

Виктор Новоселов,
Ольга Смирнова

Антистатические упаковочные пакеты: ВИДЫ И СВОЙСТВА

Защита высокочувствительных электронных компонентов и модулей от воздействия статического электричества — проблема комплексная. На этапах транспортировки и хранения продукции используются антистатические упаковочные пакеты, выдвижные ячейки, навесные лотки, транспортировочная тара из проводящего пластика или проводящего картона с уплотнителем. Настоящая статья ограничивается пакетами как самым распространенным и недорогим видом антистатической упаковки. Приобретая дорогостоящие микросхемы у дистрибьютора, обратите внимание на их упаковку и соизмерьте стоимость ESD-пакетика с масштабом неприятностей, вызванных его отсутствием.

Хранение и транспортировка готовых изделий — завершающий этап производственного цикла в компаниях-изготовителях и базовая составляющая деятельности компаний-дистрибьюторов. Согласно западным источникам, около 25% брака образуется в ходе транспортировки и хранения компонентов при отсутствии должной ESD-упаковки. Результатом воздействия статического электричества на полупроводниковый кристалл может стать как немедленный выход микросхемы из строя, так и изначально незаметные дефекты, приводящие к сокращению срока эксплуатации, снижению надежности и деградации параметров готового изделия. Скрытые дефекты на начальном этапе практически невозможно обнаружить типовыми средствами контроля, но они весьма ощутимо дают о себе знать расходами на ремонтные работы, особенно в сложных технических системах. Чья репутация при этом страдает — производителя микросхем, дистрибьютора или изготовителя конечного продукта? Ответ очевиден: последнего звена цепочки. И это правильно, если перед снабженцем на предприятии четко не поставлена задача приобретения микросхем только в ESD-упаковке, как бы ни пытался его друг-дистрибьютор сэкономить время и деньги на таком «пустяке». Требуйте от дистрибьюторов сохранения оригинальной (не вскрытой на промежуточном складе) антистатической упаковки производителя микросхем, либо надлежащего восстановления упаковки на складе дистрибьютора в рабочей зоне с неукоснительным соблюдением всех норм ESD-защиты. Если пайка компонентов на платы производится у вас в печи (не вручную), то кроме антистатических свойств решающее значение имеет герметичность упаковки. Используйте каждую возможность ознакомиться с организацией работ на складе вашего поставщика, обращая внимание на технологию переупаковки и хранения микросхем: это пойдет на пользу обеим сторонам бизнес-процесса. Мотивация дистрибьюторов к повышению технологической культуры складских работ не чужда им самим, но критически важна для потребителей. И если лозунг «Требуйте настоящую антистатическую упаковку» хоть немного приблизится по массовости употребления к крылатому «Требуйте долива пива после отстоя пены», то задачу авторов настоящей статьи можно будет считать выполненной.

Вопросы стандартизации и общие правила

Для определения единых параметров средств защиты от электростатики разработаны международные стандарты. Наиболее значимыми из них являются общеевропейский IEC 61340-5-1 и американские стандарты Ассоциации ESD. Прежде наблюдалось некое соперничество между двумя организациями за главенство ESD-стандарта, но в настоящее время усилия направлены на минимизацию расхождений в деталях. Что касается базовых положений, то они идентичны и незыблемы: защита от электростатики должна быть обеспечена на всех этапах работы с чувствительными элементами. Практические рекомендации в общем виде базируются на трех правилах:

Правило № 1. Оперируйте чувствительными элементами только в ESD-защищенной зоне (ею может быть отдельное рабочее место, участок или целое производственное помещение, включая склад). Основной характеристикой ESD-защищенной зоны является отсутствие разностей потенциалов более 100 В/см.

Правило № 2. Транспортируйте и храните чувствительные изделия только в защитной упаковке.

Правило № 3. Убедитесь, что ваши поставщики соблюдают правила № 1 и № 2. Содержание нашей статьи явно соотносится с правилом № 2, а цель — с правилом № 3.

Чем плох обычный пакет ?

Недооценивая опасность электростатических явлений, некоторые производители и многие дистрибьюторы по-прежнему используют обыкновенные полиэтиленовые пакеты для упаковки микросхем, чувствительных к статическому электричеству. Чем это чревато? Возможен прямой (контактный) разряд любого внешнего заряженного объекта на чувствительные компоненты, находящиеся внутри обычного пакета.

