



# Летняя конференция Европейского института печатных схем-2005

**9–10 июня 2005 года в Стокгольме состоялась очередная летняя конференция Европейского института печатных схем (EIPC Summer Conference Stockholm June 9&10, 2005). 125 специалистов Европы, США и Японии обменялись новостями о новых технологиях и материалах, о техническом противодействии конкуренции расширяющегося производства стран Юго-Восточной Азии. Было заслушано 23 доклада о рынке печатных плат, о новых материалах и технологиях, о финишных покрытиях, о печати пассивных элементов, об экологических проблемах. О наиболее интересных для российских специалистов сообщениях рассказано в этом обзоре.**

**Аркадий Медведев,  
профессор. МАИ**

medvedevam@bk.ru

Пол Уэлднер, президент Европейского института печатных схем (EIPC) обратился к участникам конференции с приветственной речью, в которой он благодарил за внимание к форуму, за финансовую поддержку EIPC со стороны спонсоров, оргкомитет — за усилия в организации конференции и интересную культурную программу, связанную с историческими местами Стокгольма и его окрестностями. Пол Уэлднер отметил, что национальные институты печатных схем являются открытыми организациями: осенью этого года состоится совместный форум Североамериканского и Европейского IPC, в конце года — EIPC с НКРСА (Гонконг), совмещенного с ознакомлением с электронной промышленностью Южно-Китайского региона. И такие встречи будут регулярно повторяться. В стадии становления находятся ассоциации стран СНГ, где начинает развиваться производство электронной продукции. Национальные ассоциации — объединение профессионалов, обеспечивающее обмен информацией по бизнесу и технологиям, способствующей успеху национального производства электроники.

Регистрация участников конференции сопровождалась громкими приветствиями и поздравлениями в связи с теми или другими успехами. Здесь все знают друг друга, многие дружат семьями. Последующие застолья закрепили теплую дружественную обстановку общения членов ассоциации и ее гостей.

Уже стало традицией начинать конференцию с анализа мирового состояния рынка и производства электроники и, соответственно, печатных плат. Уолт Кастер — общепризнанный авторитет

в исследованиях рынка электроники (фирма Custer Consulting, США) регулярно публикует результаты своих исследований в широко распространяемом журнале Circuitree и на международных форумах. На его прогнозах строится инвестиционная политика и менеджмент производства электроники.

Уолт Кастер представил данные, из которых следует, что в настоящее время закончился спад производства, пик которого пришелся на 2000 год, и с 2004 начался уверенный рост (+7%). С опережением растет производство печатных плат (+9%). Прогнозируется дальнейший рост мирового производства (3,7% в 2007 г.), наибольший рост будет продолжаться в континентальном Китае (8,3% в 2007 г.). Наибольшие объемы производства придутся на средства коммуникаций (\$257 млрд) и компьютерную технику (\$240 млрд). Именно в этих устройствах используются самые сложные печатные платы и комплектующие, именно в этих областях наиболее интенсивно развиваются новые технологии для увеличения функциональности и дальнейшей миниатюризации устройств. Докладчик напомнил аудитории, какими были мобильные телефоны в 2000 году и обратил внимание публики, какие аппараты сейчас находятся в руках участников конференции. Одно из условий этого прогресса — высокий технический уровень печатных плат с проектными нормами, недоступными в 2000 года.

Распределение объемов производства в ценовом выражении представлено на рис. 1.

Общий объем рынка печатных плат оценивается в \$40 млрд.

