

1.13. ОБЗОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ КОМБИНИРОВАННЫМ ПОЗИТИВНЫМ МЕТОДОМ

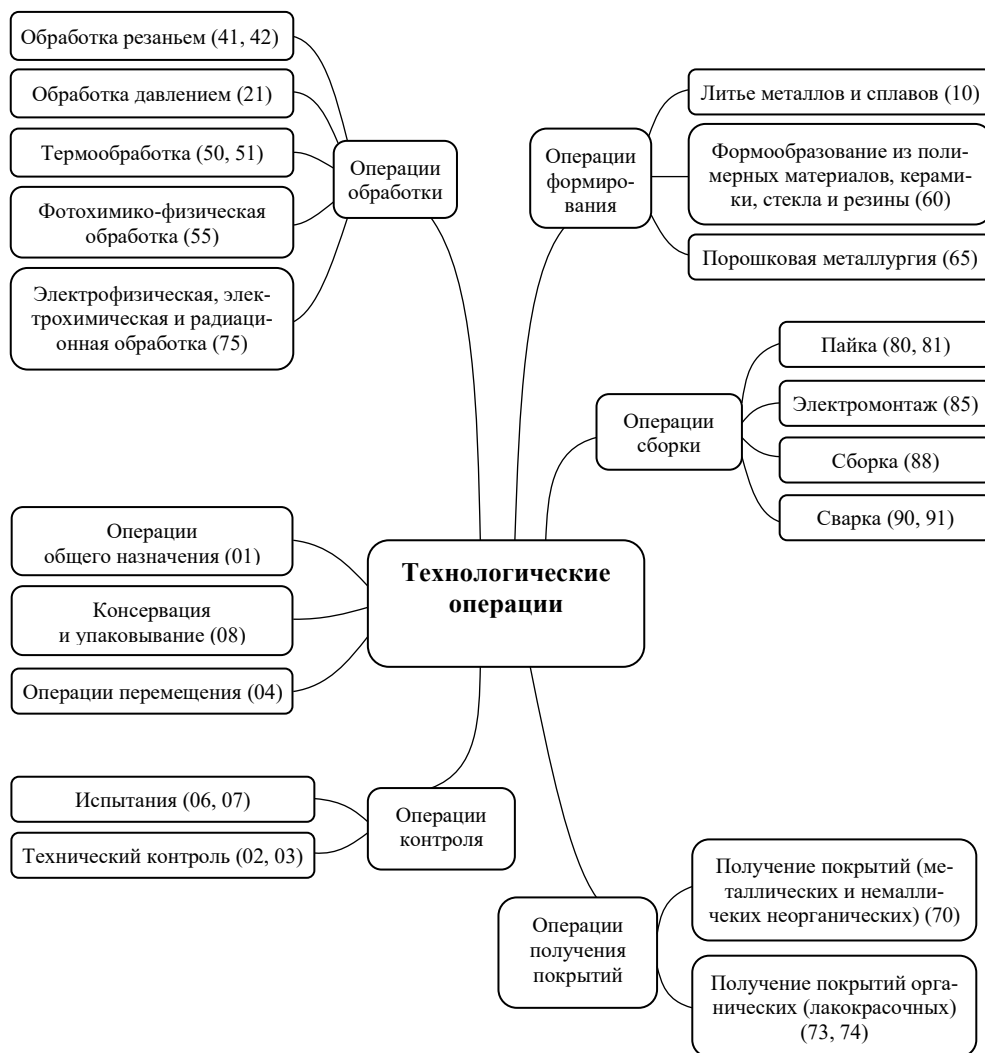
Цель лекции: *Ознакомление с промышленным оборудованием для производства печатных плат. В данной лекции рассматриваются основные технологические этапы и оборудование для производства печатных плат комбинированным позитивным методом*

1.13.1. ЭТАПЫ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

В серийном производстве для получения печатных плат часто используют комбинированный позитивный метод (рис. 1.43а). Основное преимущество комбинированного позитивного метода – возможность получения металлизированных отверстий в печатной плате. Для предварительной металлизации отверстий обычно используют электрохимический способ нанесения медного покрытия на стенки отверстий. Перечень типовых технологических операций приводятся в Классификаторах технологических операций машиностроения и приборостроения (рис. 1.43а, Приложение 1).



