

ЛАЗЕРНЫЕ ТРАФАРЕТЫ ДЛЯ МОНТАЖА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ: ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Н. Овсеец, менеджер ООО «ЭлектроКонтинент», г. Минск. E-mail: info@elcontinent.com

Изначально трафареты изготавливались методом химического травления для печатных плат (ПП), произведенных по 2-3-му классам точности, и удовлетворяли техническим условиям. Однако с появлением на рынке электронных компонентов нового поколения с малым шагом выводов, применением в изделиях микросхем в корпусах BGA повысились требования к трафаретам для нанесения паяльной пасты. Трафареты, выполненные методом химического травления, перестали удовлетворять возросшим критериям точности апертур.

Комплексно увязать вопросы повышенной точности и возможности большого количества циклов трафаретной печати (до 25 000 отпечатков) с современными пакетами проектирования помогла лазерная резка.

Сфокусированное лазерное излучение, обеспечивая высокую концентрацию энергии, позволяет разрезать практически любые материалы независимо от их теплофизических свойств. При этом можно получить узкие резы с минимальной зоной термического влияния. При лазерной резке отсутствует механическое воздействие на обрабатываемый материал, возникают минимальные деформации, как временные в процессе резки, так и остаточные после полного остывания.

Вследствие этого лазерную резку даже легкодеформируемых и нежестких заготовок и деталей можно осуществлять с высокой степенью точности. Благодаря большой мощности лазерного излучения обеспечивается высокая производительность процесса в сочетании с высоким качеством поверхностей реза. Легкое и сравнительно простое управление лазерным излучением позволяет осуществлять лазерную резку по сложному контуру плоских и объемных деталей и заготовок с высокой степенью автоматизации процесса. Кратко рассмотренные особенности лазерной резки наглядно демонстрируют несомненные преимущества процесса по сравнению с традиционными методами обработки.

Основные преимущества трафаретов, полученных с помощью лазерной резки, изготавливаемых ООО «ЭлектроКонтинент»:

материал трафарета – нержавеющая сталь с высокой степенью напортовки (производства Велико-

британии) с последующей химической полировкой (ранее использовалась бериллевая бронза) имеет низкий коэффициент растяжения, что позволяет производить большое количество отпечатков без изменения геометрии апертур;

данные для резки трафарета выводятся из CAD-пакетов и с высокой точностью переносятся на материал трафарета, при этом возможно выполнение зачернения и гравирования реперных знаков для технического зрения автоматических принтеров нанесения паяльной пасты;

гладкие стенки отверстий, выполненные с углом 80 с увеличением апертур к плате (при химическом травлении поверхность стенки была неровной), улучшают процесс отделения трафарета от платы, позволяют получить четкий отпечаток, что особенно важно при плотном монтаже компонентов с малым шагом выводов, оставляют меньше пасты на обратной стороне трафарета, что в итоге сказывается на качестве печати;

стоимость изготовления трафаретов значительно снижена из-за больших объемов производства нашей компанией и уже приближается к стоимости трафаретов из бериллеевой бронзы и ниже стоимости трафаретов, поставляемых из-за рубежа. В конечном итоге стоимость рассчитывается с учетом общего объема резов на материале, системы крепления трафарета в раме и формируется по запросу.

Трафареты, получаемые с помощью лазерной резки, позволяют легко регулировать объем наносимой пасты изменением толщины трафарета от 0,1 до 0,2 мм, улучшить повторяемость ее нанесения и отделения, увеличить площадь контакта

трафарета и платы.

Далее предлагаю рассмотреть некоторые особенности трафаретов.

Особенности геометрии апертур

Для получения качественных отпечатков пасты соотношение размеров трафарета (stencil aspect ratio, SAR1) должно определяться следующей формулой:

$SAR1 = \frac{\text{ширина (диаметр) апертур}}{\text{толщина трафарета}} = \frac{W}{T}$

При этом рекомендуется выдерживать соотношение более 1,5. В противном случае вероятна закупорка трафарета частицами пасты.

