа № П8-1-Л1). Эту же информацию используют для определения режимов и условий проведения отдельных операций и процессов. Для электрического монтажа модулей ЭВА 2, 3 и 4-го уровней широко применяется монтаж накруткой, который повышает надежность соединений по сравнению с паяными и создает условия для автоматизации монтажа. В связи с этим представляет интерес изучение технологии монтажа накруткой и исследование качества соединений (работа № П8-1-Л2). Наряду с существующими запоминающими устройствами на подвижных магнитных носителях информации (диск, барабан, лента), на ферритовых сердечниках и пермалловых пленках, на полупроводниковых структурах, разработаны также устройства на магнитных и оптических запоминающих средах. Работа № П8-1-Л3 знакомит студентов с аппаратурой и технологией записи информации с помощью лазера и оптической среды.

Работа № П8-1-Л1. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ОТВЕРСТИЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И КАЧЕСТВА ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА

Цель работы — исследование характерных дефектов металлизированных отверстий печатных плат и ознакомление с причинами их возникновения.

Задание и порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с требованиями к качеству металлизированных отверстий, характерными дефектами и причинами их возникновения, приведенными в описании.
2. Ознакомиться с исследуемыми шлифами печатных плат в разделе "Методика приготовления шлифов монтажных отверстий".
3. Ознакомиться с микроскопом и подготовить его к работе.
4. Выполнить исследование шлифов металлизированных отверстий на всех образцах.

а) определить характерные дефекты и классифицировать шлифы по дефектам;

б) произвести измерения геометрических параметров дефектов и сравнить их с допустимыми значениями, приведенными в описании;

в) определить причины возникновения каждого вида дефектов отверстий и контактных площадок.

5. Составить таблицу характерных дефектов и указать, пользуясь описанием, причины их возникновения (см. табл. I).

Таблица I

№ образца	Вид и эскиз дефекта	Размеры дефекта	Причины возникновения дефекта

6. Составить отчет по лабораторной работе.

7. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета

В отчете необходимо:

1. Указать требования к металлизированным отверстиям и контактным площадкам печатных плат.

2. Дать эскиз одного из исследованных шлифов и перечислить операции по его изготовлению.

3. Привести таблицу характерных дефектов металлизированных отверстий.

4. Привести оценку качества отверстий путем сравнения с требованиями к ним.

5. Сделать выводы по проведенному исследованию.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I. Требования к качеству изготовления печатных плат

Металлизированные отверстия. Слой металлизации в отверстиях должен иметь толщину меди не менее 25 мкм, быть ровным, плотным, с мелкозернистыми пластичными осадками. Толщина покрытия "олово-свинец" (металлорезист) — не менее 6 мкм. Неровности слоя металлизации не должны превышать 50 мкм и уменьшать номинальный диаметр монтажного отверстия более чем на 50 мкм. Недопустимы неровности из-за подъема фольги и заусенцев у выхода металлизированных отверстий на поверхность платы.

К сквозным металлизированным отверстиям многослойных печатных плат (МПП) предъявляют ряд дополнительных требований. Отверстия должны быть расположены в пределах контактных площадок слоев. Распиливание торцов контактных площадок, которое происходит в результате сверления ("гвоздевой эффект"), не должно превышать 25% от толщины фольги. В противном случае при металлизации отверстия возникают значительные очаги напряжений, а слой металлизации склонен к образованию трещин. Глубина подтравливания диэлектрика в отверстиях должна находиться в пределах 10–30 мкм. Это обеспечивает хорошее охватывание гальваническим покрытием освобожденных торцов контактных площадок внутренних слоев.

Контактные площадки представляют собой области соединения проводников с металлизированным слоем в отверстиях. Размеры их выбирают такими, чтобы после сверления оставался гарантированный пояс медной шириной не менее 25 мкм для внутренних слоев МПП и не менее 50 мкм на наружных слоях двусторонних печатных плат (ДПП) и МПП. Допускается частичное отслаивание (не более 25% площади) отдельных площадок переходных отверстий вне зоны электрической связи. Ширина гарантированного пояса контактной площадки уменьшается после травления меди с пробельных мест на поверхности платы. При отработанных режимах травления и хорошей защите резистом подтравливание не должно превышать глубины травления.

Планарные элементы печатного монтажа. Печатные проводники слоев и планарные контактные площадки не должны иметь сквозных протравов, трещин, раковин и неровностей краев, уменьшающих их минимально допустимую ширину. Допускается местное сужение минимально допустимой ширины проводника на 20% на участке, не превышающем его ширины. Не должно быть уменьшения минимально допустимых расстояний между элементами проводящего рисунка. Нависание гальванически осажденного металлорезиста "слово-свинец" из-за его разрастания и подтравливания меди должно быть устранено оплавлением. На поверхности проводящего рисунка допускаются риски глубиной не более 25 мкм при длине до 6 мм, вмятины, участки площадью до 0,5 мм² (не более 10 на стороне платы) без гальванической меди, но с защитным покрытием. Адгезия рисунка к основанию платы должна соответствовать техническим условиям на фольгированный диэлектрик. Допустимо местное отслоение проводника без его повреждения на длине не более 4 мм. Защитный слой металлорезиста должен быть однородным, закрывать весь про-

водящий рисунок и обеспечивать хорошую паяемость (смачивание припоем должно осуществляться не более чем за 3 секунды).

Диэлектрическое основание плат. Диэлектрик должен быть монолитным, однородным, без вздутий, расслоений, царапин и посторонних включений. Цвет диэлектрика - однотонный, без резких границ, выделяющих какие-либо области поверхности платы. Как исключения должны рассматриваться следующие отклонения от этих условий:

а) белесость - просветление отдельных областей диэлектрика из-за поверхностного разрушения связующего - допускается на отдельных участках, если не ухудшается сопротивление изоляции, измеренное в зоне белесости между двумя соседними проводниками (должно быть не менее 1000 МОм);

б) смыль - точечное просветление в местах пересечения нитей стеклоткани из-за частичного отслоения связующего компонента - допускается на отдельных участках, так как не оказывает заметного влияния на работоспособность плат;

в) текстура и обнажение стеклоткани - пониженное содержание или отсутствие смолы на наружных слоях основания; последний дефект в производстве плат не допускается;

г) ореолы (сколы) - контурное или штриховое побеление диэлектрика в зонах механической обработки, происходящее вследствие изменения ее режимов - допускается шириной не более 1 мм, если ореолы проходят от проводящего рисунка на расстоянии не менее 0,3 мм;

д) расслоение - характерно для прессуемых МПП и не допускается в производстве;

е) коробление - цилиндрическое либо сферическое искривление или скручивание плат; допускается изгиб или скручивание до 1,5 мм (ДПП) и до 2 мм (МПП) на 100 мм длины (соотношение сторон 1:2). При соотношении 1:2 коробление соответственно 2 и 2,5 мм.

2. Некоторые методы оценки качества печатного монтажа

Металлизированные отверстия контролируют непосредственно на микрошлифах путем визуальной оценки геометрии и качества слоя металлизации. Структуру гальванической меди сравнивают с эталоном. Пластичность оценивают величиной относительного удлинения образца (должно быть не менее 6%) или по числу перегибов на 180° (не менее четырех перегибов). Косвенную оценку качества металлизации отверстий осуществляют путем измерения сопротивле-

ния четырехзондовым методом. Например, сопротивление отверстий диаметром 0,8 мм в платах толщиной 1,5 мм не должно превышать 350 мкОм.

Контактные площадки металлизированных отверстий контролируют визуально в плоскости их расположения и на микрошлифах. Площадки должны выдерживать не менее трех перепаек без видимого отслоения.

Печатные проводники контролируют визуально как невооруженным глазом, так и при небольших увеличениях. Адгезию проводящего рисунка проверяют путем отрыва проводника на технологическом поле платы. Качество сцепления гальванической меди и фольги проверяют выборочно путем перегиба на 180° проводника, отделенного от основания платы в зоне технологического поля. Проводники должны выдерживать без расслоения не менее пяти перегибов. Сцепление можно проверить липкой лентой. При отрыве ее от платы под углом 90° на ней не должно оставаться следов металлизации. Планарные контактные площадки должны выдерживать без отслоения не менее двух перепаек.

Диэлектрическое основание контролируют визуально, определяя характер и геометрию перечисленных выше дефектов.