а)



б)

Рис. 1.43. Основные этапы при производстве печатных плат комбинированным позитивным методом (а), обобщенная классификация технологических операций (б)

1.13.2. ПОЛУЧЕНИЕ ЗАГОТОВКИ

Исходным материалом для печатной платы является лист фольгированного с двух сторон диэлектрика (обычно стеклотекстолита). Основной метод получения заготовок ДПП – резка листа на гильотинных или дисковых ножницах с раскроем на полосы, а полос – на заготовки. Размеры заготовки

определяются её типом: одинарная (для изготовления одной ДПП) или групповая (для изготовления нескольких ДПП); шириной технологического поля (20–30 мм) по периметру и между отдельными платами групповой заготовки (5–10 мм) и принятым на предприятии оптимальным соотношением длины и ширины заготовки. Позиционирование листа стеклотекстолита при резке осуществляется при помощи направляющих. Сам станок располагается на массивной станине для минимизации вибраций и большей устойчивости.

При производстве многослойных печатных плат сначала происходит изготовление внутренних слоёв и их автоматическая оптическая инспекция во избежание дефектов внутренней топологии. Перед изготовлением внешних слоёв собирается заготовка из фольги первого наружного слоя, препрега, пакета внутренних слоёв, препрега и фольги второго наружного слоя. Заготовка прессуется вакуумным прессом при повышенной температуре.

1.13.3. СВЕРЛЕНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ И МОНТАЖНЫХ ОТВЕРСТИЙ

В наружном технологическом поле заготовки сверлят два базовых отверстия. Базовые отверстия получают на специальном станке (рис. 1.44), собрав несколько заготовок (обычно от 2 до 6) в пакет, затем сверлят и, не меняя установка пакета, штифтуют. Штифты служат для базирования пакета заготовок на столе сверлильного станка с числовым программным управлением.

Для сверления применяют специальные одно-, двух- и четырёхшпиндельные станки с точностью позиционирования в пределах $\pm (0,001-0,005)$ мм. Сверление происходит по заранее заданной программе. При необходимости в процессе работы станка автоматически меняются сверла из специального магазина.

1.13.4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ МЕТАЛЛИЗАЦИЯ ОТВЕРСТИЙ

Стенки просверленных отверстий имеют дефекты в виде наволакивания смолы, неравномерного микрорельефа и заусенцев, которые должны быть устранены перед металлизацией. Для этого применяют: механическую обработку абразивной суспензией, химическую обработку растворами на основе соляной и серной кислот, комбинированную химико-механическую обработку, плазмохимическое травление.

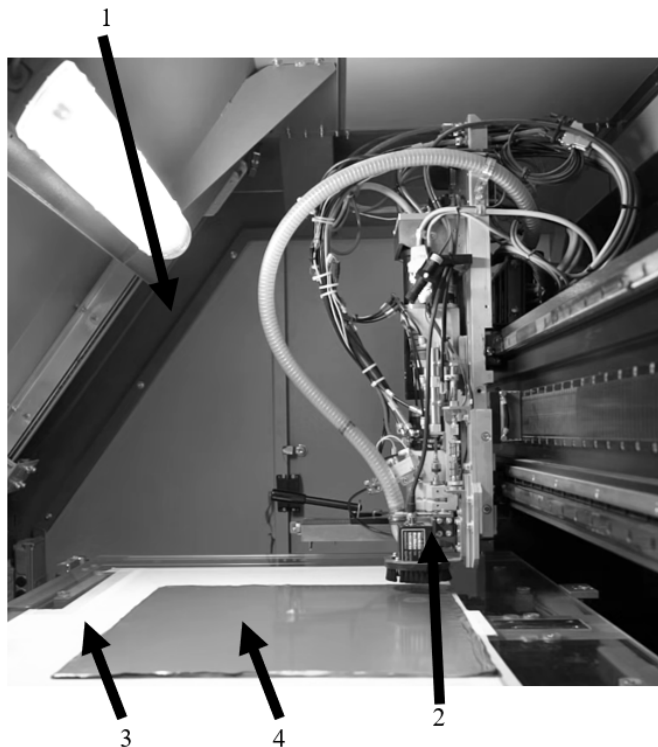


Рис. 1.44. Сверлильный станок с автоматической сменой сверл:
1 – станина; 2 – сверлильный шпиндель; 3 – стол; 4 – пакет заготовок

Типовой ТП предварительной металлизации диэлектрика предусматривает сенсibilизацию (адсорбция олова Sn^{2+}), активацию (образование сверхтонкого слоя палладия Pd), химическое меднение ($h_{\text{хм}} = 1 \div 2$ мкм) и гальваническое меднение ($h_{\text{гм}}$ до 5–7 мкм).