Соотношение площадей трафарета (stencil area ratio, SAR2) вместе с корректным подбором типа пасты отвечает за правильное отделение трафарета от ПП. Для прямоугольной апертур с длиной L, шириной W и высотой трафарета T оно рассчитывается следующим образом:

$SAR2 = \frac{\text{площадь апертур}}{\text{площадь стенок апертур}} = \frac{LW}{2(L+W)T}$

Приемлемыми считаются значения SAR2, большие 0,66, хотя, согласно исследованиям, некоторые трафареты, изготовленные методом гальванопластики, обеспечивают корректное отделение пасты при значениях SAR2 до 0,5.

Подробные сведения о конструировании трафаретов можно найти в международном стандарте IPC-7525 (Stencil Design Guideline, Руководящие указания по конструированию трафаретов).

Крепление трафарета

Трафареты для использования в установках печати необходимо предварительно закрепить на специальных рамах. Это обеспечивает необходимую плоскостность и

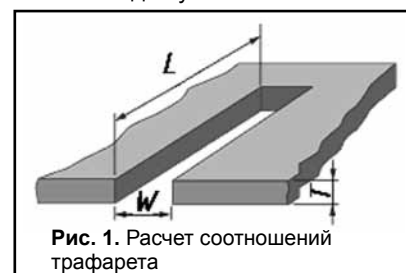


Рис. 1. Расчет соотношений трафарета



Рис. 2. Быстрозажимная рамка-принтер для двустороннего натяжения

равномерное натяжение трафарета, что в свою очередь обеспечит равномерное распределение паяльной пасты по всем аперттурам и отсутствие смещения рисунка апертур трафарета относительно КП платы.

Трафарет может натягиваться на раму по двум или четырем сторонам. С точки зрения равномерности натяжения (в особенности для ЭК с малым шагом выводов) предпочтительно использовать рамы с креплением по четырем сторонам, несмотря на их большую стоимость, так как при этом искажения рисунка апертур в плоскости будут гораздо меньше, чем в первом случае.

Применяются следующие способы натяжения трафаретов:

- вручную (быстрозажимные рамки-принтеры);

- механическим способом (рамы и встроенные системы натяжения трафаретов в некоторых моделях устройств печати);

- с помощью сжатого воздуха (специальные рамы с пневматическим натяжением трафаретов);

- трафареты, вклеенные в металлическую сетку (поставляются с собственной рамой).

Трафареты, вклеенные в металлическую сетку, в настоящее время используются преимущественно для крупносерийного производства, так как они значительно дороже обычных трафаретов из-за наличия собственной рамы, но имеют более длительный по сравнению с ними ресурс работы. Кроме того, требуется много свободного места для хранения рам.

Для натяжения трафаретов используются преимущественно специальные рамы с пневматическим натяжением. На раме имеются



Рис. 3. Пневматическая рама для четырехстороннего натяжения

ряды штырьков, расположенные с двух или четырех сторон, а на трафарете – краевая перфорация под них. Она необходима для всех рам под автоматическую печать. Трафарет надевают на штырьки, а затем равномерно растягивают при помощи сжатого воздуха, раздвигающего их в стороны. Далее рама устанавливается в устройство трафаретной печати. Производители рам выпускают различные модификации под конкретные модели оборудования. На производстве ООО «ЭлектроКонтинент» применяются все виды принтеров трафаретной печати (ручной, полуавтоматический и автоматический) и все виды крепления трафаретов (механическое крепление, крепление при помощи сжатого воздуха, крепление по двум и четырем сторонам), поэтому можно получить необходимые технические консультации и увидеть процесс трафаретной печати на практике.

