

Замечательная идея от фирмы Samsung

Инженеры фирмы Samsung готовы держать пари, что новая технология производства печатных плат с высокой плотностью соединений (High Density Interconnection — HDI) вытеснит традиционные субтрактивный и полуаддитивный процессы. Они предлагают изготовление плат методом переноса.

Риочи Ватанабе

Электронные устройства становятся все более быстродействующими, миниатюрными и функциональными. В результате все в большей мере возникает необходимость увеличения плотности межсоединений для дальнейшей микроминиатюризации электронной аппаратуры. Но поддерживать высокий выход продукции нелегко, особенно в производстве плат с высокой плотностью монтажа, включая FCBGA.

Известны приемы увеличения плотности монтажа при использовании субтрактивного и полуаддитивного методов изготовления плат [1–3]. Однако в субтрактивном процессе есть некоторые базовые проблемы (например, химическое травление), тогда как в полуаддитивном процессе имеются ограничения, связанные с процессом дифференциального травления (проблемы, связанные с остаточным слоем в пробельных местах и подтравливанием проводников — см. рис. 1).

Проводящий подслой в пробельных местах состоит из меди (из того же металла, что и проводники), и в процессе дифференциального травления происходит растворение не только этого слоя, но и медных проводников. Поэтому до процесса дифференциального травления проводники должны быть шире и толще, чем в своем окончательном варианте (коэффициент коррекции). Если происходит нарушение этого условия, то это неблагоприятно сказывается на сопротивлении отслаиванию. Когда проводники становятся меньше, выход

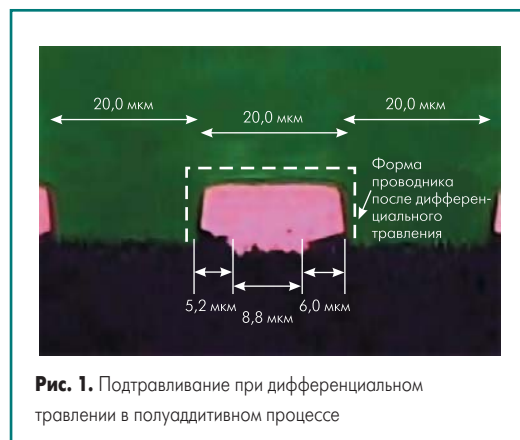


Рис. 1. Подтравливание при дифференциальном травлении в полуаддитивном процессе

годных снижается из-за повреждений, наносимых конвейером или валиками. По этой причине для формирования более тонкой схемы требуется новая технология производства печатных плат.

Новые идеи по формированию схемы с более тонкими межсоединениями

На рис. 2 показан новый технологический маршрут формирования более тонкого рисунка схем, при котором не требуется дифференциальное травление.

Последовательность процесса:

- подготавливается промежуточное основание (жесткая плата или пленка) соответствующей обработкой поверхности;

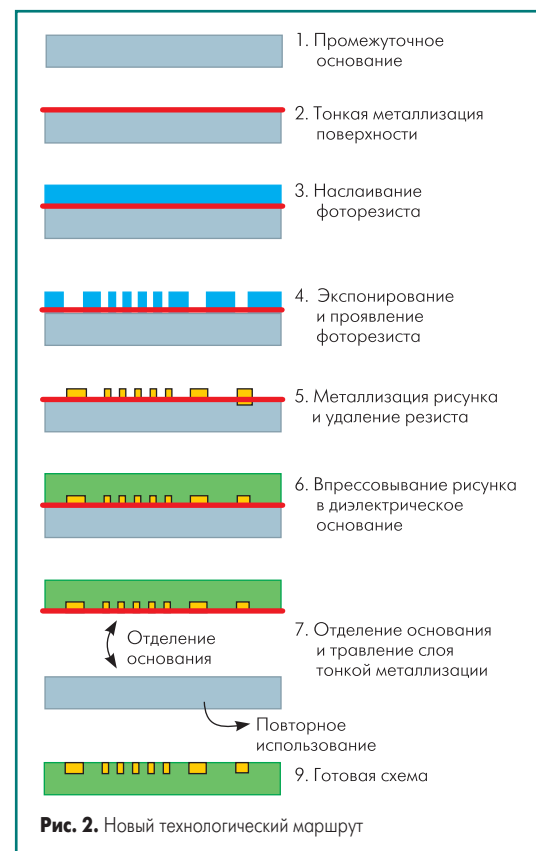


Рис. 2. Новый технологический маршрут

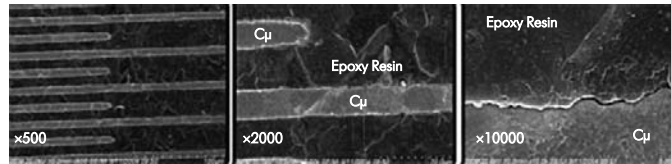


Рис. 4. Изображения в СЭМ вида сверху 10/10 мм рисунка схемы после травления подслоя