В настоящее время все чаще используется метод прямой металлизации диэлектрика на основе трехметалльного катализатора (Pd, Sn, Me). На стенках отверстий образуется металлическая пленка (Pd, Sn, Me) толщиной 60–80 Å с хорошей адгезией и высокой проводимостью. Прямая металлизация завершается гальванической затяжкой медью до $h_{\text{гм}} = 5 \div 7$ мкм. ТП предварительной металлизации отверстий организуется на модульной линии автооператорного типа (рис. 1.45) с автоматическим переносом заготовки в вертикальные ванны в соответствии с последовательностью операций ТП. Следует отметить, что одновременно медь осаждается и на фольгированные поверхности заготовок.

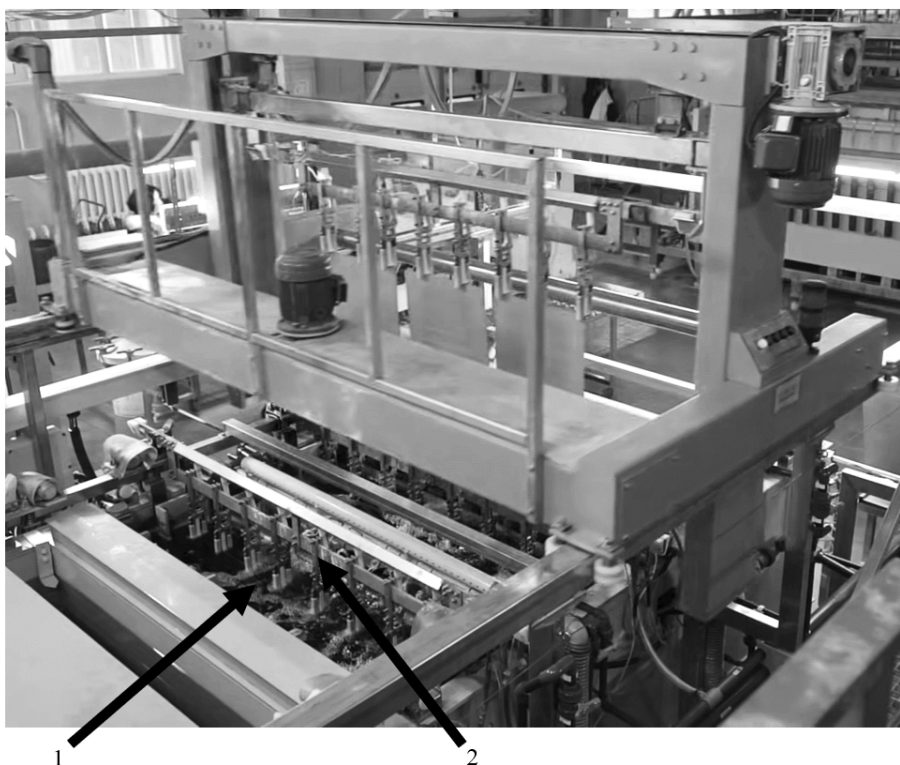


Рис. 1.45. Линия химико-гальванической обработки:

1 – ванная с раствором; 2 – автооператор, к которому прикреплены заготовки печатных плат.

Линия состоит из нескольких расположенных друг за другом ванн с растворами, используемыми для предварительной металлизации. Автооператор помещает прикрепленные к нему заготовки в каждую из ванн и выдерживает их в течение определенного времени. Данные операции производятся под управлением программы.

1.13.5. ПОЛУЧЕНИЕ РИСУНКА СХЕМЫ

Изображение схемы получают с помощью сухого пленочного фоторезиста (СПФ) путем экспонирования его с инструмента – позитивного фотошаблона на заготовку и проявления. Экспонированные и проявленные участки фоторезиста прочно удерживаются на пробельных местах заготовки, оставляя открытыми все зоны будущего проводящего рисунка.