Параметры процесса трафаретной печати

Трафареты, используемые для нанесения паяльной пасты, могут иметь точки крепления по двум или четырем сторонам. У последних искажения в плоскости намного меньше, чем у трафаретов, натянутых по двум сторонам. Поэтому этот тип крепежных рам лучше использовать для трафаретной печати пасты для компонентов с шагом 0,5 мм и менее. Правда, они стоят дороже двусторонних,

но оправдывают себя за счет меньшего брака из-за некорректного нанесения паяльной пасты.

Трафарет может натягиваться на раму вручную (недорогие рамки-принтеры для нанесения паяльной пасты), механическим натяжением (рамы натяжения трафаретов и встроенные системы натяжения трафаретов в некоторых моделях принтеров), с помощью сжатого воздуха (специальные рамы натяжения трафаретов) или натяжением на металлическую сетку.

Как правило, более равномерное натяжение трафарета обеспечивают системы натяжения сжатым воздухом или монтаж трафарета на металлическую сетку. Это связано с тем, что только при помощи сжатого воздуха можно одновременно и равномерно натянуть трафарет во все стороны (в системах натяжения трафаретов на сетку для этого также применяются специальные пневмоцилиндры). Персонал на обычном производстве при всем желании не сможет проделать качественно данную операцию вручную.

Хорошее натяжение трафарета в плоскости позволит без перекосов накладывать его на печатную плату, что обеспечит равномерное распределение паяльной пасты по всем аперттурам и отсутствие смещения рисунка апертур трафарета относительно контактных площадок печатной платы.

Если планируется серийный выпуск электронных изделий, то не

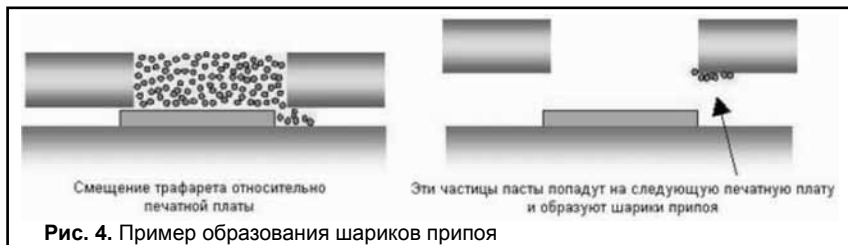


Рис. 4. Пример образования шариков припоя

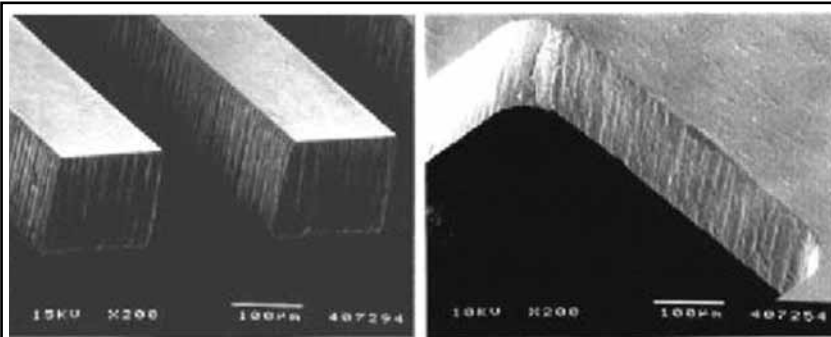


Рис. 5. Вид апертур трафарета, вырезанного лазером при большом (200-кратном) увеличении

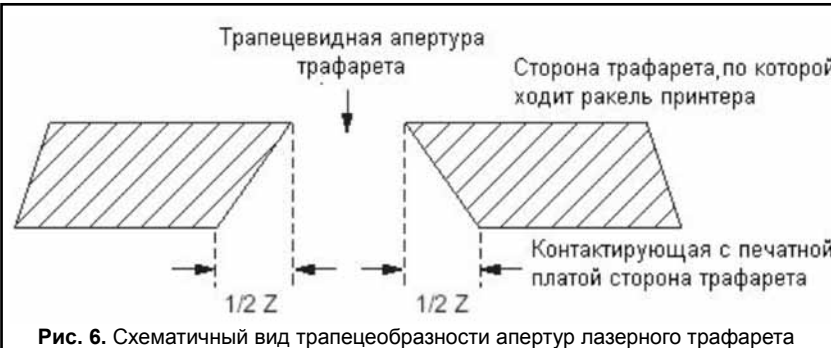


Рис. 6. Схематичный вид трапецеобразности апертур лазерного трафарета

стоит экономить на системе натяжения трафарета, что обеспечит более качественную отладку процесса производства.

