

«Монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов»

Материалы курса



Тема 8. СБОРКА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ - ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ

Развитие электроники сопровождается уменьшением размеров электронных компонентов. На современном этапе развития электроники с появлением компонентов, имеющих большое число выводов, стало ясно, что прежние методы разработки и сборки не могут удовлетворять сегодняшним требованиям производства электроники. Это привело к появлению планарных компонентов и поверхностного монтажа, что позволило в высокой степени автоматизировать сборочные процессы, достичь высокой плотности монтажа, снизить объем, вес и размеры. Сборку с применением одних планарных компонентов, устанавливаемых на проводящий рисунок платы, называют поверхностным монтажом. Сборка состоит из следующих этапов: перенос паяльной пасты, установка компонентов, расплавление пасты и контроль. Поверхностный монтаж обеспечивает высокую надежность изготавливаемой электроники.



Участок модуля, выполненного по технологии поверхностного монтажа.

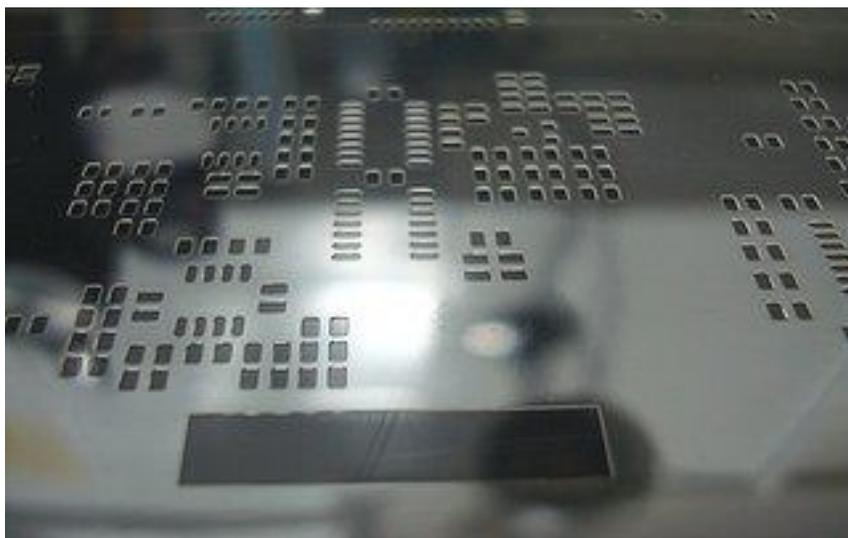
Широкое распространение поверхностный монтаж получил к концу восьмидесятых годов. Новизна заключается в использовании вместо компонентов на выводах, вставляемых в отверстия платы, применение компонентов припаиваемых к контактным площадкам, сформированным проводящим рисунком. Планарные компоненты не имеют выводов совсем или редко имеют короткие выводы. Отсутствие отверстий для установки компонентов снижает затраты на изготовление платы. Планарные компоненты унифицированы, в несколько раз меньше, вдвое дешевле выводных аналогов. Модули, собранные по технологии поверхностного монтажа имеют плотное размещение компонентов, малое расстояние между компонентами и контактными площадками. Уменьшение длины проводников улучшает передачу высокочастотных и слабых сигналов, уменьшается нежелательная индуктивность и емкость. Планарные радиоэлементы имеют низкую цену. Поверхностный монтаж сегодня распространен намного шире монтажа в отверстия. Постоянно снижается себестоимость сборки.

Поверхностный монтаж обладает рядом недостатков. Жесткое крепление компонента за корпус к проводящему рисунку приводит к разрушению компонентов, подвергающихся воздействию перепадам температур. Модули, собранные из планарных компонентов боятся перегрева при пайке, сгибов и ударов. Эти воздействия приводят к трещинам компонентов. Разработчик печатных плат должен проектировать проводящий рисунок, обеспечивающий равную скорость нагревания контактов компонента благодаря симметричности тепловых полей. Технология групповой пайки включает в себя режим работы оборудования и технологическую оснастку обеспечивающие одинаковую скорость нагревания контактов каждого компонента для исключения брака. Требуется точно соблюдать требования переноса пасты на плату и режим работы паяльного оборудования. Повышаются требования к транспортировке и хранению планарных компонентов и материалов для монтажа. Отработка трассировки проводящего рисунка требует больше средств. Возрастают затраты на технологическую оснастку при выпуске

опытных партий. Ремонт модулей собранных поверхностным монтажом требует специализированного инструмента.