3. Характерные дефекты металлизированных отверстий и причины их возникновения

Разрыв металлизации на кромках отверстий (рис. 1а) происходит при наличии острых кромок, заусенцев на кромках и отрывах фольги от основания платы в зоне кромок.

Уменьшение диаметра отверстия (рис. 1б) в зоне кромок имеет место при наличии большого заусенца или завале его внутрь отверстия.

Причиной этих дефектов является операция сверления, в частности, несоблюдение ее режимов и условий, изменение геометрии инструмента, затупление сверла. Для твердосплавного сверла рекомендуются следующие режимы:

скорость резания $V = 40 \dots 55$ м/мин; подача $S = 0,02 \dots 0,05$ мм/об.

Указанная скорость обеспечивается при частоте n вращения шпинделя, равной 20 000–36 000 мин. Скорость вывода сверла из отверстия должна в два раза превышать величину рабочей подачи инструмента (2:1). Появление заусенцев на кромках отверстия со стороны входа сверла – первый признак его затупления.

Для предотвращения появления заусенцев применяют прокладки, устанавливаемые снизу и сверху пакета обрабатываемых заготовок

печатных плат. В качестве прокладок используют некондиционный фольгированный диэлектрик (СФ, ФТС) толщиной 0,23–0,5 мм. Нижняя прокладка имеет большую толщину, чем верхняя, и просверливается не до конца. Обе прокладки используют для сверления только одного пакета.

На качество металлизации влияют не только заусенцы, но и острые кромки монтажных отверстий. Если есть соответствующие указания в чертеже, то осуществляется притупление острых кромок на настольно-сверлильных станках с последующим контролем отверстий под микроскопом. Заусенцы и острые кромки устраняют также последующей гидроабразивной обработкой заготовок плат.

Перегрев диэлектрика при сверлении приводит к наволакиванию смолы на стенках отверстия, что ухудшает адгезию химико-гальванической меди (рис. 1в). Наволакивание появляется при нарушении геометрических параметров и затуплении сверла, при повышении нагрузки на сверло. Последнее имеет место, если скорость подачи велика по отношению к частоте вращения шпинделя. Обычно подача на I оборот не должна превышать 50 мкм. Сильно нагруженное сверло вырывает куски материала из стенок, расплавляет их, а это и приводит к наволакиванию. Наволакивание бывает также при плохом качестве подкладочного материала.

Наросты меди на кромках и стенках отверстий (рис. 1г, д) являются следствием миграции частиц окислов меди, которые собираются в тех местах, где сходятся силовые линии поля. Причины появления наростов таковы:

- отрыв волокон стеклоткани от стенок отверстия при нарушении режимов и условий сверления;
- наличие загрязнений и абразивных частиц при плохой подготовке платы под металлизацию;
- наличие заусенцев на кромках отверстия.

На рис. 1г позицией I обозначен гальванически осажденный слой, 2 - фольга, 3 - диэлектрик.

Неравномерный слой металла в отверстии связан с несоответствием условий и режимов химико-гальванического осаждения меди. Наиболее характерные дефекты - "слезы", "подгар", бочкообразная форма и разрыв слоя металлизации.

"Слезы" (рис. 1е) появляются в случае загрязнения электролита органическими веществами, попадающими из сухого пленочного фоторезиста, и блескообразующими добавками.

"Подгар" (рис. 1ж) происходит при повышенной плотности тока в процессе осаждения гальванической меди.

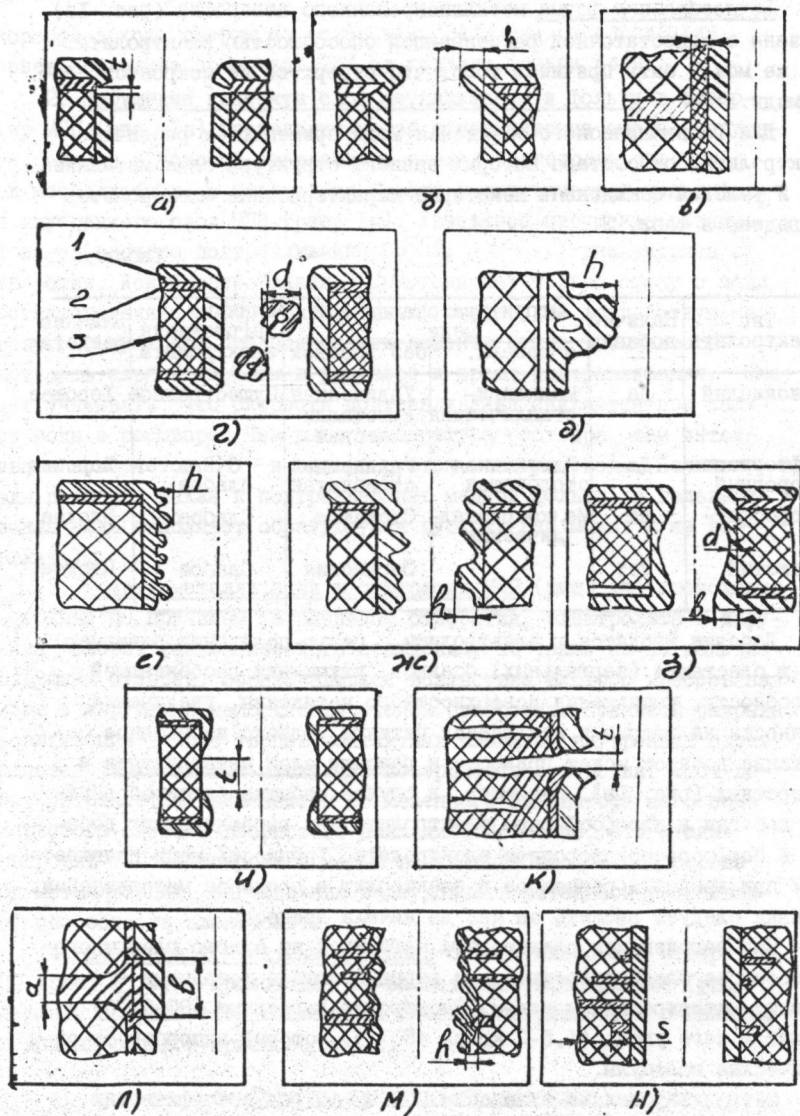


Рис. I

Бочкообразная форма металлизированного отверстия (рис. 1з) связана с недостаточной рассеивающей способностью электролита. Она же может быть причиной того, что отверстие не покроеется слоем меди.

Для гальванического осаждения меди применяются различные электролиты, от состава которых зависит структура слоя металлизации и условия осаждения. Некоторые характеристики электролитов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип электролита	Наличие добавки	Структура осаждаемой меди		Влияние загрязнения электролита	Влияние резиста
		с добавк.	без добавок		
Сернистый	Да	Мелкокристаллическая	Удлиненная кристаллическая	Существенное	Хорошее
Борфтористоводородный	Да	Удлиненная столчатая	Удлиненная столчатая	Очень слабое	Хорошее
Пирофосфатный	Да	Мелкокристаллическая	Слоистая	Слабое	Плохое
Цианистый	Нет	-	Зернистая	Слабое	Плохое

Добавки вводятся в электролиты с целью получения равномерных и блестящих (зеркальных) осадков, улучшения рассеивающей способности, уменьшения поверхностного натяжения, увеличения прочности на разрыв и исключения питтинга. Однако избыточное содержание добавок может привести к разрыву слоя металлизации в отверстиях (рис. 1л). Например, в случае избытка блескообразующей добавки в пирофосфатном электролите или выравнивающих добавок в борфтористоводородном электролите. Хрупкость меди появляется и при введении реактивов в электролит в процессе металлизации. Добавки следует вводить за час до начала процесса.

При загрязнении электролита органикой из сухого пленочного фторрезиста блескообразующими и выравнивающими добавками его очищают активированным углем. Электролит нагревают (60–63°C) и вводят в него уголь (1,5–2 кг на 450 л), который адсорбирует органические молекулы.

Металлизированные отверстия МПП имеют ряд специфических дефектов:

1. Увеличение площади торцевых контактных площадок – "гвоздь", расположенных на внутренних слоях МПП (рис. 1л), происходит вследствие затупления сверла, малых скоростей сверления и малой

скорости выхода сверла из отверстия. Величина расплющивания торцев не должна превышать 25% от толщины фольги слоя.