Перед приобретением трафаретного принтера необходимо продумать, как закрепить на нем трафарет. Трафареты, натянутые на металлическую сетку, сегодня используются редко. Как правило, они значительно дороже обычных трафаретов, так как имеют собственную раму. Подобные трафареты целесообразно использовать, когда тираж изделий превышает несколько сотен тысяч, так как они имеют более длительный ресурс работы, чем обычные металлические трафареты.

Трафареты, вырезанные лазером, имеют форму апертур в поперечном сечении в форме трапеции (реально разница длин между верхней и нижней сторонами трапеции лежит в пределах 20-25 мкм, так что незаметна невооруженным глазом).

Тем не менее подобная форма апертур облегчает высвобождение паяльной пасты из трафарета при его подъеме над печатной платой. Данную форму с наклонными стенками легче поднять и не размазать пасту по трафарету, чем поднимать его со строго вертикальными стен-

ками, так как трафарет снимается с него гораздо легче и не разрушает при этом его форму.

Реально разница между верхней и нижней сторонами апертур невооруженным глазом не видна, но

имеет существенное влияние на качество нанесения паяльной пасты.

Использование ракелей

Для нанесения паяльной пасты могут использоваться ракель различной конструкции из различных материалов, в том числе стальные, пластмассовые или полиуретановые. Чем тверже материал ракеля, тем удобнее проводить печать пасты для более мелких компонентов, так как, прижимаясь под давлением к трафарету, он меньше «выдирает» пасту из уже нанесенных мелких апертур.

Паяльная паста при нанесении должна образовывать валик перед ракелем. Его диаметр составляет от 12,5 до 25 мм. При недостаточном количестве пасты сложно добиться вращения валика пасты перед ракелем при его перемещении, что полезно для равномерного нанесения паяльной пасты во все апертур. Однако в то же время избыточное количество пасты на трафарете приведет к его преждевременному загрязнению, что может вызвать попадание ее частиц на печатные платы, на которые будет наноситься в последующих циклах печати.