- поверхность основания металлизирована для формирования тонкого проводящего подслоя;
- на поверхность проводящего подслоя наносится фоторезист;
- экспонирование и проявление фоторезиста. В качестве фоторезиста используется резист для гальванической металлизации по рисунку;
- гальваническое меднение по проводящему подслою;
- удаление резиста;
- поверхностная обработка медного рисунка для обеспечения хорошей адгезии к диэлектрическому основанию;
- впрыскивание медного рисунка в диэлектрическое основание платы;
- от платы отделяется промежуточное основание; затем оно может использоваться повторно;
- оставшийся на плате промежуточный подслоя вытравливается.

Поскольку сформированные проводники (изображенные на рис. 1) не нуждаются в коррекции, разрешающая способность схемы определяется разрешающей способностью фоторезиста. Благодаря этому можно создать более тонкий рисунок, чем при полуаддитивном процессе. Структура такой платы уникальна — проводники спрятаны в диэлектрике. Это обеспечивает их лучшую механическую стойкость в процессе производства, и рисунок не подвергается травлению, как это происходит при дифференциальном травлении. Этот процесс называется методом переноса — проводящий рисунок с промежуточного основания погружается в объем диэлектрика.

Формирование схемы на промежуточном основании

Одним из ключевых процессов этой технологии является обработка поверхности промежуточного основания (подложки), необходимая для получения достаточной адгезии к проводящему подслою и для обеспечения возможности отделения заготовки платы от подложки.

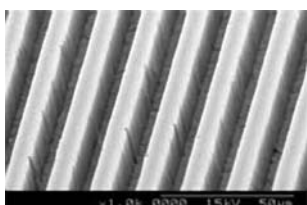


Рис. 3. Рисунок из фоторезиста после проявления.

На рис. 3 представлено изображение поверхности, полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ): проводник/зазор = 8/8 мкм после проявления фоторезиста.

На поверхности медного слоя с помощью СЭМ не было обнаружено остатков резиста, и после селективного электролитического осаждения можно формировать рисунок: проводник/зазор = 8/8 мкм, при условии, если не обнаружены дефекты рисунка.

Гальваническое меднение осуществляется традиционным методом металлизации по рисунку фоторезиста, используя проводящий подслоя, сформированный на промежуточном основании. При этом необходимо тщательно контролировать равномерность толщины, регулируя оборудование для осаждения и плотность тока. Важно также контролировать расход раствора для электролитического осаждения в электролизере для получения тонкого рисунка порядка П/З = 10/10 мкм или менее.

Впрыскивание рисунка в диэлектрическое основание

Для обеспечения хорошей адгезии диэлектрика с медным рисунком необходима обработка его поверхности. Для обработки поверхности медного рисунка используется традиционный процесс микроотравления для придания микрошероховатости. Глубина травления должна быть минимальной, чтобы не подтравить медные проводники; в противном случае придется воспользоваться коррекцией ширины и толщины проводника при осаждении, как показано на рис. 1, или проводники должны проектироваться с большим сечением. При большом подтравливании снизу проводники могут отслаиваться. Для метода переноса имеются диэлектрики, изготовленные из традиционного материала. После впрыскивания в диэлектрик заготовка отделяется от промежуточного основания. Разработанная авторами технология отделения уникальна, если сравнить ее с другими технологиями методом

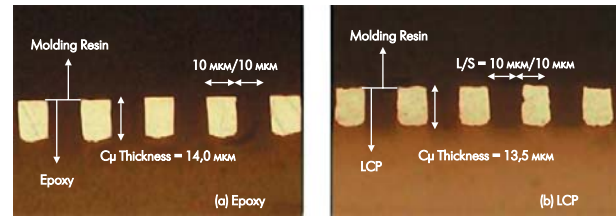


Рис. 5. Изображения поперечного сечения после травления подслоя: (а) эпоксидный ламинат; (б) ламинат LCP

переноса. После того как промежуточное основание отделено, производится травление проводящего подслоя. Если для проводящего подслоя используется металл, отличный от проводников, то возможно селективное травление, делая поверхность медного рисунка проводников копланарным с поверхностью диэлектрического основания платы.

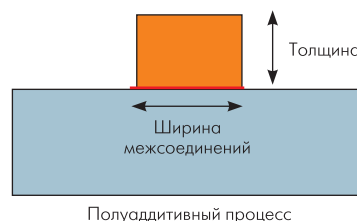
На рис. 4 представлены изображения в СЭМ (П/З = 10/10 мкм), полученные со стороны схемы после травления подслоя. Обе поверхности — как диэлектрика, так и меди — плоские, на них не видны остатки подслоя.