Нанесение пасты на контактные площадки выполняется дозатором при отработке макетного образца платы, а при серийном изготовлении модулей используется трафарет совместно с оснасткой.

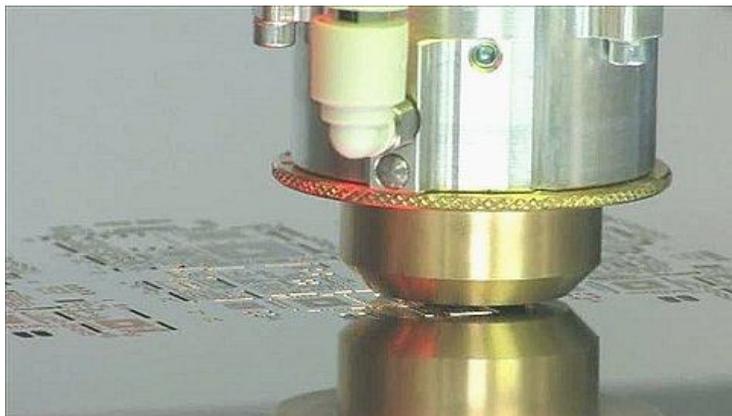
Трафарет изготавливается из металлической фольги, имеющей толщину от 0,075 до 0,2 мм с отверстиями прямоугольной, трапециевидной или круглой формы. может быть изготовлен из различных материалов: нержавеющей стали, никеля, бронзы. Чаще других материалов для изготовления трафарета применяется сталь.



Стальной трафарет.

Чтобы обеспечить постоянство объема наносимой пасты и ее легкий выход на плату отверстия выполняют с закругленными углами. Металлические трафареты имеют продолжительный срок службы и позволяют быстро и точно нанести паяльную пасту или клей. Трафарет, выполненный из нержавеющей стали, имеет полированную поверхность, не нуждается в механической обработке, не растягивается. Расчетный срок службы исчисляется

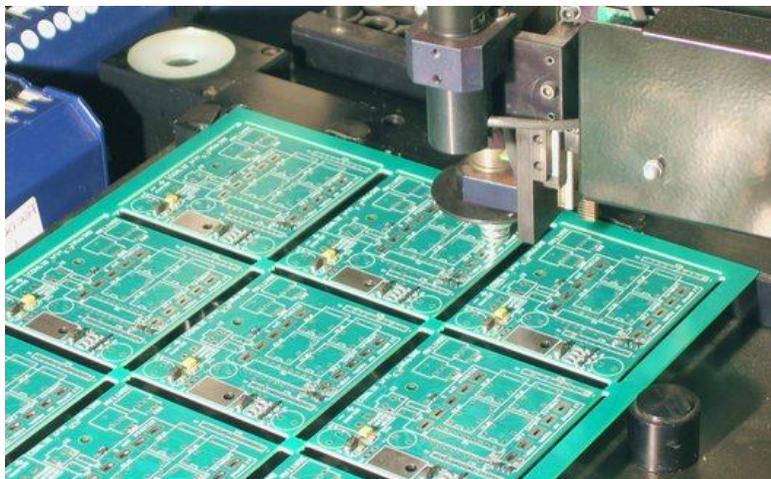
десятками тысяч проходов. Отверстия делают с помощью травления, вырезаются лазером или с помощью гальванопластики. При изготовлении лазерной резкой луч выжигает отверстие требуемого размера с отклонением не более 0,005 миллиметра. Другое преимущество лазерной резки – возможность изменения конусности стенок отверстия. Трафареты, выполненные лазерной резкой, отличаются высокой точностью.



Изготовление трафарета с помощью лазера.

Применение трафаретов позволяет использовать платы, изготавливаемые из различных материалов, они применимы для компонентов с расстоянием между выводами меньше 0,6 мм. Изготовление трафаретов травлением имеет некоторые недостатки. Отделение паяльной пасты затруднено из-за имеющегося в отверстиях уклона, возможно смыкание отверстий, при фотолитографии затруднено совмещение рисунков на двух сторонах заготовки трафарета.