Оптимальная длина используемого ракеля определяется шириной

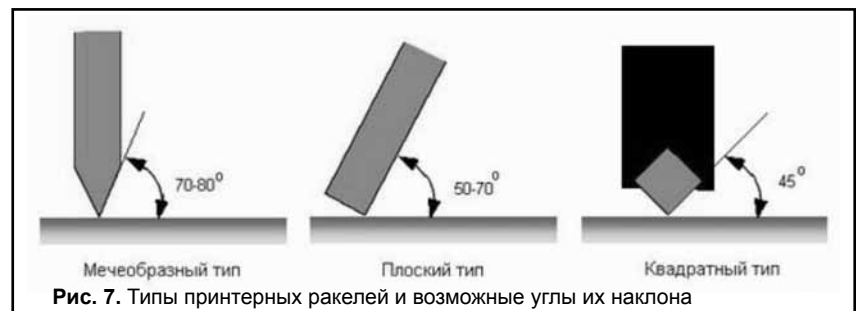


Рис. 7. Типы принтерных ракелей и возможные углы их наклона

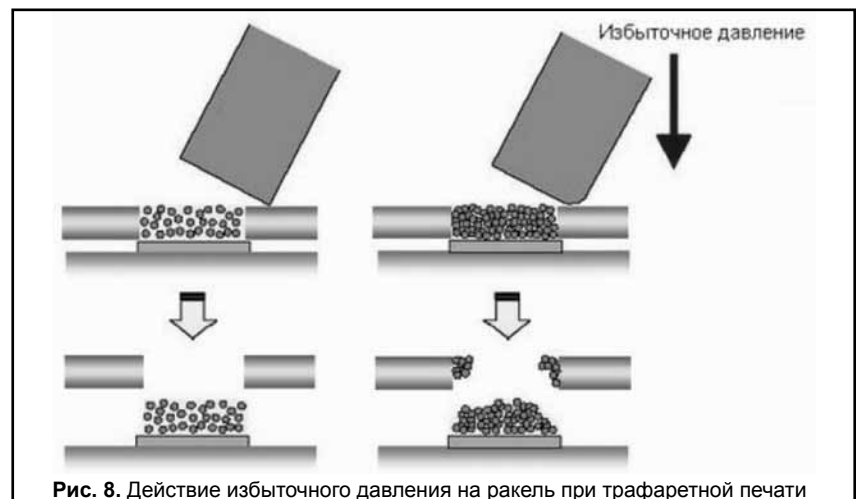


Рис. 8. Действие избыточного давления на ракель при трафаретной печати



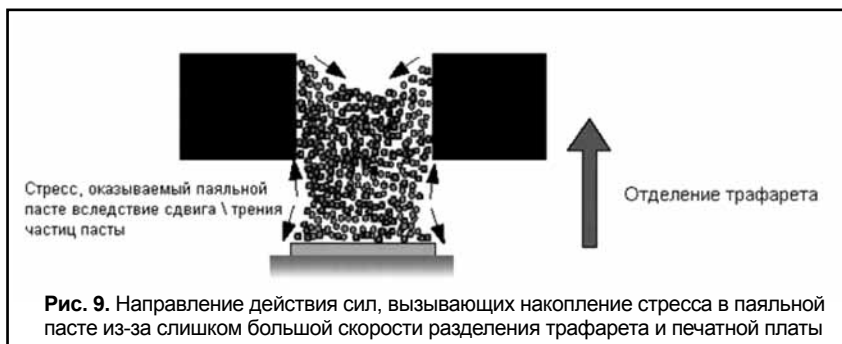


Рис. 9. Направление действия сил, вызывающих накопление стресса в паяльной пасте из-за слишком большой скорости разделения трафарета и печатной платы

поля апертур. Желательно использовать рапель, превышающий на 25 мм с каждой стороны ширину поля апертур трафарета. Это уменьшает воздействие нежелательных сил, воздействующих на трафарет и рапель во время трафаретной печати.

Угол наклона ракеля (угол атаки) подбирается экспериментальным путем и может оставлять от 45 до 80°. Большой угол позволяет легче катить валик пасты, малый же обеспечивает большее давление на пасту. Как правило, металлические ракли имеют угол атаки 60°, а полиуретановые – 45-50°. Кроме того, для оборудования трафаретной печати могут быть предусмотрены дополнительные настройки угла наклона. В идеальном случае рапель должен выставляться на угол 45° (при приложенном давлении). Это позволяет равномерно распределять действие сил в вертикальном и горизонтальном направлениях во время его прохода над трафаретом.

Оптимальную силу прижима ракеля подбирают опытным путем с учетом толщины трафарета и скорости перемещения ракеля. Нормальным начальным значением для давления ракеля считается 0,5-0,75 кг на 25 мм его длины.

Давление должно быть достаточным, чтобы после прохода ракеля образовывалась чистая полоса на трафарете и при этом получалось хорошее качество печати.

Действие слишком сильного давления на трафарет может стать причиной «закапывания» ракеля в апертур и «выдирания» из него паяльной пасты (когда используется полиуретановое лезвие). Если используется металлический рапель, то подобный эффект проявляется меньше благодаря тому, что стальные лезвия сде-

ланы из более твердого материала, поэтому в меньшей степени зависят от воздействия формы и размеров апертур.