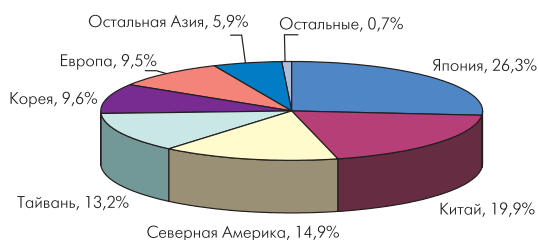


Рис. 1. Распределение объемов мирового производства печатных плат

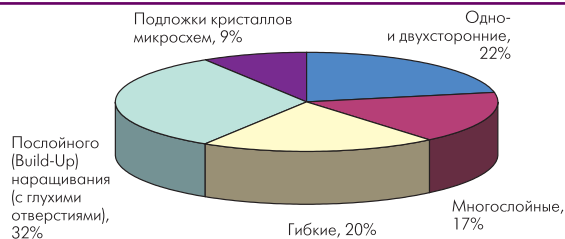


Рис. 2. Распределение мирового производства печатных плат по видам конструкций (в ценовом выражении)

Таблица 1

Страна	Число фабрик	Годовой оборот, \$ млрд	Число работающих	Оборот на одного работающего
Китай	1000	8,0	200 000	\$40 тыс.
США	530	8,8	48 000	\$183 тыс.
Западная Европа	400	3,9	29 000	\$134 тыс.
Япония	300	10,3	46 000	\$218 тыс.
Тайвань	140	5,3	50 000	\$106 тыс.
Корея	120	3,7	35 000	\$105 тыс.
Индия	120	0,2	8 000	\$25 тыс.
Остальные	250	2,8	80 000	\$35 тыс.
Мировое производство	2 860	40,2	496 000	\$81 тыс.

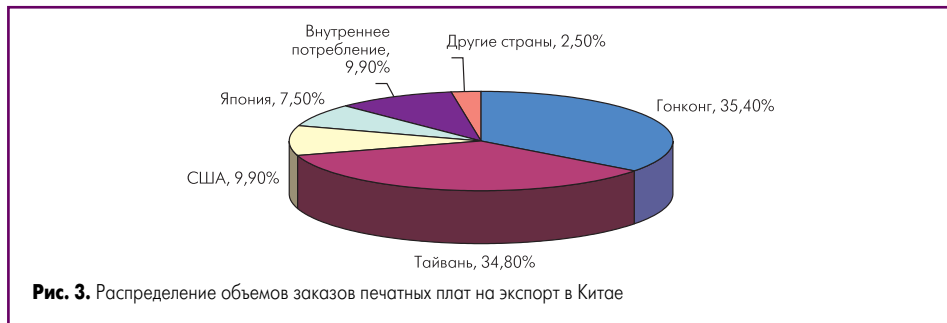


Рис. 3. Распределение объемов заказов печатных плат на экспорт в Китае

Распределение рынка плат по видам конструкций показано на рис. 2.

Имеют тенденцию к росту производства гибкие (+33%), гибко-жесткие (+67%) платы и многослойные платы послойного наращивания (Build-Up) — (+17%).

Интересно, что в мировом производстве печатных плат работает всего лишь 500 тыс. человек, из них 200 тыс. — в Китае (табл. 1). Данные в таблице 1 представлены в ценовом выражении, поэтому они не отражают физические объемы производства печатных плат (например, в м<sup>2</sup>). Тем не менее, можно видеть, что наиболее прибыльно производство плат в Японии, там оно имеет и наибольшие объемы. Но наиболее выгодно размещать заказы в Китае, там относительная дешевизна сочетается с приемлемым техническим уровнем, обеспечивающим необходимую функциональность аппаратуры.

Поэтому, независимо от того, что технический уровень производства в передовых странах намного выше, чем в Китае, фирмы-носители известных брендов предпочитают заказывать массовую продукцию в Китае.

К примеру, Южный Китай от Шеньчжэня до Гуаньджоу — по существу большая фабрика печатных плат. Нужно отметить, что Южный Китай — это и большой сб-

рочный цех именитых фирм с известными брендами.