Для компонентов внутри обычного пакета опасность представляют и внешние статические поля с высокой разностью потенциалов, индуцирующие токи на кристалле микросхемы. Трение между внутренней поверхностью обычного пакета и компонентом влечет трибоэлектрическое образование статического заряда внутри самого пакета. Последствием любого из этих явлений может стать как мгновенный выход из строя чувствительного компонента, так и деградация параметров. Поэтому использование защитной ESD-упаковки является рекомендуемой мерой, а нередко является и обязательным условием при сертификации производств и ремонтных мастерских.

Какой пакет лучше ?

Какие виды антистатических пакетов существуют, и как выбрать наиболее подходящие по свойствам и ценам? Будем следовать положениям общеевропейского стандарта IEC 61340-5-1 «Electrostatics. Part 5: Specification for the Protection of Electronic Devices from Electrostatic Phenomena». Для конкретики в ссылках приведем номенклатурные обозначения серий антистатических пакетов итальянской фирмы Elme, хотя это не принципиально: параметры ESD-пакетов каждого европейского производителя обязаны соответствовать стандарту IEC (чего нельзя сказать о пакетах, поставляемых на наш рынок из стран Юго-Восточной Азии).

1. *Антистатические полиэтиленовые пакеты, прозрачные, обычно розового цвета (серия SA, рис. 1)*



Свойства: такие пакеты являются рассеивающими (не накапливающими заряд и не генерирующими статический заряд при трении). Согласно международным стандартам, рассеивающими статическое электричество являются материалы, имеющие поверхностное сопротивление от 10 кОм до 100 ГОм при напряжении 100 В постоянного тока. Символу ESD (кисти руки в черном треугольнике) на таких пакетах часто сопутствует литерное обозначение «D» (Dissipative). Изначально розовый краситель использовался для индикации антистатических свойств полиэтиленовой упаковки в отличие от обыкновенной. В настоящее время выпускаются и бесцветные прозрачные пакеты с такими же свойствами, однако термин Pink Poly Bags исторически закрепился за этим видом упаковки. Толщина таких пакетов обычно не превышает 90 мкм, размеры самые разные.

Применение: Розовые полиэтиленовые пакеты являются самыми недорогими в классе антистатических упаковочных средств. К сожалению, они не защищают содержимое пакета от воздействия внешних полей, и потому не могут использоваться в качестве достаточной защитной упаковки чувствительных компонентов. Они применяются только внутри ESD-защищенных зон или внутри ESD-защитной транспортной тары. В них также часто упаковывают нечувствительные к статическому электричеству компоненты и готовые изделия, которые транспортируются или хранятся рядом с чувствительными компонентами.

2. *Антистатические пакеты из проводящего углеполиэтилена, непрозрачные, черного цвета (серия SB, рис. 2)*



Свойства: такие пакеты обеспечивают быстрое стекание заряда по поверхности и изнутри упаковки благодаря невысокому поверхностному сопротивлению материала, из которого они изготовлены. Они не аккумулируют статический заряд, препятствуют его образованию при трении, а также частично защищают от внешних полей (не более 30%). Иногда маркируются литерой «С» (Conductive). Изготавливаются из черного непрозрачного полиэтилена толщиной около 80 мкм.

Применение: В прошлом использование таких пакетов считалось своего рода «золотой серединой» между недорогими розовыми антистатическими пакетами и более дорогими металлизированными (защитными). Сегодня черный проводящий полиэтилен уже редко используется для упаковки ESD-чувствительных элементов. С уменьшением стоимости более совершенных металлизированных пакетов (см. ниже серию SM) черные углеполиэтиленовые пакеты перестали быть фаворитами по соотношению цен к уровню защиты. Кроме того, необходимость вскрытия непрозрачного пакета для визуальной инспекции содержимого создает предпосылки для повреждения статическим электричеством.