2. Нарушение контакта слоя металлизации и фольги в отверстии МПП (рис. Iв) происходит из-за наволакивания смолы (нарушение режимов и условий сверления и плохая подготовка отверстия под металлизацию) и отсутствия охвата гальванической медью фольги внутреннего слоя МПП (рис. Iм). Указанное нарушение возникает из-за плохого подтравливания ($H_2SO_4 : HF$) диэлектрика в отверстии. Концентрированная H_2SO_4 снимает только смолу с меди и стекловолокна, а HF травит только стекло, не воздействуя на смолу. Поэтому для предотвращения дефекта нужно увеличивать плотность серной кислоты в растворе и время подтравливания. Следует учитывать, что скорость подтравливания снижается при наличии воды в растворе. Чем выше температура раствора, тем интенсивнее испаряется HF и адсорбируются молекулы воды. Наличие воды приводит также к подтрапливанию медной фольги, а гальваническая медь заполняет образующуюся пустоту (ис может и не заполнить).

3. Разрыв металлизации в отверстии МПП (рис. Iк) происходит не только по причинам загрязнения отверстия, электролита и нарушения условий гальванического осаждения, но также из-за наличия воздушных пузырей, образовавшихся вследствие плохого прессования слоев и нарушения целостности стенок отверстия. Причиной разрыва металлизации в зоне торцев контактных площадок внутренних слоев является также плохая активация поверхности отверстия. Этот дефект устраняется применением совмещенного активатора на основе хлористого олова и хлористого палладия. Возможно, что стенки отверстий МПП не покроются медью вследствие плохой подготовки под металлизацию, загрязнения и неудовлетворительной рассеивающей способности электролита.

4. Смещение контактных площадок относительно оси отверстия МПП (рис. I м,н) происходит из-за неточности сверления (уход сверла), погрешностей совмещения слоев и погрешностей в базовых элементах слоев и приспособлений.

4. Дефекты печатных проводников

Характерными дефектами проводников являются их зауживание в результате травления фольги с пробельных мест и подтрапливание токопроводящего участка, защищенного металлорезистом. Причины увеличенного подтрапливания – большая толщина травляемого

олая и ухудшение свойств травителя в результате эксплуатации.

В зависимости от имеющегося оборудования и способа защиты проводящих участков печатного монтажа применяют несколько травителей.

Хлорным железом травят только медь при защите рисунка печатного монтажа краской или фоторезистом. Не решена проблема утилизации отходов травления. Олово и ПОС применять в качестве резиста нельзя, так как они травятся в хлорном железе. Персульфатом аммония травят плату, защищенную гальванически осажденным оловосвинцом. Однако травитель значительно меняет цвет ПОСа. Наличие ртути требует проведения слива отходов по специальному циклу. Хромовая кислота применяется для травления плат, защищенных как ПОСом, так и краской. Цвет ПОСа при этом меняется незначительно. Однако сброс и утилизация отходов является проблемой. Щелочные травители наиболее надежны и не создают проблем при утилизации отходов.

5. Методика приготовления шлифов монтажных отверстий

Микрошлифы позволяют наиболее достоверно оценить качество металлизированных отверстий и печатных проводников. Однако изготовление шлифов связано с разрушением платы. Поэтому шлифы выполняют на специальных тестовых элементах, расположенных в технологическом поле платы. Следует отметить, что при этом возможны ошибки, связанные с неравномерной толщиной гальванической меди по поверхности платы и в отверстиях, что обусловлено рассеивающей способностью электролита. На этапе отработки отдельных операций и технологического процесса в целом контроль по микрошлифам проводится на каждой плате. А далее — выборочно для проверки стабильности технологического процесса.

Контролируемую плату направляют в металлографическую лабораторию. В зоне тестовых элементов технологического поля с помощью универсальных ножниц вырезают образец 15х30 мм. Линия реза должна находиться на расстоянии 3–5 мм от контролируемых отверстий. Готовят состав на основе самотвердеющей пасты 5г (АСТ-Т, ТУ 16-2-17-69) или бутакрила технического (МРТУ 64-2-9-69), смешивая их с 15–20 мл жидкости АСТ-Т. Приготовленным составом заполняют контролируемые отверстия путем многократного погружения в этот состав образца. Образец, покрытый самотвердеющим составом, устанавливают между двумя пластинами оргстекла. С небольшим усилием сжимают пакет и сушат в вытяжном шкафу в течение двух часов.

Образец шлифуют абразивным кругом до контролируемых отверстий. Отверстия вскрывают шлифованием на абразивной крупнозернистой шкурке (K310). Затем ведут шлифовку до середины отверстий, уменьшая зернистость шкурки (M40, M28) и меняя направление шлифования. После шлифования образец полируют на сукне суспензией на основе окиси хрома и воды (2г на 1 л). Время полирования составляет 2-3 минуты. Образец промывают водой, сушат фильтровальной бумагой, протирают спиртом и снова сушат. В таком виде он готов для исследований под микроскопом.

Для выявления кристаллической структуры осажденных в отверстия материалов (химико-гальваническая медь, гальванический слой "олово-свинец") шлиф подвергают травлению. В состав травителя входит: хлорное железо (10 г), соляная кислота (25 г), вода (100 г). После травления шлиф протирают спиртом и высушивают.

Контрольные вопросы

1. Назовите критерии оценки качества металлизированных отверстий, контактных площадок, печатных проводников, диэлектрического основания.
2. Назовите методы оценки качества металлизированных отверстий, печатных проводников, диэлектрических оснований.
3. Каковы причины разрывов металлизации на кромках отверстий?
4. Каковы причины разрывов металлизации на стенках отверстий?
5. Что такое "гвоздевой эффект" и каковы причины его возникновения?
6. Каковы оптимальные режимы сверления отверстий?
7. Укажите дефекты, характеризующие неравномерность слоя металлизации отверстий.
8. Каковы причины возникновения "слез", "подгара", бочкообразности?
9. Каково влияние электролитов на качество металлизации отверстий?
10. Что такое наволакивание?
11. Почему возникают специфичные дефекты монтажных отверстий МПП?
12. Укажите причину зауживания печатных проводников.
13. Что такое смещение контактных площадок и каковы причины его возникновения?

14. Какова технология приготовления микрошпифов?

Работа № П8-1-Л2. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА НАКРУТКОЙ

Цель работы - ознакомиться с технологией монтажа накруткой и провести исследование основных параметров соединений.

Задание и порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с особенностями соединения накруткой.
2. Ознакомиться с устройством пистолета для монтажа накруткой.
3. Провести конструкторско-технологический расчет соединения накруткой согласно заданным параметрам (вид и количество соединений задает преподаватель).
4. Наладить пистолет и выполнить соединения накруткой согласно полученным расчетным данным и монтажной схеме.
5. Произвести контроль переходного сопротивления и усилия стягивания выполненных соединений.
6. Произвести раскрутку полученных соединений.
7. Составить отчет по лабораторной работе.
8. Ответить на контрольные вопросы преподавателя.

Содержание отчета

В отчете необходимо представить:

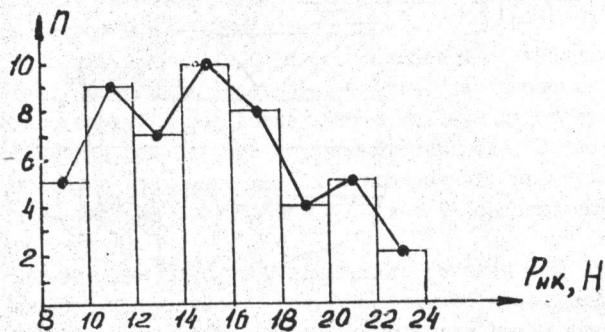
1. Описание конструкции и кинематической схемы пистолета для монтажа накруткой, схемы видов соединений накруткой.
2. Расчет конструктивно-технологических параметров для заданных видов соединений накруткой.
3. Результаты измерения переходного сопротивления накруткой и усилия стягивания - в виде таблиц и соответствующих гистограмм распределения указанных параметров по образцам (рис. 2а - гистограмма усилия стягивания, рис. 2б - гистограмма переходного сопротивления).
4. Анализ полученных результатов, выводы.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

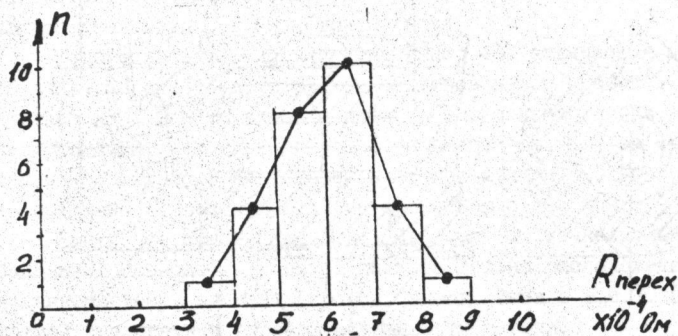
1. Электрическое соединение накруткой

Метод электрического монтажа накруткой предназначен для получения электрических соединений с помощью одножильных проводов и стальных выводов. Электрическое соединение накруткой - это соединение между незаизолированным проводом (участком провода) и выво-

дом с острыми кромками (рис. 3), при котором провод навивается на вывод с определенным натяжением. Электрическая цепь возникает в зонах контакта провода с острыми кромками вывода. Натяжение провода при накрутке позволяет разрушить пленку окислов на контактирующих металлах, способствует вдавливанию провода в острые кромки вывода и образованию газонепроницаемого соединения.