Докладчик делает выводы:

- Спад производства 2000 года остался позади. В 2004 начался заметный рост производства электроники и соответственно — печатных плат.
- Массовое производство печатных плат все больше перемещается в Юго-Восточную Азию, в основном в Южный Китай.
- Законодателями высокого технического уровня печатных плат применительно к требованиям функциональности военной аппаратуры, медицинской электроники и систем безопасности являются в основном США, и вслед за ними — Европа и Япония. Наиболее интенсивно развивается высокотехнологичная военная электроника в Японии: из более чем \$40 млрд годового военного бюджета Японии на нее тратится 60%.
- Востребованы и развиваются прототипные производства с короткими сроками изготовления и большой подвижностью в изменениях проектов применительно к нуждам организаций, разрабатывающих новую электронную аппаратуру.

Американская фирма DuPont Printed Circuit Materials предложила новый тип сухого пленочного фоторезиста для QFD-техно-

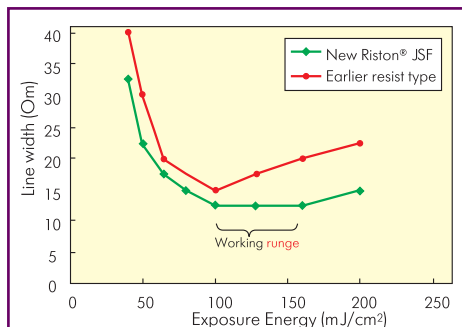


Рис. 4. Воспроизведение тонкого рисунка в зависимости от экспозиции фоторезиста

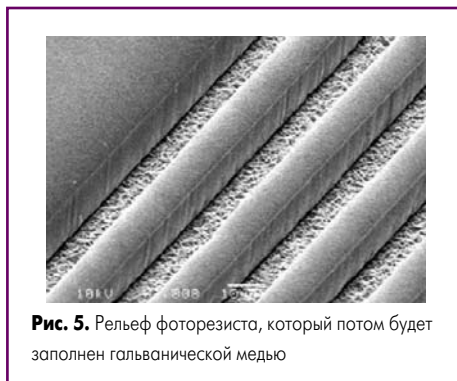


Рис. 5. Рельеф фоторезиста, который потом будет заполнен гальванической медью

Таблица 2

	Стоимость	Пайка шариков BGA	Плоскостность (напильны)	Press-Fit	Пайка волной припой	Пайка оплавлением	Как контактные покрытия	Надежность
HASL (Sn/Pb)	Хорошо	Ограниченно	Плохо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо
Ni/Au	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо
OSP	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо
OSP+NiAu	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо
ImmSn	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо
ImmAg	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо

Условные обозначения:  
■ Хорошо  
■ Ограниченно  
■ Плохо  
■ Нет информации

логий (Quality Function Deployment технология управления качеством) применительно к полуаддитивной технологии воспроизведения тонкого рисунка в сочетании с LDI-процессом (Laser Direct Imaging — прямое лазерное воспроизведение рисунка). Анизотропность процесса проявления фоторезиста позволяет при определенных экспозициях (рис. 4) получить глубокий рельеф с вертикальными стенками (рис. 5) и после наполнения его гальванической медью с последующим дифференциальным травлением получить прямоугольный профиль проводников с узкими зазорами (рис. 6).

Наибольшее число докладов было посвящено финишным покрытиям. Разнородные оценки различных типов покрытий побуждают бесконечные дискуссии. Финские докладчики (Харри Латонен & Тария Рапала-Виртанен, компания Aspocomp) при переходе к бессвинцовым технологиям предлагают отказаться от использования HASL в пользу селективных покрытий: ENIG (иммерсионное золото по никелю) — для многократной пайки и контактных покрытий и OSP (органический ингибитор) — для пайки. Чтобы обеспечить селективность этих покрытий, они используют двойную фотолитографию. Их общая оценка финишных покрытий представлена в таблице 2.