Наблюдения показывают, что селективное травление подслоя было выполнено хорошо, за счет использования в качестве подслоя металла, отличного от металла проводников. Это означает, что подслоя был вытравлен с использованием травящего раствора, действующего как в процессе контактной коррозии. Мы предполагаем, что плоская поверхность подложки имеет некоторые преимущества для процессов компоновки, хотя в этом авторы не могут быть уверены.

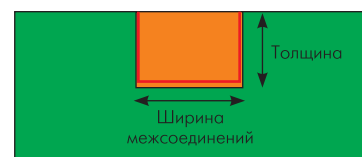
Это дает возможность использовать травящий раствор, действующий только на подложку. Мы полагаем также, что жесткая подложка имеет определенные преимущества перед гибкой, хотя в этом авторы не могут быть уверены.

В качестве диэлектрических оснований плат были испытаны диэлектрики эпоксидного типа, такие, как: эпоксидная пленка RCC (медь, покрытая смолой), армированная стеклотканью; эпоксидная пленка RCC, армированная арамидом; и пленка LCP (жидкокристаллический полимер). На рис. 5 показаны изображения в поперечном сечении П/З = 10/10 мкм после травления подслоя: (а) эпоксидный ламинат и (б) ламинат LCP.

Пустоты и расслоения слоистых материалов были проверены путем осмотра микрошлифов поперечного сечения и поверхности. Все диэлектрические материалы показали хорошее ламинирование без пустот и расслоений на межсоединениях с зазором 10 мкм.



Полуаддитивный процесс



Новая структура (метод переноса)

Рис. 6. Сравнение структур проводников из полуаддитивного процесса и полученных методом переноса

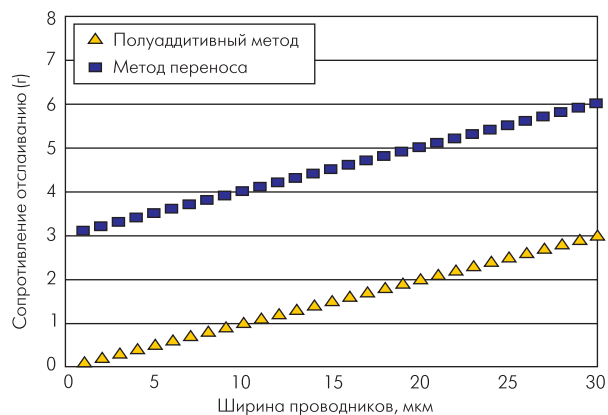


Рис. 7. Расчетное сопротивление отслаиванию проводников (ширина проводников 10 мкм, толщина 15 мкм, исходное сопротивление отслаиванию 1,0 кг/см)

Преимущества метода переноса

На рис. 6 показаны в сравнении структуры поперечного сечения, полученные с помощью полуаддитивных процессов и метода переноса.

В полуаддитивном процессе проводники удерживаются на основании нижней поверхностью через подслой химмеди, тогда как в методе переноса они имеют три поверхности для адгезии к диэлектрику и скрыты в диэлектрике. Очевидно, что адгезия схемы при использовании метода переноса сильнее, чем для полуаддитивного метода, что обеспечивает ему преимущество.

Если предположить, что диэлектрик, в который погружаются проводники, такой же, как и промежуточная подложка, и что сопротивление отслаиванию меди составляет 1,0 кг/см, то можно обеспечить ширину проводников, равную 10 мкм, а толщину 15 мкм.

На рис. 7 показано расчетное сопротивление отслаиванию меди. Сопротивление отслаиванию проводников для метода переноса всегда в три градуса больше, чем для полуаддитивного метода.

На рис. 8 представлена кратность сопротивления отслаиванию для полуаддитивного метода и метода переноса. Если ширина проводников и зазоров уменьшается, кратность сопротивления отслаиванию для метода переноса значительно выше.

Кривая имеет точку перегиба примерно на расстоянии 5 мкм от ширины проводников и асимптотически приближается к нулю при $x = 0$. Это дает основание предполагать, что метод переноса имеет преимущество

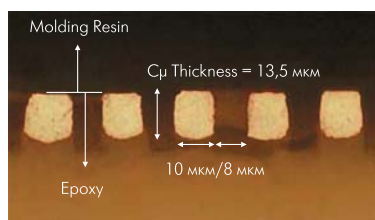


Рис. 9. Поперечное сечение трасс проводников 10/8 мкм (шаг трасс 18 мкм), полученных методом переноса