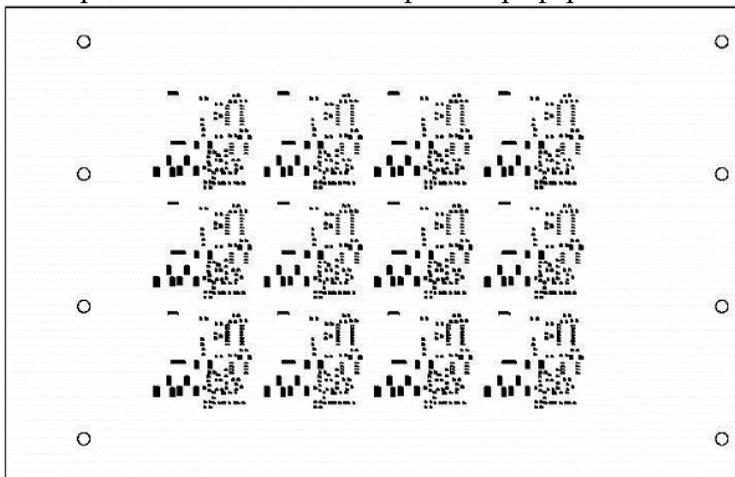
Для сокращения сроков изготовления модулей несколько плат объединяют в одну групповую плату. Для групповой платы изготавливается большой трафарет. Паста переносится на групповую плату через один трафарет за один проход.



Компоненты устанавливаются на групповую плату с помощью автомата.

После переноса пасты на групповую плату на нее устанавливаются компоненты и выполняется расплавление пасты.

Проектирование трафарета ведется в программах предназначенных для разработки печатных плат. Изготовление производится непосредственно по данным файла трафарета.



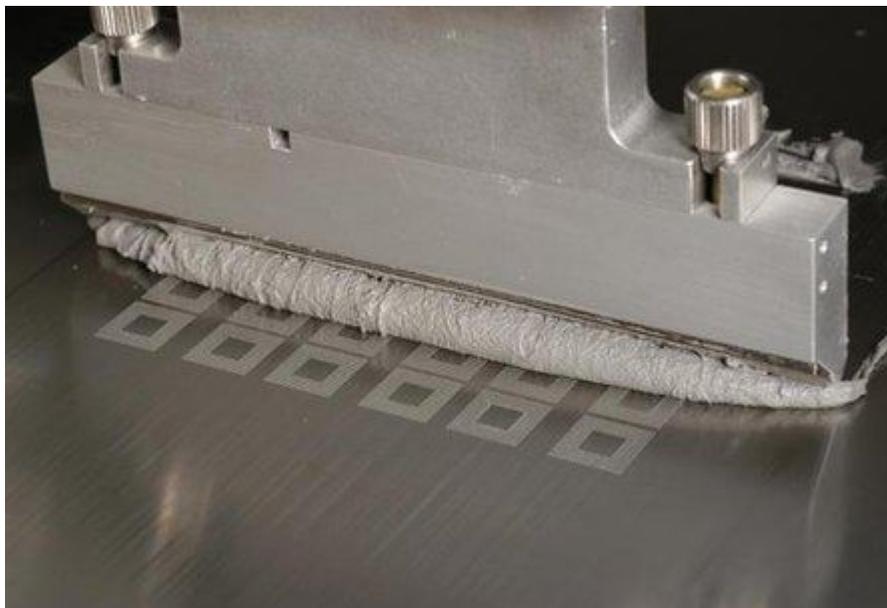
Графические данные файла трафарета, подготовленного в программном пакете разработки плат PCAD.

Проектирование трафарета ведется, ориентируясь на проводящий рисунок платы и размеры рамки установки трафарета. Исходя из размеров рамки, имеющейся в распоряжении производства, рассчитывается сколько плат объединить в одну группу.



Трафарет установлен в рамку.

Трафарет закрепляется между слоями рамки благодаря штырям, находящимся на нижнем слое. В файл трафарета вносятся отверстия, соответствующие расположению штырей рамки. Нанесение точного количества пасты снижает вероятность появления замыканий проводников.



Перенос пасты с помощью автоматического оборудования.

Паяльная паста – густая смесь, состоящая из размельченного припоя и жидкого флюса. Пример сплава припоя: 61 % олова, 37 % свинца, 2 % серебра. Свойства пасты продиктованы составляющими композицией и размерами частиц порошка припоя. Чаще, производятся пасты, не требующие отмывки после пайки, или остатки флюса смываются водой. Пасты без свинца на основе канифоли применяются значительно реже. Паста должна храниться несколько месяцев без ухудшения свойств, должна обеспечивать качественное соединение компонентов и платы, при расплавлении не должны образовываться шарики припоя. Паста должна удерживать компоненты до пайки, не растекаться при предварительном нагреве, после пайки должен оставаться минимум флюса.