СПФ представляет собой трехслойную структуру (лавсановая основа – СПФ – полиэтиленовая защитная пленка) и наносится с двух сторон на заготовку с

помощью валкового ламинатора (рис. 1.46). Адгезия обеспечивается предварительной химико-механической обработкой заготовки, подогревом (5 минут, 100°C) в термошкафу (рис. 1.52), ламинированием (скорость 1,2–1,8 м/мин) с прижимом валков, нагретых до 115–120°C, и термостабилизацией ламинированной заготовки (20°C, 20 мин).

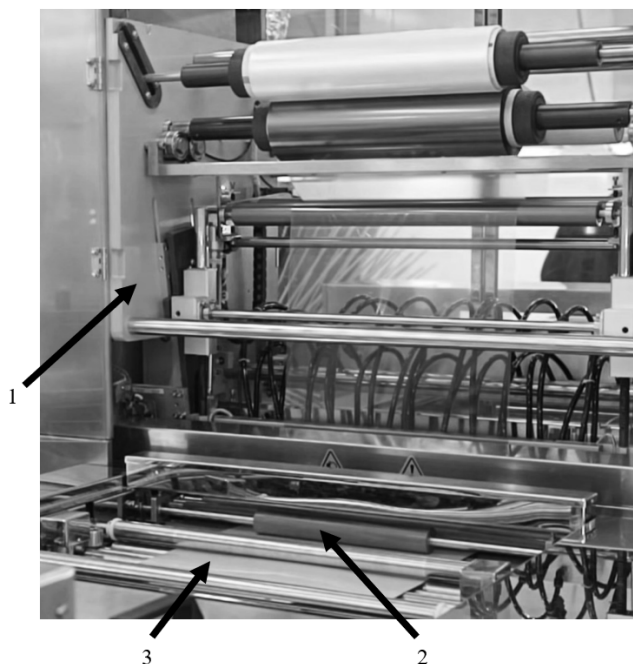


Рис. 1.46. Валковый ламинатор:
1 – станина; 2 – валики ламинирования; 3 – заготовка.

Заготовки (2–4 шт.), ламинированные СПФ, размещают на столе установки экспонирования, совмещая каждую с фотошаблоном с помощью кнопок и базовых отверстий, полученных в технологическом поле перед операцией сверления монтажных отверстий.

Использование базовых отверстий на операциях сверления и экспонирования рисунка позволяет с достаточной точностью обеспечить совмещение центров контактных площадок с центрами монтажных и переходных отверстий ДПП.

Однако на сегодняшний день на многих производствах, в том числе на производстве компании "Резонит", вместо совмещения заготовки с фотошаблоном, используются технологии прямого лазерного экспонирования (рис. 1.47). Это позволяет производству отказаться от применения фотошаблонов в технологическом процессе: фоторезист с высокой точностью избирательно экспонируется ультрафиолетовым лазером. Выравнивание заго-

товки в установке экспонирования также происходит автоматически и основано на распознавании базовых отверстий заготовки оптическими камерами. Использование технологии прямого экспонирования увеличивает точность совмещения и разрешающую способность, что важно при производстве печатных плат 6 класса точности и выше, а также гибко-жестких печатных плат.

Для проявления рисунка схемы применяют механизированную модульную линию конвейерного типа (рис. 1.50), в которой загружаемые вручную заготовки проходят модули проявления (струйная подача проявителя Na_2CO_3), промывки и сушки.



Рис. 1.47. Установка прямого лазерного экспонирования



Рис. 1.48. Установка химической обработки
(проявление рисунка схемы)

1.13.6. ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ МЕДИ

Гальваническое осаждение меди (Cu) в отверстиях и одновременно в остальных зонах проводящего рисунка (пробельные места закрыты фоторезистивной маской) выполняют на программируемой линии предварительно меднения (рис. 1.45). Осаждение меди происходит в специальных растворах (электролитах). На этой же линии гальванически осаждают на проводящий рисунок олово (5–10 мкм) – металлорезист. Контроль качества рисунка – визуальный.