Увеличение давления также может вызвать утечку паяльной пасты под трафарет, что способно привести к образованию перемычек между контактами. Уменьшение или недостаточное давление приведет к неполной печати и недостаточному нанесению пасты на контактные площадки.

Скорость перемещения ракеля определяется экспериментальным путем, но может зависеть от минимального шага компонентов и типа паяльной пасты. Обычно скорость нанесения выбирается в диапазоне от 15 до 250 мм/с. Нормальным начальным значением для скорости ракеля является 25 мм/с (зависит от используемого типа пасты). Увеличение скорости может привести к неравномерному заполнению апертур, особенно для расположенных перпендикулярно направлению печати. Использование медленной скорости печати позволит мелкодисперсионной паяльной пасте (с диаметром частиц до 38 мкм и менее) заполнить апертур и получить хорошие результаты печати.

Рекомендуемая скорость разделения трафарета с печатной платой может составлять от 0,3 до 20 мм/с в зависимости от типа оборудования, пасты и минимального шага выводов компонентов. Чем меньше



Рис. 10. Расположение трафарета при выполнении контактной трафаретной печати

последний, тем более низкую скорость отрыва трафарета от платы желательно выставлять (по крайней мере, в начальный момент отрыва).

Способ трафаретной печати

В основном используется способ контактной трафаретной печати, что обеспечивает более однородную высоту нанесения паяльной пасты по всей печатной плате. В этом случае трафарет лежит на печатной плате, касаясь ее (если плата при опускании трафарета вдавлена в него, лучше приподнять его над платой). Иногда для сокращения продолжительности цикла или трафаретной печати для компонентов с мелким шагом можно применить способ бесконтактной печати с использованием прогиба трафарета.

Кроме того, медленный прогиб трафарета используется во многих моделях принтеров для облегчения выталкивания пасты из его апертур. В этом случае прогиб трафарета позволяет осуществить его непрямо «отслоение» от печатной платы (напомним, что апертур имеют форму трапеции, и прогиб трафарета увеличивает степень раскрытия апертур по направлению к печатной плате, что облегчает высвобождение паяльной пасты).

Самый простой способ настройки зазора между трафаретом и печатной платой для выполнения бесконтактной печати: положить между ними альбомный лист и постепенно поднимать/опускать трафарет над печатной платой так, чтобы он вынимался из-под трафарета с некоторым натягом.

Очистка трафарета

После нанесения паяльной пасты на 15-20 печатных плат рекомендуется очистить трафарет с нижней стороны для предотвращения образования перемычек и шариков припоя в процессе пайки из-за остатков пасты, прилипшей к нижней стороне трафарета.

Внимание! Для очистки трафарета необходимо использовать только специальные материалы (бумагу и промышленные жидкости). Обычные материалы хуже впитывают влагу и оставляют пыль, нитки и ворсинки, которые могут за-

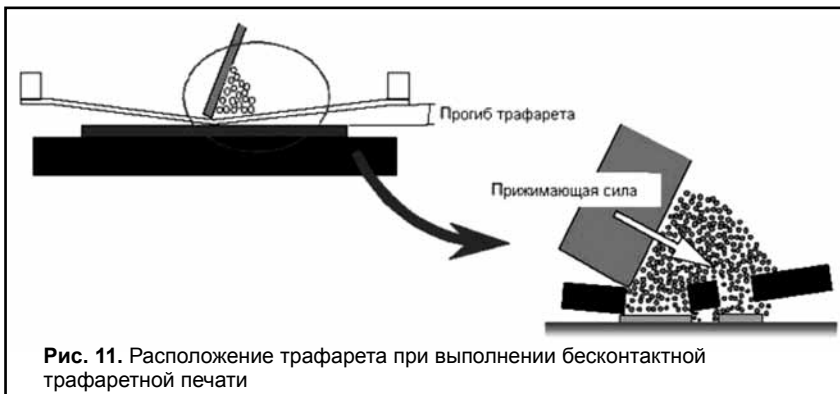


Рис. 11. Расположение трафарета при выполнении бесконтактной трафаретной печати

Технологические характеристики трафаретов

Максимальные размеры трафарета, мм	600x600
Толщина трафарета, мм	0,1-0,2
Минимальная ширина линии апертуры, мм	0,1
Минимальная ширина перемычки, мм	0,1
Возможность маркировки несквозным травлением (зачернение)	выполняем
Предельная ширина реперных знаков, мм, не менее	0,1