а)



б)

Рис. 2

На рис. 3 позицией I обозначен навручиваемый проводник, 2 - штырь, 3 - втулка, 4 - обойма.

Соединение накруткой должно удовлетворять следующим требованиям: минимальная величина переходного сопротивления, газонепроницаемость (для исключения коррозии), сумма площадей зон контакта должна быть больше поперечного сечения провода, электрическая стабильность при климатических и механических воздействиях. Эти

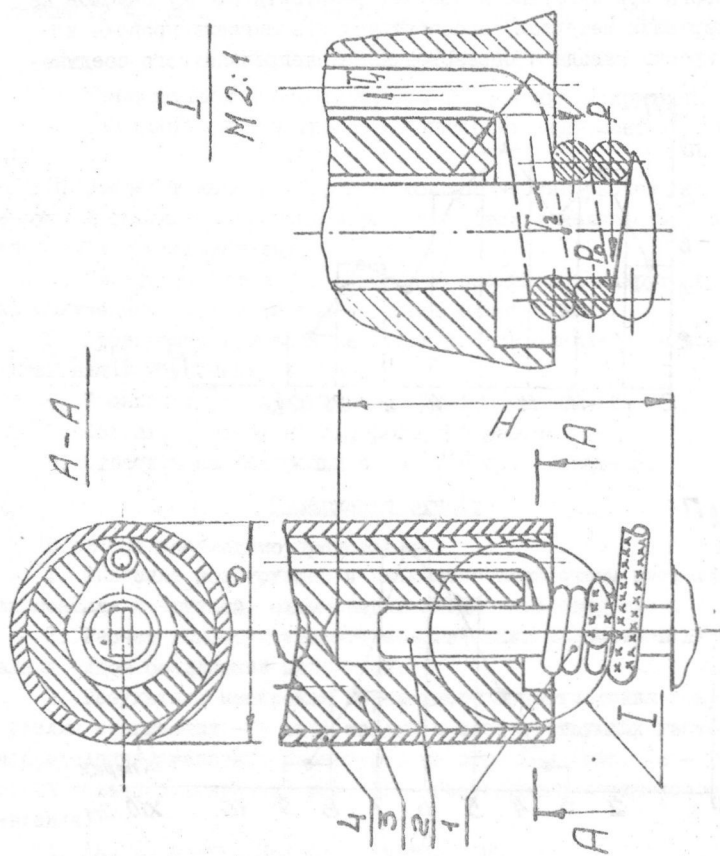


FIG. 3

требования обеспечиваются выбором соответствующих материалов вывода и провода, конструкцией соединения и технологическими условиями его получения.

Для изготовления выводов применяют: медь, латунь, плакированную сталь, никель-серебряные сплавы, бериллиевую и фосфористую бронзы. В качестве провода для накрутки используют медный одножильный провод, имеющий относительное удлинение не менее 20% диаметром 0,17–1,2 мм.

Рабочий участок провода освобождается от изоляции и облуживается. Кроме меди используют латунь, никелевое железо и никелевую проволоку. Вывод должен иметь минимум две острые кромки, расположенные поперек оси навиваемого провода. В соответствии с этим условием применяют выводы с квадратной, прямоугольной, ромбовидной, двойной треугольной, U- и V-образной формой поперечного сечения.

При монтаже накруткой применяют три вида соединений: обычное (немодифицированное), модифицированное и бандажное.

Обычное соединение (рис. 4а) получают путем навивки на вывод изолированного участка одножильного провода. Его витки должны плотно прилегать друг к другу, а расстояние между ними не должно превышать 0,2 диаметра провода.

Модифицированное соединение (рис. 4б) отличается от обычного наличием одного-двух витков изолированного провода. Изоляция снижает вероятность поломки первого витка провода при механических воздействиях (при вибрации, смещении вывода) за счет уменьшения концентрации напряжения в точках контакта. Габариты этого соединения увеличиваются по сравнению с обычным.

Бандажное соединение (рис. 4в) состоит из нескольких витков бандажной проволоки, навитой на параллельно расположенный вывод и бандажируемый элемент (провод, вывод, шина и т.п.). Последний должен прилегать к широкой поверхности вывода.

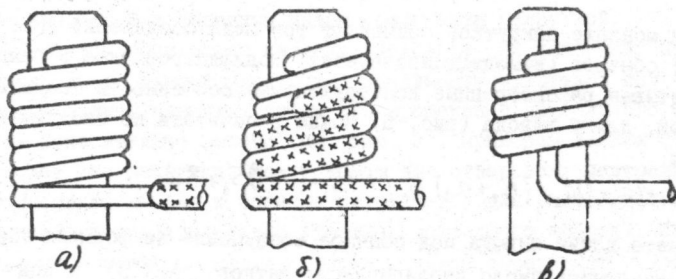


Рис. 4

II. МЕТОДИКА РАБОТЫ

Расчетную часть работы, а также контроль параметров соединений накруткой выполняют за лабораторным столом, где размещены прибор для измерения переходного сопротивления и стенд для определения усилия стягивания. Студентам на каждую бригаду выдают панели с выводами под монтаж накруткой, монтажную схему соединений и задают исходные параметры для конструкторско-технологического расчета соединений накруткой: n_1 и n_2 - число изолированных и неизолированных витков провода; d_1 и d_2 - диаметр неизолированного и изолированного провода; S_2 - расстояние между смежными витками; S_3 - расстояние между двумя соединениями; N - число соединений на выводе.

Практическая часть работы выполняется на лабораторном столе, на котором установленна панель под монтаж накруткой, источник питания для пистолета, используемого при монтаже накруткой, и необходимая технологическая оснастка.

I. Расчетная часть

Эта часть работы связана с определением конструктивно-технологических параметров соединения накруткой.

Для всех видов соединений накруткой характерно плотное прилегание витков провода. Не допускается, чтобы конец последнего витка выступал за габариты соединения более, чем на диаметр жилы провода, в противном случае увеличивается вероятность случайной разбивки последних витков и возникает опасность повреждения изоляции проводов, прокладываемых в процессе монтажа накруткой между выводами. В соединениях не допускается навивка провода внахлестку, с просветом или по спирали. При монтаже накруткой на каждом выводе рекомендуется выполнять не более трех соединений. Большое число соединений может вызвать скручивание вывода и затрудняет ремонт.

При монтаже накруткой применяют три вида соединений (см. рис. 4): обычное (немодифицированное), модифицированное и бандажное. Учитывая рассмотренные конструктивные особенности соединений накруткой, длину вывода (рис. 5) можно рассчитать по следующей формуле:

$$L = [n_1 d_1 + (n_1 + 1) d_2 + (n_1 + n_2) \cdot S_2] \cdot N + S_1 + (N - 1) S_3 + 3 d_1. \quad (I)$$

При расчете длины вывода под обычное соединение из формулы (I) следует исключить число изолированных витков ($n_2 = 0$), а под

бандажное соединение, кроме того, надо учесть диаметр d_3 бандажируемого провода (вывода) и минимальное расстояние, приблизительно равное d_3 , между бандажируемым выводом и первым витком соединения.