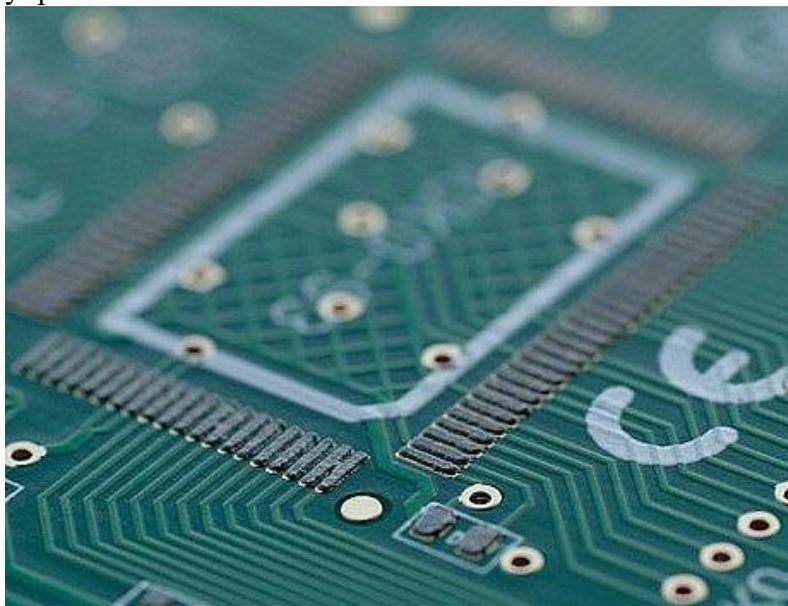
Перенос пасты на плату с помощью ракеля вручную.

Перед нанесением пасты следует проверить совпадение отверстий трафарета с проводящим рисунком платы. Паста продавливается ракелем через отверстия. После нанесения пасты на плату трафарет чистится от остатков пасты. В результате на контактных площадках остается слой пасты, находящийся в центре контактной площадки. Ракели бывают различной конструкции и изготавливаются из резины, пластика или металла.



Дозатор пасты, управляемый электронным блоком.

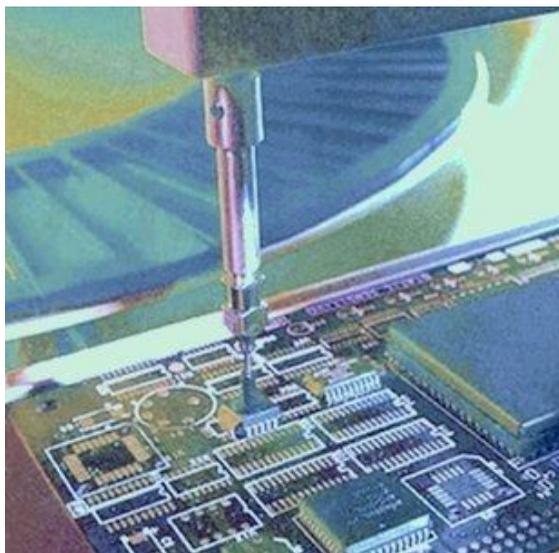
Ручной дозатор предназначен для нанесения паяльной пасты на контактные площадки платы. Вместо использования трафарета и сопутствующего оборудования паста наносится малыми порциями по очереди на контактные площадки при помощи дозатора. При использовании дозатора затрачивается больше времени, но не всегда есть возможность разрабатывать и изготавливать трафарет. В условиях мелкосерийного производства и при изготовлении макетных образцов удобно использовать дозатор. При этом объем наносимой пасты определяется оператором или блоком управления.



Паяльная паста нанесена на контактные площадки платы.

Установка планарных компонентов на плату с нанесенной пастой может выполняться вручную или с помощью средств автоматизации. При ручной установке неизбежны ошибки в номиналах компонентов. Невозможно обеспечить верный и одинаковый прижим компонентов к пасте. Для исключения

ошибок при сборке модулей применяют разную степень автоматизации.



Установка микросхемы с помощью полуавтомата.