1.13.7. ТРАВЛЕНИЕ МЕДИ

Травление меди с пробельных мест осуществляется после удаления заготовки фоторезистивной маски на модульной линии конвейерного типа с ручной загрузкой (рис. 1.49, 1.50).

Роликовый конвейер перемещает заготовки через модули травления (CuCl_2), кислотной промывки (HCl), каскадной промывки водой, модуль визуального промежуточного наблюдения, модуль снятия металлорезиста (травление олова с проводящего рисунка) и сушки.

Химические растворы и вода подаются в рабочие зоны модулей распылением под давлением с воздействием на обе стороны заготовок ДПП. Операция завершается визуальным или оптическим контролем состояния проводящего рисунка.



Рис. 1.49. Модульная линия конвейерного типа с ручной загрузкой



Рис. 1.50. Горизонтальная конвейерная линия травления (слева – конвейер для перемещения заготовок, справа – ванная для травления)

1.13.8. НАНЕСЕНИЕ ПАЯЛЬНОЙ МАСКИ

Паяльная маска защищает полученный проводящий рисунок ДПП от внешних воздействий, оставляя открытыми места пайки навесных элементов, т. е. зоны контактных соединений с печатным монтажом. Применяют сухие и жидкие паяльные маски (ЖПМ), последние обладают более высокой разрешающей способностью.

ЖПМ наносят на заготовку ДПП сеткографическим способом (рис. 1.51, 1.52), высушивают ($T = 85^{\circ}\text{C}$), экспонируют и проявляют. Окончательные защитные свойства ЖПМ приобретают в сушильном шкафу при $T = 150^{\circ}\text{C}$ ($t = 60$ мин).

Геометрию рисунка паяльной маски контролируют визуально при соответствующем увеличении. Дефекты при нанесении паяльной маски могут привести к плохой паяемости платы или отсутствию контакта с навесными элементами.



Рис. 1.51. Сеткографическая установка нанесения жидкой паяльной маски: стадия загрузки заготовки в установку

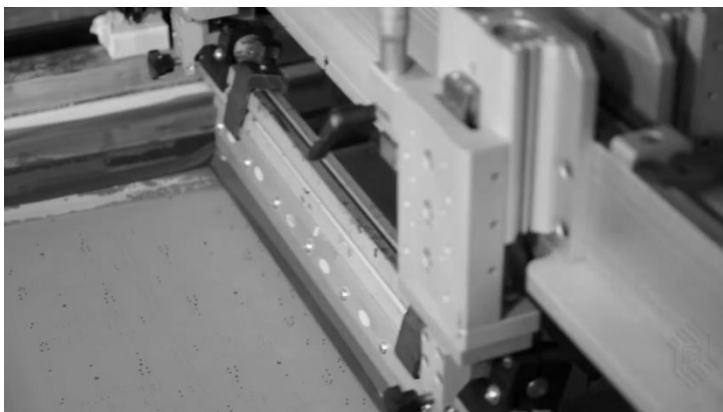


Рис. 1.52. Сеткографическая установка нанесения жидкой паяльной маски: стадия продавливания состава ЖПМ ракелем

1.13.9. ГОРЯЧЕЕ ЛУЖЕНИЕ

Горячее лужение осуществляют на специальной установке (рис. 1.54) путем погружения и выдержки (около 6 секунд) заготовки в вертикальном положении в расплавленном припое (Sn – 63%, Pb – 37%), находящемся при температуре около 235°C. Сбрасывание излишков припоя и выравнивание толщины слоя лужения до 5–8 мкм осуществляется ножами – форсунками, подающими горячий (200°C) сжатый воздух с двух сторон извлекаемой из ванны заготовки.

Непосредственно перед горячим лужением на заготовку наносят водорастворимый флюс на установке флюсования конвейерного типа (рис. 1.53), а

после лужения остатки его удаляют на установке отмывки конвейерного типа.



Рис. 1.53. Установка для нанесения флюса: слева ванная, в которой горизонтально расположенные, предварительно очищенные заготовки покрываются флюсом, справа – конвейер, по которому заготовки переходят на следующий этап (непосредственно горячее лужение)



Рис. 1.54. Установка горячего лужения: заготовка погружается вниз в ванную с расплавленным припоем, после чего поднимается и излишки припоя удаляются воздушным методом.