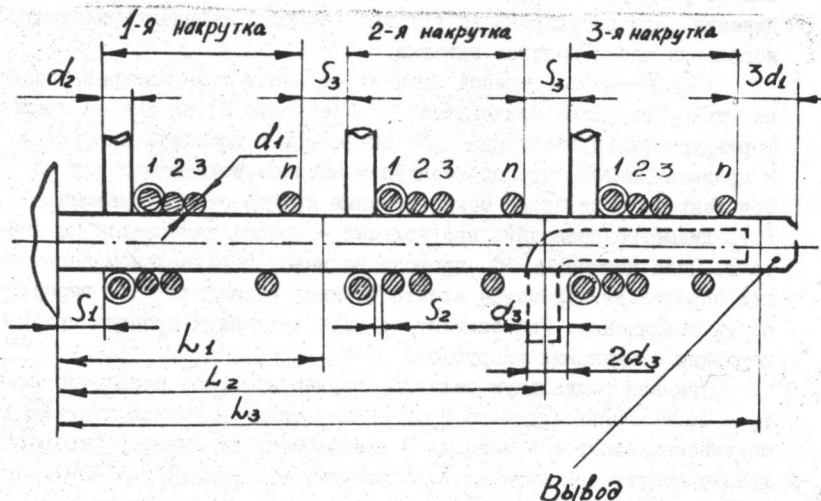


Рис. 5

2. Практическая часть

Произведя необходимые конструкторско-технологические расчеты, следует по паспорту-инструкции ознакомиться с конструкцией и работой пистолета для монтажа накруткой, выделенного для бригады студентов. Нужно внимательно изучить монтажную схему, а по ней установить на панели соответствующие выводы под монтаж накруткой с учетом заданного вида соединения накруткой. Затем необходимо произвести заготовку монтажного провода и зачистку его концов в соответствии с заданным видом соединения накруткой.

Затем производят наладку пистолета для накрутки. При этом нужно иметь в виду следующее: соединение накруткой получают с помощью валика навивки, путем его вращения и продольного перемещения относительно вывода (см. рис. 2). Приводом валика служит пистолет для накрутки. Валик имеет два отверстия: центральное для размещения вывода и боковое ступенчатое для размещения неизолированного и изолированного участков монтажного провода. На торце валика выполнена выточка, форма которой определяет условия навивки

и качество соединения. На валик в осевом направлении действует пружина, сила которой определяет однородность и плотность витков соединения. Наружный диаметр D втулки выбирается в зависимости от размеров вывода, диаметра провода и условий получения соединения. Для регулирования глубины накрутки изменяют величину H , используя набор валиков навивки.

Качество соединения зависит от силовых параметров процесса накрутки. Сила воздействия P (см. рис. 3) валика на провод формирует витки соединения. Ее оптимальная величина находится в пределах 5–30Н, что обеспечивает плотное прилегание витков. При меньшей силе зазор между витками превышает допускаемый (0,2 диаметра провода), при большей – провод навивается по спирали. Сила давления P_p провода на вывод в радиальном направлении определяет параметры электрические, механические и герметичность соединения. Она зависит от силы натяжения провода при выполнении соединения накруткой.

Так как радиальную силу P_p трудно измерить непосредственно, то о ее величине судят по продольному усилию – усилию стягивания соединения вдоль оси вывода. В зависимости от диаметра провода усилие стягивания изменяется в широких пределах (50...200Н). Согласно отраслевому стандарту усилие стягивания не должно быть меньше 13–40Н при диаметрах жилы провода 0,25...0,80 мм.

Для получения соединения накруткой необходимо выполнить несколько технологических переходов (рис. 6):

- конец монтажного провода нужно ввести в боковое отверстие валика навивки (рис. 6а,б);
- после этого валик навивки необходимо сориентировать относительно вывода (рис. 6в), совмещая его ось с осью центрального отверстия, и надвинуть на вывод;
- с помощью пистолета валик следует привести во вращение, в результате которого образуется соединение (рис. 6г).

Основное технологическое время накрутки составляет примерно 0,8 с.

В случае неудовлетворительного качества соединения (рис. 7) можно провести его демонтаж с помощью специального инструмента – валика раскрутки, на наружной поверхности которого нарезана винтовая канавка (рис. 8). При этом провод, сохраняя форму спирали, развивается до такого состояния, которое обеспечивает возможность снятия его с вывода путем осевого перемещения.

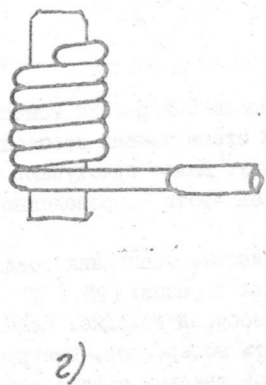
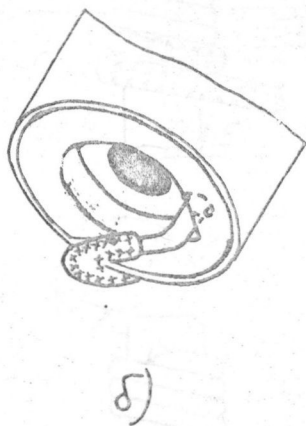
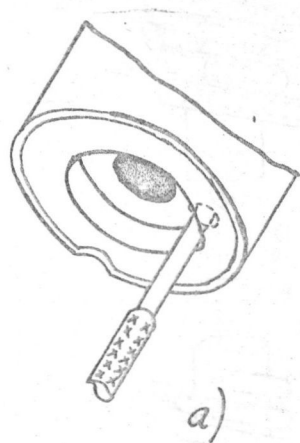


Рис. 6

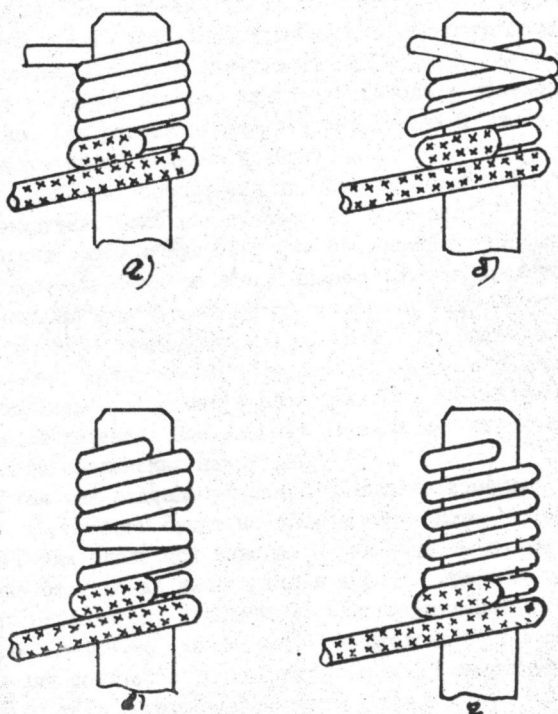


Рис. 7

После завершения монтажа и проверки его соответствия монтажной схеме панель necessarily представить преподавателю на проверку. Далее приступают к выполнению следующего этапа практической части – проведению типовых испытаний соединений накруткой.

Типовые испытания соединений накруткой проводятся на нескольких образцах (25...30), выполненных студентами на специальной разборной колодке. Цель типовых испытаний – определить пригодность материалов, инструмента и приспособлений для выполнения качественных соединений. В данной лабораторной работе студенты выполняют электрические испытания на переходное сопротивление и механические испытания на определение усилия стягивания.

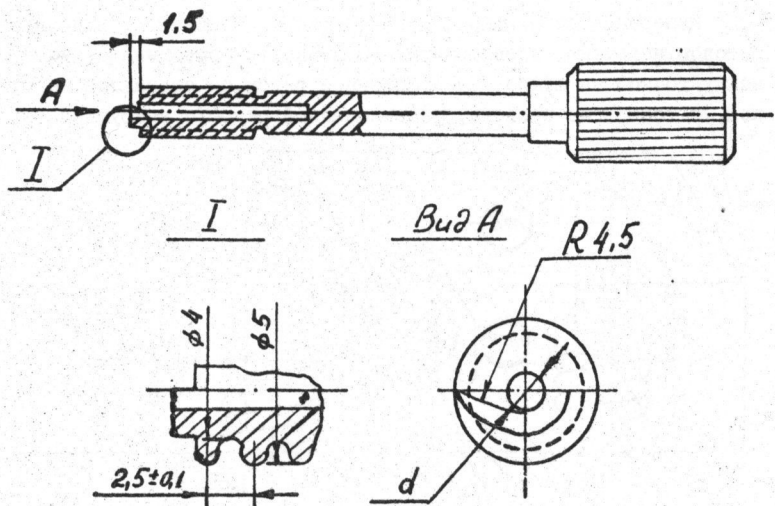


Рис. 8

Измерение переходного сопротивления соединения, выполненного методом накрутки, производится по разности потенциалов, измеряемой между точкой на штыре, расположенной рядом со сделанной накруткой, и точкой на проводе, расположенной рядом с накруткой (рис.9).