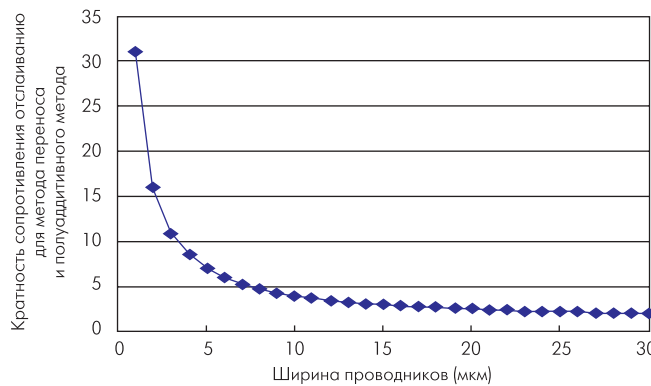


Рис. 8. Имитация кратности сопротивления отслаиванию проводников для метода переноса и полуаддитивного метода. Исходные данные: ширина проводников 10 мкм, толщина 15 мкм, сопротивление отслаиванию от поверхности 1,0 кг/см

в сопротивлении отслаиванию в сравнении с полуаддитивным методом, когда проводники становятся более тонкими, в особенности когда ширина проводников меньше 10 мкм.

На рис. 9 показаны проводники и зазоры 10/8 мкм (шаг трасс 18 мкм), полученные методом переноса, описанного в данной статье.

Если фоторезист обладает лучшей способностью формирования более высокой плотности рисунка (например, менее чем 8/8 мкм или с шагом 16 мкм), то возможно формирование более тонких проводников печатной платы. В результате метод переноса больше подходит для формирования плотных межсоединений, чем полуаддитивный процесс.

Перспективы метода переноса

Метод переноса явно обладает рядом преимуществ. Однако необходимо произвести дальнейшую его оценку с целью изучения и других возможностей метода, в том числе: данных о надежности, демонстрирующих характеристики метода; обработки поверхности меди, которая исключает ненужную адгезию схемы при более тонком рисунке; разработки наращенной подложки методом переноса; изучения экономических показателей метода в массовом производстве; освоения двухстороннего процесса для снижения стоимости производства, а также оптимизации производственного процесса в целях массового производства.

Литература

1. Watanabe R. Circuitization technique of ED resist for fine subtractive circuit. ECWC9, Proceedings, 2002.
2. Okubo T., Kodera T., Kondo K. Uniformity of Patterned Copper Electrodeposit Thickness by Using Auxiliary Electrode — Placement of Electrodes at the Edges of the Pattern. Journal of Japan Institute of Electronics Packaging, Vol. 7, No. 4, pp. 322–327, 2004.
3. Noma H., Nakanishi T. Etching process analysis for high density build-up substrate by thin dry film resists. Journal of Japan Institute of Electronics Packaging, Vol. 7, No. 7, pp. 599–606, 2004.

Замечания редактора

Странно, но факт. Нам преподносят как новинку технологию, разработанную и освоенную в СССР Францем Петровичем Галецким еще в 70-х годах, известную как «ПАФОС». Автор переведенной статьи предлагает всего-навсего изучить возможности метода переноса, выделяя лишь одно полезное свойство — хорошую адгезию тонких проводников к основанию. Это уже вторая статья, связанная с методом переноса [1]. Но д. т. н. Ф. П. Галецкий уже многократно, в том числе и на международных форумах [2], освещал и подробности этой технологии, и ее преимущества, которых гораздо больше, чем отмечено в переводной статье. И степень ее освоения в ИТМиВТ у Ф. П. Галецкого доведена до промышленного уровня.

Уже в который раз к нам возвращаются из-за рубежа технологи, разработанные нашими соотечественниками. Точно так же наши разработки 70-х годов технологии послойного наращивания выступают за рубежом под именем Build-Up (надстройки на базовое основание), как новейшее достижение. Хотя в системах управления и стыковки наших космических кораблей эта технология используется с 80-х годов и, что примечательно, ни разу за все это время не имела отказов. И сейчас на смену американским «челнокам» наши космические корабли «Союз» и «Прогресс» с технологией послойного наращивания будут исправно служить человечеству. Нужно в связи с этим принести глубокую благодарность Людмиле Михайловне Подгорновой за стойкость в поддержании этой технологии на Московском заводе счетно-аналитических машин.

Все это говорит о том, что наши технологи всегда отличались оригинальными решениями и смелостью в их реализации.

Вот на такие мысли навела редактора эта переводная статья. Тем не менее статья интересна оригинальным подходом к реализации микронных проводников на печатных платах. Для других процессов, кроме метода переноса, такой тонкий рисунок проводников недостижим.

- [1] Бечтлофф Удо и др. «Айсберг» опережает! — Технологии в электронной промышленности, 3/2005.
- [2] www.fpgaletsky.ru