Докладчик от японской компании ESPEC Corp., известной широкими поставками на рынок всевозможных климатических камер (бывшие TABAI), представил результаты ускоренных сопоставительных испытаний одного из бессвинцовых сплавов Sn-Zn-Bi

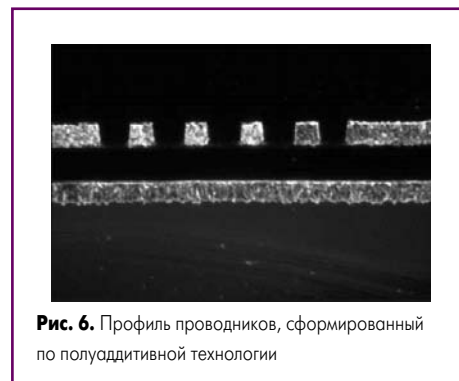


Рис. 6. Профиль проводников, сформированный по полуаддитивной технологии

для пайки. В испытаниях участвовали следующие композиции:

Припой:

- Sn-3Ag-0,5Cu;
- Sn-8Zn-3Bi;
- Sn-Pb (эвтектика).

Покрyтия выводов (шаг 0,5 мм):

- Sn-10Pb (10 мкм);
- Ni/Pd/Au (0,3/0,8/0,01 мкм).

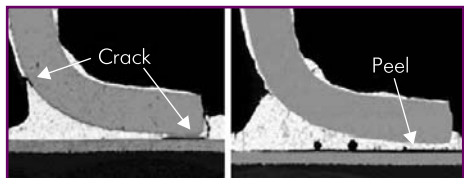
Покрyтия на печатных платах: Cu/OSP (органическое).

Основание: FR-4.

Условия испытаний:

- Испытания на устойчивость к высоким температурам: 125 °C, 2000 часов.
- Термоциклы (среда — воздух, обдув): -40/+125 °C, 2000 циклов с пребыванием на крайних температурах по 30 минут.
- Высокотемпературная повышенная влажность: +85 °C, 85%, 1000 часов.

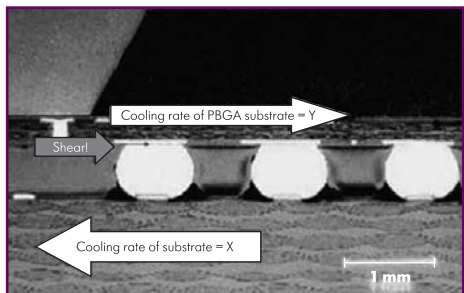
В результате этих воздействий отказы получены в пайках припоем Sn-8Zn-3Bi (рис. 7). Дополнительные исследования показали образование интерметаллических соединений Cu-Zn, сопровождающееся образованием пор на стыке припоя и меди контактных площадок. Этот эффект сопровождается еще одним явлением — выделением цинка в отдельную фракцию и его окислением, что влечет за собой расслоение паек.



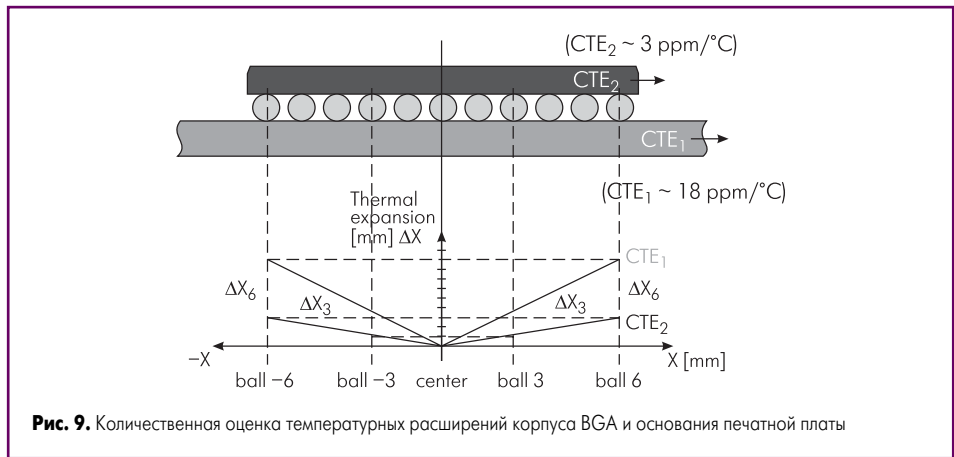
**Рис. 7.** Разрушения паек припоем Sn-8Zn-3Bi