Полуавтомат установки компонентов помогает оператору собирать электронные модули. Полуавтомат осуществляет перемещение емкости с требуемым компонентом, лучом света указывает точку установки компонента и облегчает сборку другими способами, но установка компонента выполняется оператором. Это уменьшает вероятность брака при установке. По цене полуавтоматические установщики отличаются до шести раз. Их производительность находится в диапазоне 300...1000 компонентов в час и зависит от опыта оператора.



Установка компонентов полным автоматом.

Полные автоматы используются в стабильно работающем производстве при выпуске больших партий модулей. Цена полного автомата определяется конфигурацией и функциями: поддерживаемые виды питателей, техническое зрение, разрешающая способность установки, темп работы, число головок и другие. Цена полного автомата составляет десятки тысяч долларов.

Бесконтактная пайка. Для надежного соединения пайка должна занимать минимальное время при высоком смачивании поверхностей. Для этого нужны активные флюсы, не вызывающие коррозию. Противоречие между производительностью и надежностью можно разрешить при переходе к бесконтактным технологиям пайки. Это связано с необходимостью увеличения теплопроводности, которая выше у излучения. Использование бесконтактных технологий пайки способствует сокращению времени нагрева. Бесконтактная пайка исключает внесение примесей в припой. Исключается повреждение компонентов статическим электричеством.

Расплавления пасты можно выполнять с помощью горячего воздуха, инфракрасного излучения, кварцевого нагрева и их комбинацией. Все большее распространение получает пайка с помощью лазерного луча. Температура соединений зависит от поглощения тепла компонентами и поверхности платы. Недостатком бесконтактных технологий пайки является зависимость нагрева области пайки от множества факторов.

Инфракрасная пайка производится в специальных печах, которые можно разделить на два класса. Кабинетные печи: плата находится в печи неподвижно. Конвейерные печи: плата на конвейере перемещается через все зоны с различной температурой. Все чаще применяется пайка в инертном газе для снижения окисления.

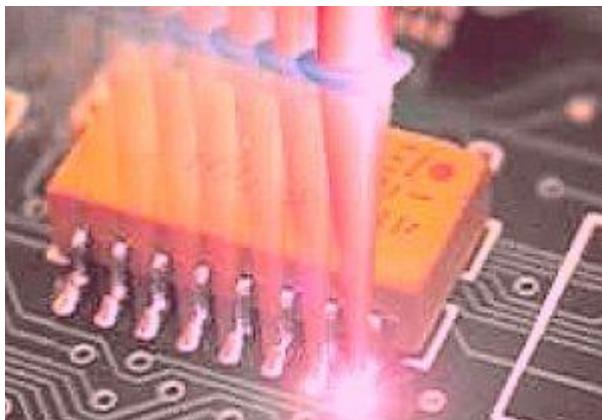


Печь для расплавления паяльной пасты кабинетного типа инфракрасного излучения с принудительной конвекцией воздуха.

Для выполнения инфракрасной пайки предназначены печи, различные по конструкции, в основном, конвекционного типа. В таких печах нагрев платы и компонентов происходит интенсивным инфракрасным излучением, одновременно горячий воздух подается на платы и обеспечивает равномерный прогрев. Печь должна выдержать требуемый режим нагрева платы. Для правильного расплавления пасты недостаточно требуемой температуры. Под воздействием температуры в пасте происходит расплавление частиц припоя, флюс растворяет оксидную пленку на соединяемых поверхностях. Должно происходить поэтапное

нагревание платы до точки расплавления и охлаждение по программе, записанной в памяти контроллера печи. Это предотвращает компоненты от термоудара и плату от коробления, улучшает прочность соединения.

Недостатком печей является вибрация плат под действием интенсивного движения воздуха. Постоянное снижение габаритов электронных приборов приводит к сокращения размеров плат. Чем меньше плата, тем сильнее она подвержена перемещению воздушным потоком. В момент расплавления пасты компоненты плавают на поверхности расплавленного припоя и незначительной вибрации платы достаточно для смещения компонента или выпадения с платы. Потоки воздуха внутри печи движутся с различной интенсивностью. При изготовлении партии вся решетка занята платами и от загрузки к загрузке платы в одной и той же области печи вибрируют и лишаются компонентов. Изготовить оснастку для фиксации плат невозможно. Применить металл в условиях инфракрасного излучения нельзя – неизбежен перегрев плат в точках фиксации. Требуется керамика. Изготовление керамической оснастки для каждого вида плат дорого.