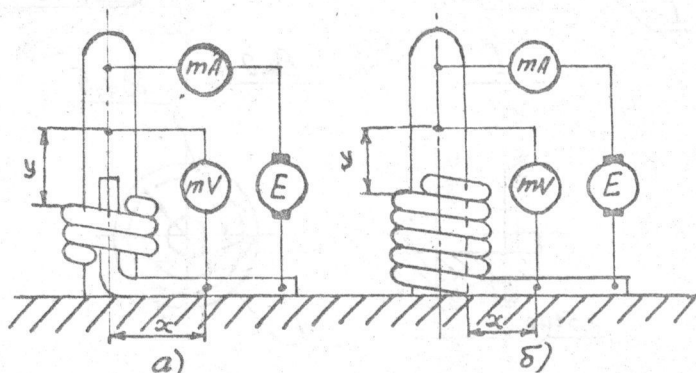


Рис. 9

Во время измерения необходимо соблюдать следующее правило: расстояние x и y должно быть как можно меньше. Во избежание пробоя тонких изоляционных пленок у соединения, э.д.с. измерительной цепи не должна превышать 20 мВ. Для предотвращения чрезмерного нагревания соединения ток не должен превышать 1 А. Чтобы удостовериться, что контакт невыпрямляющий, в одном измерительном цикле необходимо производить измерения при постоянном токе, протекающем как в одном, так и в обратном направлении. Измерительные циклы должны следовать непрерывно один за другим. Необходимо провести 5 измерительных циклов. Значение переходного сопротивления не должно превышать 0,002 Ом. Оно определяется по формуле

$$R_s = \frac{V}{I} - R_x - R_y.$$

Для определения усилия стягивания вывод с соединением накрутки закрепляется в зажиме и с помощью испытательной вилки стенда навитый провод стягивается с вывода (рис. 10). Расстояние между выводом и испытательной вилкой должно составлять не более 70% диаметра провода. Усилие прикладывается вдоль оси вывода и должно увеличиваться с постоянной скоростью (10Н в минуту). В момент времени, когда соединение получит смещение более чем на диаметр навитого провода, замеряется прикладываемое усилие — усилие стягивания.

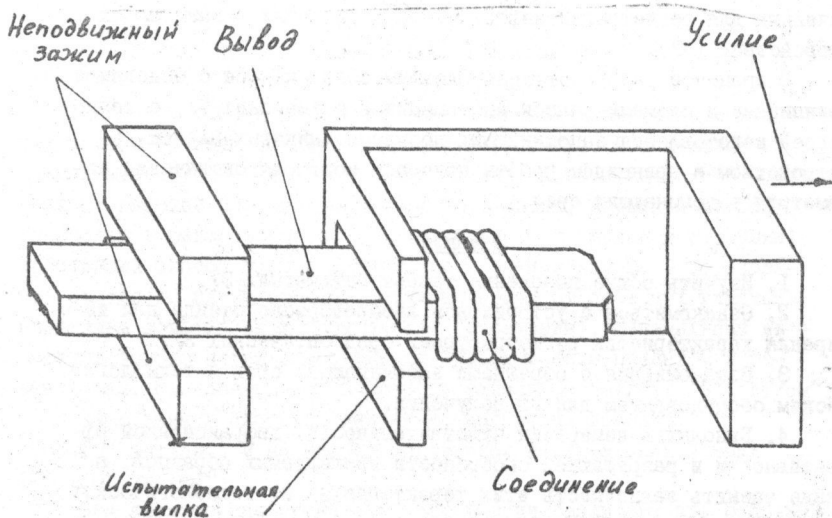


Рис. 10

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к соединениям, выполняемым методом монтажа накруткой?
2. Какую форму поперечного сечения имеют выводы под монтаж накруткой? Из каких материалов эти выводы изготавливаются?
3. Какие виды соединений накруткой вы знаете? Каковы технологические особенности их выполнения?
4. Какие параметры характеризуют качество выполнения соединений накруткой?
5. Как измерить усилие стягивания?
6. Как измерить переходное сопротивление соединения накруткой?

Работа № П8-1-13. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СВОЙСТВА РЕГИСТРИРУЮЩИХ СРЕД ОПТИЧЕСКИХ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Цель работы – исследование свойств полупроводниковых пленок, полученных при различных технологических условиях и предназ-

наченных для регистрации информации в оптических запоминающих устройствах (ЗУ).

В процессе работы студенты должны ознакомиться с основными принципами и схемами записи информации в оптических ЗУ, с технологией изготовления запоминающих полупроводниковых пленок, с устройством и принципом работы приборов контроля оптических параметров запоминающих сред.

Задание

1. Изучить общие положения теории оптических ЗУ.
2. Ознакомиться с устройством лабораторного стенда для измерения характеристик регистрирующих сред оптических ЗУ.
3. Ознакомиться с образцами запоминающих сред и технологическим оборудованием для их получения.
4. Выполнить измерения чувствительности, дифракционной эффективности и разрешающей способности исследуемых образцов, а также оценить зависимость этих характеристик от технологических условий получения образцов.
5. Составить отчет по лабораторной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета

В отчете необходимо:

1. Дать краткую характеристику исследуемых образцов (материал оптической среды, условия получения).
2. Привести схему и краткое описание стенда.
3. Привести таблицу с результатами измерений (см. табл. 3).

Таблица 3

№ образца	Материал	Чувствительность			$\mathcal{L}, \%$	$R_{max},$ лин/мм
		$E_{перог},$ Дж/см ²	$E_{огр},$ Дж/см ²	$S, \text{см}^2/\text{Дж}$		

4. Построить графики $T = f(t)_{N \rightarrow const}$; $\mathcal{L} = f(t)_{N \rightarrow const}$.

5. Сделать выводы о связи характеристик регистрирующей среды с параметрами технологического процесса ее изготовления и составом.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Оптические ЗУ

Оптические ЗУ основаны на использовании лучистой энергии при записи, считывании или стирании информации. Перспектива их применения обусловлена следующими положительными качествами этих систем: высокой плотностью записи информации, надежной ее сохранностью и реверсивностью (неоднократностью записи и стирания). Простейший способ записи информации в оптическом ЗУ - образование светового пятна (точки), отличающегося от соседних участков значением коэффициента пропускания (отражения). Минимальный диаметр светового пятна определяется дифракционным пределом и равен 1 мкм. Следовательно, плотность записи составляет 10^8 бит/см², т.е. выше, чем в системах памяти на магнитных доменах (10^5 - 10^6 бит/см²) и на полупроводниковых интегральных схемах (10^4 - 10^5 бит/см²).

При регистрации оптической информации различают два основных способа ее представления: побитный - когда любому элементарному участку информационного носителя соответствует один бит информации (рис. 11); голографический - когда вся поверхность некоторого участка равномерно обеспечивает хранение массива информации, т.е. любая область, входящая в этот участок, хранит с той или иной достоверностью информацию обо всем массиве сразу (рис. 12).

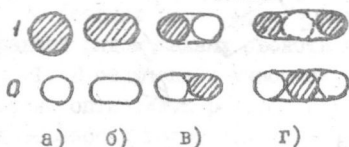


Рис. 11

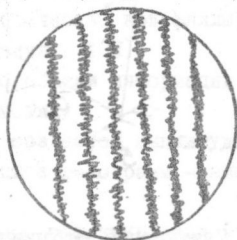


Рис. 12

На рис. 11а показан поточечный способ представления 1 и 0 информации на носителе в оптическом ЗУ; на рис. 11б - протяженным участком, в - чередованием двух полей; г - чередованием трех полей.

Голографическое представление дискретной информации обязательно требует использования когерентного источника лучистой

энергии оптического квантового генератора (ОКГ). При этом световой пучок делится на два пучка, один из которых (сигнальный) несет информационную нагрузку.

Сигнальный и опорный пучки интерферируют непосредственно в плоскости расположения информационного носителя, в результате чего на последнем регистрируется распределение не только интенсивности в плоскости поперечного сечения сигнального пучка, но и фазы в указанной плоскости относительно соответствующей плоскости опорного пучка (рис. 13).