Фирма Ersa (Германия) иллюстрировала возможности использования своего эндоскопа в изучении механизма разрушения бессвинцовых паек BGA-компонентов. Высокие температуры плавления бессвинцовых припоев приводят к тому, что при остывании и отверждении паек возникают значительные термомеханические напряжения (рис. 8 и 9), которые могут привести к разрушению соединений (рис. 10).

Докладчик от Ersa Юрген Фридрих предостерег производителей печатных плат от использования традиционных материалов оснований печатных плат с относительно низкой температурой стеклования.



**Рис. 8.** Различия в температурном расширении корпуса BGA и основания печатной платы вызывают напряжения в пайках



**Рис. 9.** Количественная оценка температурных расширений корпуса BGA и основания печатной платы

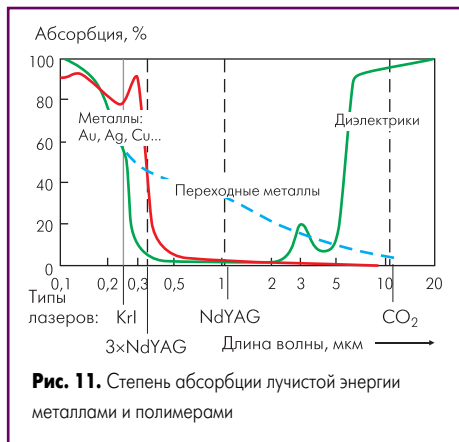


**Рис. 10.** Разрушение пайки под воздействием термомеханических напряжений

Но даже если используются материалы оснований с Tg порядка 180 °C, нужно ограничивать размеры используемых BGA-корпусов или использовать низкотемпературные припои, чтобы предотвратить разрушающие термомеханические нагрузки.

Компания Umicore Galvanotechnik (Германия) в докладе Хироши Отэйк показала преимущества многослойного финишного покрытия Ni-P/Pd/Au: хорошая длительная способность к пайке (без образования «Black Pad», характерного для ENIG) и высокая надежность.

Использованию лазеров для резки материалов печатных плат был посвящен доклад фирмы LKPF Laser and Electronics AG (Германия). Докладчик (Марк Хаске) напомнил, что металлы абсорбируют коротковолновую лучистую энергию (десять доли мкм), диэлектрики — дальнюю инфракрасную: более 5 мкм (рис. 11). Применительно к этому используются технологические лазеры: KrI — 240 нм, третья гармоника Nd:YAG — 355 нм, Nd:YAG — 1,065 мкм, CO<sub>2</sub>-лазер — 9,25; 9,4 и 10,6 мкм. Мощности технологических



**Рис. 11.** Степень абсорбции лучистой энергии металлами и полимерами

CO<sub>2</sub>-лазеров для обработки диэлектриков — 4...9 кВт, эксимерных и Nd:YAG-лазеров — до 6 кВт. Нужно также иметь в виду, что температура плавления стекловолкна — 1725 °C, эпоксидного связующего — примерно 300 °C. Мало того, по стекловолкну лучистая энергия может распространяться за пределы обрабатываемой зоны. По этой причине в стеклоэпоксидных композициях с трудом удается получить ровные стенки отверстий или ровный рез. Полиимидные пленки, будучи однородными, обеспечивают хорошее качество реза. Это одна из причин использования полиимидных пленок для формирования глухих отверстий в платах послойного наращивания на основаниях из стеклоэпоксидных композиций.