Двусторонний поверхностный монтаж можно выполнять различными способами. Проблема заключается в том, что если нанести пасту на обе стороны, поставить компоненты и расплавить

пасту, то делать этого нельзя. Компоненты на нижней стороне отвалятся. Поэтому вначале наносится паста и клей на одну сторону платы и устанавливаются компоненты. Затем производят оплавление пасты и полимеризацию клея. Плата переворачивается, наносится паста и устанавливаются компоненты на вторую сторону платы, после чего опять производится нагрев и расплавление пасты на второй стороне.

СМЕШАННЫЙ МОНТАЖ

Поверхностный или выводной монтаж в чистом виде сейчас встречается очень редко. Платы с планарными компонентами содержат провода или разъемы в выводных корпусах, а модули собранные преимущественно из выводных элементов содержат микросхемы в планарных корпусах. Стремление изготавливать электронные модули из одних планарных компонентов требует перестройки производства и внедрения не только нового оборудования, но и совершенно новых стандартов контроля соблюдения требований технологии. Переход производства от выводного монтажа к поверхностному возможен только через выпуск модулей, собранных по технологии смешанного монтажа.

Поверхностный монтаж предъявляет новые требования к разработке печатной платы, что усложняет разработку. Отсутствие в поверхностном монтаже отверстий имевших место в выводном монтаже теперь выливается в огромное количество переходных отверстий с одной стороны платы на другую. Выводной монтаж пропагандируется как технология, снижающая расходы на сверловку отверстий под выводы. А в тоже время появляется необходимость в сверловке переходных отверстий. Если раньше при разработке платы переход с одной стороны на другую происходил благодаря отверстию для вывода компонента, то теперь нужно при разработке платы вводить переходное отверстие. Трассировка платы получается сложнее, для такой работы требуется опытный разработчик.

Применение сбалансированного смешанного монтажа позволяет использовать лучшие компоненты из выводных и планарных и разработать хорошую плату, дающую наилучшие электрические свойства модуля.

ЗАВЕРШАЮЩИЕ СТАДИИ СБОРКИ

При ручном монтаже область пайки содержит много остатков флюса. Нанесение флюса на всю плату при пайке волной приводит к большому количеству твердых и жидких остатков. Для ликвидации остатков флюса проводится отмывка. Оставшийся флюс может сказаться на параметрах электронного модуля. Часто отмывку проводят вручную, применяя спирто-бензиновую смесь, но сейчас существуют более эффективные средства. Для отмывки применяют специальные промывочные жидкости. Отмывка обеспечивает не только достойный внешний вид модулей, но и обеспечивает хороший контакт платы с влагозащитным покрытием.

По окончании очистки модуль проверяют на работоспособность, после чего плату с деталями покрывают несколькими слоями водостойкого лака. Каждый слой высушивают горячим воздухом. Покрытие лаком предотвращает воздействие влажности, улучшает тепловой режим компонентов модуля и повышает вибрационную прочность.

Список использованных источников:

Монтаж печатных плат. - URL <http://платы.рф/?pcb-mounting%2C15> (Дата обращения: 1.06.2023)

Материалы предназначены для свободного ознакомления. Информация дается исключительно в образовательных целях. Статья 1274 ГК РФ «Свободное использование произведения в информационных, научных, учебных или культурных целях».

Список литературы и использованных источников

Дригалкин В. В. Школа начинающего радиолюбителя с учетом современной электроники. 2-е издание, 2011. – 175 с.

Журавлева Л. В. Электроматериаловедение : учебник для нач. проф. образования – 8 изд. – М.: Издат. центр «Академия», 2012. – 352 с.

Малышев А. С. Монтаж и ремонт радиоэлектронной аппаратуры : учеб. пособие – Томск: ТГУ, 2015. – 144 с.

Нестеренко И. И. Маркировка радиоэлектронных компонентов. Карманный справочник. – М.: СОЛОН-Пресс, 2006. – 164 с: ил.

Платт Ч. Электроника для начинающих: Пер. с англ. – 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 416 с.: ил.

Третьяков С. Д. Современные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры. Учебное пособие – СПб.: НИУ ИТМО, 2016. – 102 с.

Электронные образовательные ресурсы на сайте ООО «ПНОЦ» [<https://ноц59.рф/>]