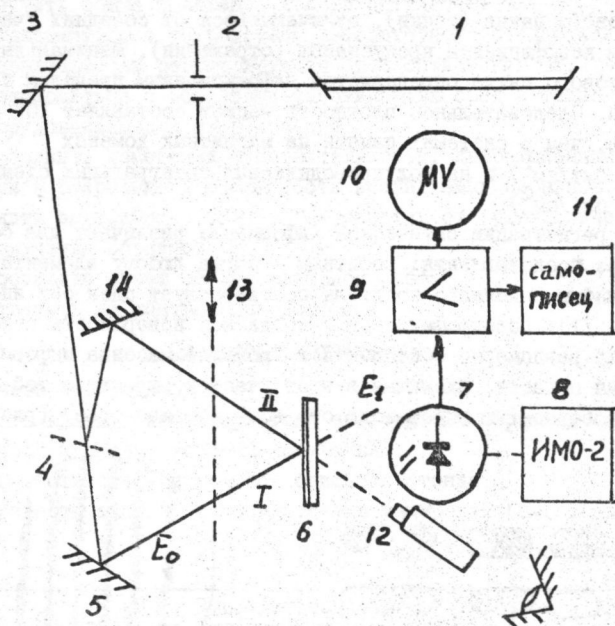


Рис. 13

Считывание информации (восстановление голограммы) производится воздействием на голограмму пучка света более низкой интенсивности, чем это имело место в процессе записи, при неизменной длине волны λ .

Стирание информации производится воздействием на пленку луча света с другим значением длины волны или же просто нагреванием, иногда — импульсом энергии повышенной мощности.

Последующие многократные циклы записи и стирания голограмм не должны изменять характеристик носителя информации.

2. Материалы регистрирующих сред

В результате экспонирования и обработки светочувствительных материалов (записи информации), используемых в оптических ЗУ, должны меняться их оптические свойства. Световая волна, пройдя через среду, на которой зарегистрирована оптическая информация, или отразившись от этой среды, модулируется по амплитуде и фазе. Амплитудная модуляция осуществляется за счет изменения амплитудного коэффициента поглощения материала, а фазовая — за счет изменения его показателя преломления или толщины. Все светочувствительные материалы можно разбить на три основные группы: материалы с амплитудной модуляцией, у которых амплитудный коэффициент поглощения зависит от экспозиции; материалы с фазовой модуляцией, у которых от экспозиции зависит коэффициент преломления или толщина; материалы с амплитудно-фазовой модуляцией, у которых от экспозиции меняются те же параметры, что и для первых двух групп. Последние две группы материалов способны регистрировать голограммы.

По способности многократно записывать и стирать информацию с возможностью последующей записи регистрирующие материалы делятся на реверсивные (т.е. позволяющие стирать и вновь записывать информацию) и нереверсивные.

Анализ материалов регистрирующих сред (см. табл. 4) показывает, что ряд приведенных материалов имеет сравнительно одинаковые параметры (фотохромы органические, хромированный желатин, сенсibilизированный плексиглас, электрооптические кристаллы, халькогенидные стеклообразные полупроводники — ХСП).

С позиции голографии и оптической обработки информации ХСП обладают рядом важных свойств и характеристик:

1. В облученных участках пленок ХСП создается амплитудно-фазовый оптический рельеф, а в случае записи голограмм — амплитудно-фазовая голограмма.

2. Значительная величина дифракционной эффективности (до 80%). Она зависит в свою очередь от толщины пленок и обусловлена большим изменением коэффициента преломления при записи.

3. Большая разрешающая способность (несколько тысяч линий на миллиметр). Предполагается, что предельная разрешающая способность пленок ХСП равна $(1,0-1,5) 10^4$ лин./мм.

4. Возможность стирания записанной информации и записи новой.

5. Энергия кванта, необходимая для того, чтобы выявить изме-

нения в пленке ХСП, подчиняется условию

где $\Delta \bar{E}$ - ширина запрещенной зоны; $h\nu \geq \Delta \bar{E}$, h - постоянная Планка; ν - частота.

Для получения аморфных пленок сложного состава применяют в основном следующие методы:

- термическое напыление в вакууме;
- высокочастотное распыление;
- плазмохимическое осаждение.

Характеристики оптических регистрирующих сред тесно связаны с технологией их изготовления. Большое влияние на основные параметры ХСП оказывают: метод изготовления, давление в вакуумной камере, температура подложки, скорость осаждения материала, толщина пленок, состав.

Таблица 4

№ Ш	Материалы	Реверсивность	Чувствительность, Дж/см ²	Дифракционный эффект, %	Разрешающая способность, лин./мм
1	Галогидосеребряные фотослои ("микрат" "БР", "ВРД")	нереверс.	(1+2) 10 ⁻⁶	4,4	300
2	Фотохромы органические (аналы, дитизонаты металлов, диктоны)	нереверс.	10 ⁻²	80	4500
3	Магнитооптические материалы (Mn Bi)	реверсивн.	10 ⁻³	0,01	1000
4	Термопласты и фототермопласты	реверсивн.	10 ⁻⁶	10	1000
5	Электрооптические кристаллы (LiNbO ₃)	реверсивн.	2,5 10 ⁻¹	42	1500
6	ХСП	реверсивн.	10 ⁻¹	80	5000

3. Основные параметры регистрирующих сред

При выборе светочувствительного материала ориентируются на его важнейшие характеристики - чувствительность и разрешающую способность.

Для обычной фотографии чувствительность задается в единицах ГОСТа или величиной световой энергии на единицу площади, т.е. величиной экспозиции, необходимой для получения достаточного изменения оптической плотности. Критерием чувствительности материа-

лов для голографии служит величина экспозиции E , необходимая для достижения определенной дифракционной эффективности η голограммы.

Различают пороговую чувствительность $E_{\text{порог}}$, т.е. минимальную энергию, необходимую для появления изменений коэффициента пропускания T .

Оптимальная чувствительность $E_{\text{опт}}$ — энергия ОКГ, необходимая для достижения максимального коэффициента пропускания T_{max} (рис. I4).

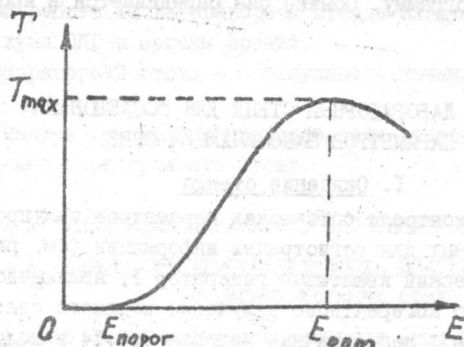


Рис. I4

Голографическая чувствительность для ХСН может быть определена по формуле Лина

$$S = \frac{\sqrt{\eta}}{E \cdot V}, \quad (3)$$

где η — дифракционная эффективность;
 E — средняя экспозиция, Дж/см²;
 V — видимость интерференционных полос.

Разрешающая способность R светочувствительного материала должна быть достаточна для отдельной передачи интерференционных полос в голографии или минимальной фотографируемой детали в фотографии. Она задается числом различных линий на 1 мм длины светочувствительного материала.

Разрешающая способность материалов регистрации голограмм должна существенно превышать разрешающую способность обычных светочувствительных материалов, для которых высоким считается значение 200 лин./мм.

Значение разрешающей способности материалов, регистрирующих голограммы, можно оценить по пространственным частотам интерференционных картин (в мм⁻²), которые определяются параметрами

схемы записи:

$$\frac{1}{d} = \nu_{np} = \frac{2 \sin \frac{\alpha}{2}}{\lambda},$$

где d - период интерференционных полос;
 α - угол сходимости интерферирующих лучей;
 λ - длина волны ОКГ.