3. Металлизированные пакеты, полупрозрачные, серо-голубого цвета (серия SM, рис. 3)



Рис. 3. Металлизированные защитные пакеты

Свойства: такие пакеты обеспечивают высокий уровень защиты от электростатических полей благодаря их многослойной структуре: внутренняя поверхность пакета обладает рассеивающими свойствами, а между внешними слоями полиэстера напылена металлическая сетка, создающая эффект «клетки Фарадея» и защищающая содержимое пакета от воздействия внешних полей. При внешнем разряде напряжением 1000 В внутри защитной упаковки регистрируется напряжение не более 50 В (сравните с розовой — 800 В). Принципиально важной является также высокая степень механической прочности такой упаковки. При этом пакет прозрачен, что не требует его вскрытия для визуальной инспекции содержимого. Символу ESD на таких пакетах часто сопутствует литерное обозначение «S» (Shielding). Толщина таких пакетов — около 75 мкм.

Применение: прозрачные металлизированные защитные пакеты стали доминирующим видом мягкой упаковки ESD-чувствительных компонентов. Они используются для хранения и транспортировки большинства электронных изделий, чувствительных к статическому электричеству и являются предпочтительными средствами защиты при отсутствии жестких требований к долговременной газо- и влагонепроницаемости запаянного пакета.

4. *Металлизированные пакеты для вакуумной упаковки, блестящие, непрозрачные (серия SD, рис. 4)*



Рис. 4. Металловакуумные защитные пакеты

Свойства: эти пакеты самые дорогие, зато обеспечивают наивысшую степень защиты. Они сочетают в себе антистатические и защитные свойства предыдущих видов упаковки и, кроме того, являются влагонепроницаемыми. На таких пакетах обязательно присутствует надпись *Moisture Barrier Bag* и/или соответствующий символ (три перечеркнутые капли в кругу на белом фоне) наряду со стандартным ESD-символом. Они обеспечивают высшую степень механической прочности (подходят для вакуумной упаковки остроугольных объектов) и защищают от любых внешних электромагнитных и статических полей. Имеют многослойную структуру, как и *shielding bags*; в качестве металлической сетки чаще всего используется слой алюминия. Упакованные в них микросхемы могут храниться годами. Типичная толщина таких пакетов — около 100 мкм.

Применение: металловакуумные пакеты используются для предохранения компонентов от окисления, пыли и механических повреждений, а также для предотвращения эффекта «воздушной кукурузы» при пайке, которому подвержены некоторые компоненты при хранении вне вакуумной упаковки или сушильной камеры. Абсорбированная из воздуха влага при быстром нагреве микросхемы в паяльной печи «взрывается» и образует микротрещины в корпусе микросхемы, что является причиной явных и скрытых дефектов. Фирмы-производители поставляют микросхемы в металловакуумной упаковке и сопровождают инструкцией по многочасовому прогреву (сушке) для подготовки их к автоматической пайке в печах для случаев, когда герметичность оригинальной упаковки была нарушена. Если в цепочке между производителем и потребителем микросхем задействован один (а то и несколько) продавцов, то к фактору риска необходимо отнестись особенно внимательно.

Очевидно, для использования металловакуумных пакетов необходим **агрегат вакуумной упаковки**. Это может быть дорогостоящий автомат, какие эксплуатируются на массовых производствах, или несложный ручной агрегат, такой как Elme SEAL-4000 (рис. 5)



Рис. 5. Агрегат вакуумной упаковки Elme SEAL-4000

Отметим еще несколько важных моментов относительно запечатывания пакетов. Если с вакуумной упаковкой все понятно, то как запечатывать остальные виды пакетов? Можно использовать антистатические и защитные пакеты с интегрированной краевой защелкой (zip). Другой вариант — использование антистатического скотча (пакет перегибают и согнутый край приклеивают полоской в центре). Следует отметить, что применение обычного скотча создает риск образования потенциала до 15 кВ (при относительной влажности воздуха 50%) при вскрытии пакета. Поэтому пренебрегать антистатическими «мелочами» не рекомендуется.

Специалисты шутят: чем отличаются «чипсы» от «чипов»? Тем, что на упаковке дешевых чипсов никому не приходит в голову экономить, в то время как чипы (сотни долларов) кое-кто упаковывает в самые дешевые пакеты! Тем не менее, осознание придет: капиталовложения в реализацию мер по защите от электростатики окупаются с лихвой. И хотя комплексное ESD-оснащение еще не стало повсеместной нормой, оно уже является стратегическим преимуществом в конкурентной борьбе за место на рынке сегодня и завтра.