бывать апертуры в трафарете и создавать «мостики» между соседними контактными площадками, образуя направляющие для образования

перемычек припоя в процессе оплавления паяльной пасты.

Остатки пасты, к примеру, можно удалить с помощью мел-

кой ячеистой губки и изопропилового спирта. Неплохо удаляет ее специальный промышленный растворитель – бутил ацетат, но он имеет довольно резкий запах. Мы применяем на производстве только качественные материалы для отмывки и очистки трафаретов фирмы VISION.

Технологические особенности трафаретов

Мы изготавливаем трафареты для нанесения паяльной пасты по собственной отработанной технологии. Она обеспечивает оптимальное соотношение качества трафарета, сроков производства, износостойкости и цены. Рабочие поверхности трафарета имеют антифрикционное покрытие и защищают его основу от коррозии и истирания, при этом обеспечивает прекрасное скольжение ракеля.

Ответы на все вопросы и дополнительные консультации по изготовлению трафаретов методом лазерной резки, технологиям трафаретной печати и поверхностного монтажа компонентов на печатные платы можно получить в офисе компании «ЭлектроКонтинент».

220026, г. Минск, пер. Бехтерева, 8, оф. 35.

Тел./факс: +375 (17) 296-31-61, 205-06-94.

Моб. тел.: +375 (29) 705-04-15 (МТС), +375 (29) 653-99-18, 115-35-75 (Velcom).

E-mail: info@elcontinent.com, www.elcontinent.com

ТАЙВАНЬ ОСТАЕТСЯ КРУПНЕЙШИМ РЫНКОМ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

По данным международной ассоциации SEMI, Тайвань станет самым крупным рынком с оборотом 9,18 млн. долларов. Общий объем продаж полупроводникового оборудования во всем мире, как ожидается, составит 2,5 млрд. долларов.

SEMI предсказывает, что продажи полупроводникового оборудования в 2010 году будут расти во всем мире. Тайвань, по прогнозам, станет крупнейшим рынком с 9,18 млн. долларов. Аналитики также отметили, что он сохранит свою динамику развития в 2011 году, и страна вновь станет крупнейшим рынком полупроводников с объемом рынка в 9,3 млрд. долларов.

«Мы наблюдаем особенно большой вклад со стороны производителей, поскольку они строят новые мощности и постоянно стремятся к новым вершинам. Мы также видим аналогичные тенденции у внешних производителей полупроводниковых блоков, а также в секторах тестирования (OSAT) и светодиодов, в которых инвестиции на оборудование в этом году стремятся к историческим максимумам», – сказал Кларк Ценг (Clark Tseng), топ-менеджер SEMI.

Compoundsemiconductor.Net

Новые возможности по изготовлению печатных плат!

ЭЛЕКТРОКОНТИНЕНТ

- Производство одно- и двухсторонних печатных плат по 3-му, 4-му классам точности.
- Срочное производство опытных партий – от 3-х дней.
- Серийное производство одно- и двухсторонних печатных плат – от 2-х недель.
- Все виды монтажа печатных плат.

220026, Республика Беларусь, г. Минск, пер. Бехтерева, 8, ком. 35, ст. метро «Партизанский проспект».
Тел./факс: +375 (17) 296-31-61, 205-06-94.
Моб.: +375 (29) 705-04-15 (МТС), +375 (29) 653-99-18, 115-35-75 (Velcom).
E-mail: info@elcontinent.com