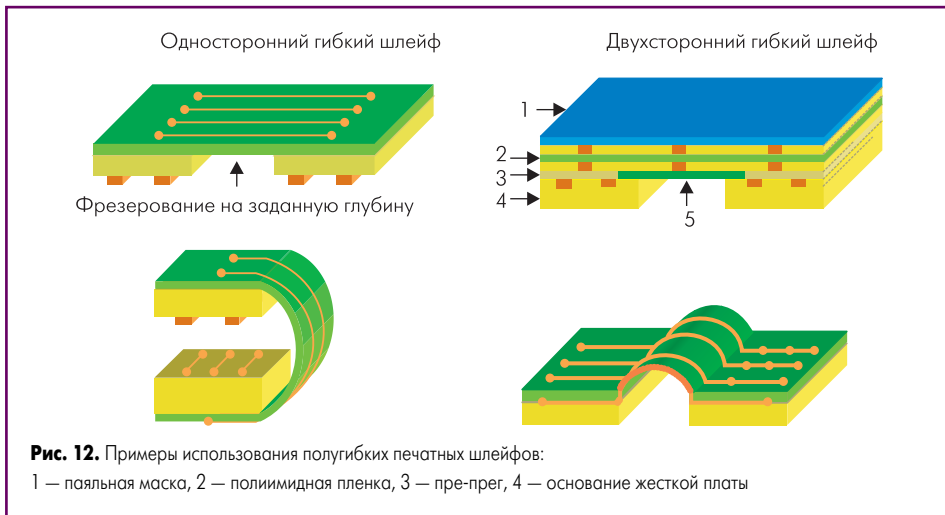
Поскольку лазерная обработка оснований печатных плат — это термическая возгонка (сублимация) органических материалов, образуется побочный продукт — углерод. Полиимиду это менее свойственно: края реза, как правило, чистые. Стеклоэпоксидные композиции грешат науглероживанием. Поэтому для них лазер целесообразно использовать только для обрезки контура.

Докладчик Джакомо Анжелони, представляющий итальянскую фирму Somacis PCB Industries, рассказал о возможностях лазеров в LDI-технологиях для формирования проводников шириной 50 мкм и сверления глухих отверстий диаметром 100 мкм в контактной площадке 250 мкм для обеспечения монтажа BGA-компонентов с шагом матрицы 0,5 мм.

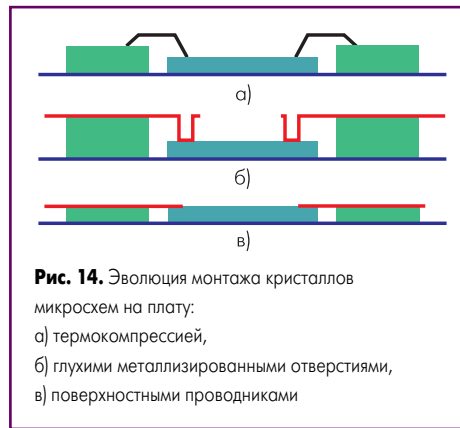
Фирма ISOLA (Германия) выпустила на рынок полугибкие материалы для плат-шлейфов. Они предназначены для изготовления гибко-жестких плат с числом перегибов не более 20 на радиусе 2 мм. Это по существу удовлетворяет требованиям сборки и наладки аппаратуры, когда гибкая часть не подвергается многократным перегибам. На рис. 12 схематично показаны конструкции гибко-жестких плат с полугибкими шлейфами.