Изготовленные печатные платы подвергают выборочному (при больших объемах партии) или сплошному (мелкосерийное или опытное производство) выходному контролю. Существует два основных вида контроля – оптический и электрический.

1.13.10. ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Оптический контроль качества проводящего рисунка ДПП позволяет выявить видимые дефекты (проколы, царапины, выступы на проводниках; неточности в размещении контактных площадок и проводников; неточность размеров контактных площадки проводников; подтравливание, дефекты металлизации и др.) печатной схемы. При двухкоординатном передвижении оператором стола с закрепленной заготовкой оптическая система установки контроля регистрирует контролируемые участки платы, увеличивает их и сравнивает с данными бездефектного изображения ДПП.

Обнаруженные дефекты запоминаются, а по окончании контроля выводятся в виде изображений на мониторе, предоставляя оператору информацию для принятия решений. Некоторые дефекты оператор может немедленно удалить вручную.



Рис. 1. 55. Установка оптического контроля:

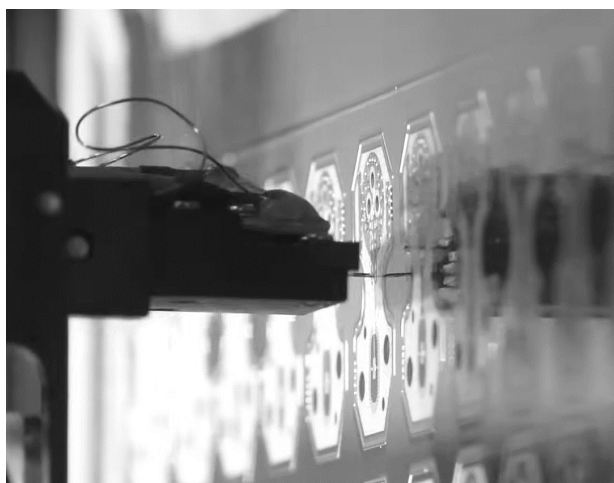
- 1 – двухкоординатный стол с контролируемой заготовкой ПП;
2 – оптическая система; 3 – монитор увеличенных изображений дефектов и управления операцией контроля

Автоматический электроконтроль позволяет выявить короткие замыкания и разрывы в проводящем рисунке ДПП. Четыре специальных щупа установки по программе тестирования обходят все электрические цепи платы, сначала проверяя целостные цепи на разрыв, а после – проверяя соседние цепи на замыкания. При этом контролируемый в данный момент участок

отображается на экране монитора, а обнаруженные несоответствия с предварительно проконтролированной тест-платой вносятся в специальный чек со штрих-кодом. Считывая штрих-код, легко определить место разрыва или короткого замыкания.



а



б

Рис. 1. 56. Установка электрического контроля:
а – внешний вид установки с закрепленной на ней заготовкой;
б – работа установки

Принятие решение о годности изделия или диагностика брака.

Лекция сопровождается учебным видеофильмом в видеотеке
<https://www.youtube.com/watch?v=6VdU7e9a1OY> и
<https://youtu.be/5Ynlzqx6a18>, предоставленном ОАО "Резонит".

Тесты к лекции 1.13

1. С какой целью штафуют пакет заготовок печатных плат?
 - а) Для базирования пакета заготовок на столе сверлильного станка с ЧПУ;
 - б) Для подвижного соединения заготовок между собой;
 - в) Для неразборного соединения заготовок между собой.

2. Какую операцию необходимо выполнить перед металлизацией отверстий?
 - а) Операцию очистки отверстий;
 - б) Операцию предварительной металлизации;
 - в) Операцию оптического контроля.

3. Как называются растворы, в которых происходит гальваническое осаждение меди?
 - а) Электролиты;
 - б) Раствор жидкой меди;
 - в) Промывочный раствор.

4. Для чего нужна паяльная маска?
 - а) Для защиты полученного проводящего рисунка от внешних воздействий;
 - б) Для улучшения внешнего вида изделия;
 - в) Для предотвращения контакта с навесными элементами.

5. Основные виды выходного контроля?
 - а) Оптический и электрический;
 - б) Визуальный и электрический;
 - в) Рентгеновский и оптический.