Дифракционная эффективность η - это отношение энергии в восстановленном изображении $\bar{\epsilon}$, к общей световой энергии $\bar{\epsilon}_0$, падающей на голограмму. Обычно она определяется в процентах:

$$\eta = \frac{\bar{\epsilon}}{\bar{\epsilon}_0} \cdot 100\%$$

II. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗАПОМИНАЮЩИХ СРЕД

I. Описание стенда

Стенд для контроля оптических параметров полупроводниковых сред, используемых для регистрации информации (см. рис. I3), включает: оптический квантовый генератор I, являющийся источником непрерывного когерентного излучения видимого света ($\lambda = 0,63$ мкм); непрозрачные зеркала 3,5, I4 и полупрозрачное 4, с помощью которых изменяется направление излучения ОКГ; диафрагму 2; модуль 6, в котором закрепляется и перемещается исследуемый образец, нанесенный методом вакуумной технологии на прозрачную в видимом свете подложку (стекло); фотодиод 7, являющийся датчиком излучения, которое прошло через исследуемую пленку; измеритель 8 мощности излучения ОКГ типа ИМО-2; усилитель 9; микровольтметр IO; самописец II, являющийся прибором регистрации измеряемых параметров; микроскоп I2; заслонку I3.

2. Настройка и юстировка стенда

Проводится учебным мастером перед началом лабораторной работы.

3. Работа на стенде

а) Выбор рабочей точки на исследуемом образце ХСП. Для этого с помощью микрометрического винта в держателе, на котором установлен образец, осуществляют перемещение рабочей поверхности образца ХСП относительно точки сходимости опорного I и сигнального II лучей (см. рис. I3) до выхода на непроэкспонированный участок.

б) Снятие показаний осуществляется с микровольтметра или

самописца, измерителя мощности ИМО-2 (см. методику измерений параметров запоминающих сред).

в) Работа с масштабным микроскопом (по указанию преподавателя).

Инструкция по технике безопасности

1. Во избежание попадания под высокое напряжение (питание ОКГ) включение и выключение питания лабораторного стенда производить под руководством учебного мастера.

2. При работе на лабораторном стенде следует избегать прямого попадания луча ОКГ в органы зрения.

3. Лабораторный стенд – совокупность точных, настраиваемых приборов.

Запрещается без ведома преподавателя (учебного мастера) самостоятельно перестраивать стенд.

III. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАПОМИНАЮЩИХ СРЕД

I. Измерение чувствительности полупроводниковых регистрирующих сред

Определение этого параметра сводится (см. рис. I4) к построению зависимости

$$T = f(E, \lambda_{\text{инт}}, t),$$

где T – коэффициент пропускания пленок ХСП на прозрачной подложке; E – экспозиция, Дж ;

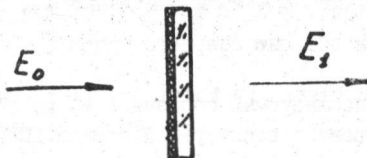
$$E = N \cdot t,$$

здесь N – мощность излучения Вт; t – время, с.

Коэффициент пропускания пленок ХСП на прозрачной подложке (рис. I5)

$$T = \frac{E_1}{E_0},$$

где E_0 – энергия ОКГ до прохождения через образец; E_1 – энергия после прохождения через образец.



Исслед.
образец
Рис. I5

Порядок измерений таков:

а) с помощью измерителя мощности ИМО-2 производится измерение мощности N в опорном пучке (при снятом удаленном исследуемом образце и с помощью фотодиода - по току), при этом устанавливается соответствие показаний ИМО-2 (Дж) и фотодиода (А или мВ);

б) вводится исследуемый образец (см. раздел II, подраздел 3, п. а), при этом пучок II перекрывается фотодиодом; измеряется энергия, прошедшая через исследуемый образец;

в) поскольку в процессе облучения $E_0 \sim const$ и $N \sim const$, то строим кривую $T = f(t)_{N \sim const}$ и проводим оценку $E_{пер}$, $E_{ост}$.

Эта кривая дает возможность произвести оценку параметра регистрирующей среды - чувствительности и оценить контрастность K регистрирующей среды:

$$K = \frac{T_{max}}{T_0},$$

где T_{max} - максимальное значение коэффициента пропускания;

T_0 - коэффициент пропускания общего фона;

г) по формуле (3) рассчитываем голографическую чувствительность S .

2. Измерение дифракционной эффективности

Для измерения этой характеристики необходимо получить голографическое изображение какого-либо элемента (например, точка) и провести оценку способности материала восстанавливать записанное изображение, т.е. нужно получить

$$\eta = \frac{E_2}{E_0} \cdot 100\%,$$

где E_2 и I_2 - энергия и соответствующий ток фотодиода восстановленного изображения точки;

E_0 и I_0 - энергия и соответствующий ток записываемого изображения.

Строим графики $\eta = f(E)$. Для этого:

а) измеряем энергию опорного пучка (см. раздел III, подраздел I, п. а);

б) вводим исследуемый образец (см. раздел II, подраздел 3, п. а), верхняя граница исследуемой пленки ХСН при этом должна приходиться на точку перекрытия опорного I и сигнального II пучков (см. рис. 13); с помощью листа бумаги за плоскостью исследуемого образца находим точки первых порядков мнимого изображения предмета (в данном случае световой точки, вырезаемой диаф-

рагмой 2 в опорном пучке);

в) измеряем с помощью фотодиода 7 ток (энергию) восстановленного изображения (в месте нахождения первого порядка восстановленного изображения) при перекрытом сигнальном пучке.

Находим $\mathcal{L}_{max} = f(\mathcal{E})_{\mathcal{E}_{max}}$.

3. Разрешающая способность материала

При наблюдении в микроскоп I2 (см. рис. I3) записанной на пленке полупроводника голограммы по чередующимся интерференционным полосам голограммы можно приблизительно произвести оценку разрешающей способности исследуемого материала (оценить различимость полос при заданном угле сходимости пучков и длине волны света). Определяем по формуле (2) разрешающую способность материала ХСП при заданном угле сходимости лучей и сравниваем с периодом интерференционной решетки, который наблюдается в масштабном микроскопе.

Порядок выполнения работы

1. Изучить общие положения, лабораторный стенд, методику измерения параметров образцов с запоминающими средами.

2. Подготовить стенд к работе.

3. Произвести измерение чувствительности исследуемых образцов. Для этого:

- включить питание ОКГ и измерительных приборов стенда;
- произвести измерения мощности ОКГ в данный момент времени (в соответствии с описанием ИМО-2);
- установить в держатель образец, открыть заслонку, подать на исследуемый образец оптическое излучение от ОКГ;
- снять с помощью фотодиода и умножителя на самописце или микрольтметре (в последнем случае - по точкам с интервалом 10 мкм) график зависимости $T = f(t)_{H-const}$ (см. раздел II, подраздел I);

- произвести оценку пороговой чувствительности $\mathcal{E}_{порог}$, оптимальной чувствительности \mathcal{E}_{opt} и голографической чувствительности S .

4. Произвести измерения дифракционной эффективности $\mathcal{L} = f(\mathcal{E})$ и разрешающей способности \mathcal{K} исследуемых образцов. Для этого:

- записать голограмму точки (см. раздел III, подраздел 2);
- измерить с помощью фотодиода световую энергию восстанов-

ленного изображения и сигнального луча с отображением результатов измерений на микровольтметре или самописце;

- произвести оценку дифракционной эффективности материала

С. Мих;

- с помощью масштабного микроскопа наблюдать записанную голограмму на исследуемой пленке и произвести оценку разрешающей способности материала.

5. По результатам измерений согласно заданным преподавателем условиям изготовления образцов (не менее трех штук) полупроводниковых пленок сделать выводы о влиянии технологических факторов процесса изготовления полупроводниковых пленок и их состава на основные характеристики (чувствительность, дифракционная эффективность, разрешающая способность).

6. Оформить отчет по лабораторной работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое оптическая память?
2. Какие существуют способы записи информации в оптических ЗУ?
3. Основные характеристики сред, регистрирующих оптическую информацию. Дать их определение.
4. Какие существуют материалы для регистрации оптической информации?
5. Назовите основные узлы оптического ЗУ с побитной записью информации.
6. Назовите основные этапы технологии получения ХСП.

Литература

1. Аблеков В.К., Зубков П.И., Фролов А.В. Оптическая и оптоэлектронная обработка информации. - М.: Машиностроение, 1976.
2. Вуль В.А. Оптические запоминающие устройства. - Л.: Энергия, 1979.
3. Гуревич С.Б., Ильяненко Н.Н., Коломвец Б.Т. и др. Халькогенидные стеклообразные полупроводники как среды для устройств оптической обработки информации. - В кн.: Оптические методы обработки информации. - Л.: Наука, 1974.
4. Елинсон К.И. Оптоэлектроника. Знание, серия "Радиоэлектроника и связь", 1977, № 1.

Бесплатно.