Экология жилища и офисных помещений вынуждает отказаться от использования галогеносодержащих связующих (негорючих эпоксидных смол). Испарения галогенов (Brominated flame retardants, BFR) сказываются на здоровье человека. Альтернативой галогенам могут служить другие элементы, подавляющие горение (рис. 13) и не загрязняющие атмосферу. Важно научиться вво-

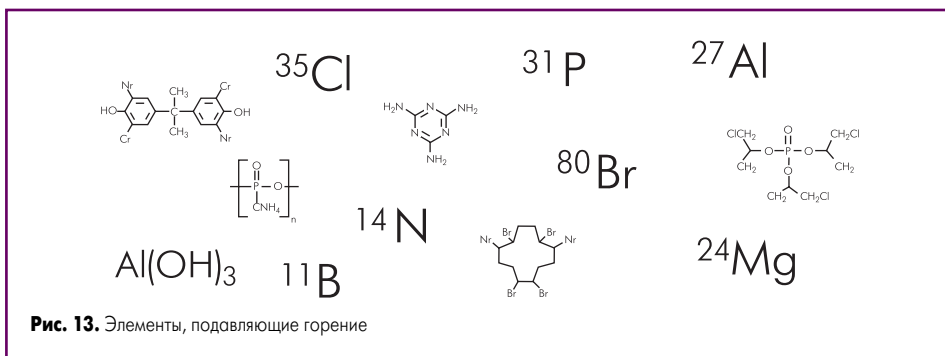




**Рис. 12.** Примеры использования полугибких печатных шлейфов:  
1 — паяльная маска, 2 — полиимидная пленка, 3 — пре-прег, 4 — основание жесткой платы



**Рис. 14.** Эволюция монтажа кристаллов микросхем на плату:  
а) термокомпрессией,  
б) глухими металлизированными отверстиями,  
в) поверхностными проводниками



**Рис. 13.** Элементы, подавляющие горение



**Рис. 15.** Один из стендов в фойе конференц-зала

дить их в полимерные цепи связующего, что, собственно, ISOLA и научилась делать.

В докладе Джером Де Бойсерот фирмы Clariant (Германия) приведены данные, подтверждающие пагубность использования BFR.

Заслуживает интереса отдельная тема — печать в структуру печатных плат пассивных элементов электрических схем: резисторов и конденсаторов. Отработанными приемами этой технологии удастся достичь точности воспроизведения величин сопротивлений и емкостей до 10%. Можно сказать, что эта технология достаточно распространена в производстве печатных плат для мобильных телефонов, цифровых камер, миникомпьютеров и т. д. Согласование линий связи в высокопроизводительных электронных устройствах осуществляется пленочными резисторами, размещаемыми под корпусом BGA. Но эта технология пошла дальше. В докладе Мартин Коттон (фирма Sanmina SCI, Великобритания) показаны приемы встраивания в платы кристаллов микросхем с обеспечением нужных межсоединений, сенсорных датчиков и т. п. (рис. 14).

В фойе конференц-зала проходили стендовые доклады, с которыми можно было познакомиться в перерывах заседаний (рис. 15).

Конференция проходила в духе доброжелательности и открытости. В кулуарах по большей части говорили о делах в тех подробностях, о которых не скажешь с трибуны. Каждый день работы конференции завершался товарищеским ужином в ресторане бизнес-центра Scandic. Здесь уместно было устанавливать личные контакты, а друзьям — делиться семейными новостями. Замечено, что главная тема дружеских разговоров — качест-

венное профессиональное образование детей, в том числе языковое. К моменту окончания школы дети из этой среды, как правило, говорят на трех-четырех европейских языках. Для упрощения освоения языка практикуют пребывание детей в разноязычных семьях по обмену. Можно было наблюдать соответствующие договоренности.

В начале июня в Стокгольме ночи белые, поэтому он был доступен для обозрения

почти круглосуточно. Времени для сна не хватало. Впечатлений много. Практика организации конференций EIPС в разных городах Европы позволяет их участникам увидеть много интересного за пределами деловой программы.

Работа ассоциации EIPС, как показали результаты этой и других конференций, может быть предметом для подражания при организации подобной российской ассоциации. ■



**Рис. 19.** Бизнес-центр Scandic, где проходила конференция EIP