

# САПР TороR

## Задание конструктивно-технологических ограничений

Сергей Лузин, Олег Полубасов (Санкт-Петербург)

Перед использованием автоматических процедур очень важно проверить правильность задания конструктивно-технологических ограничений. От этого зависит вся дальнейшая трассировка.


При ручном проектировании конструктор не всегда задаёт глобальные правила (ширину проводника, зазоры, размеры контактных площадок), осуществляя локальную корректировку параметров «по месту», тогда как автоматический трассировщик нуждается в задании правил. Если, например, проводник заданной ширины с заданным минимальным зазором не может пройти между контактами компонента, требуется найти другой путь. Автоматическое уменьшение ширины проводника при проходе в узком месте осуществляется, однако за это назначается «штраф». Оценка конкретной топологии складывается из различных штрафов, в том числе и за серьезные нарушения. Если различных штрафов много, сумма мелких штрафов может оказаться больше одного большого штрафа и вариант с реальной ошибкой может быть оценен как предпочтительный, т.е. спрогнозировать конечный результат довольно трудно.

Вывод: не следует задавать много правил для автотрассировщика; чем меньше правил, тем эффективнее выполняется трассировка.

Следует помнить, что класс точности печатной платы определяется не средним значением параметров топологии, а минимальными значениями в узком месте (часто единственном). Поэтому для автотрассировщика следует задавать именно минимальные значения. Необходимую корректировку можно осуществить при ручном редактировании, увеличив при необходимости ширину проводника «по месту».

Обратный вариант (завышенные значения параметров для автотрассировки с попыткой «расшивки» узких мест на этапе ручного редактирования) приведёт к проблемам как на этапе автотрассировки, так и на этапе редактирования.

В САПР TороR задание конструктивно-технологических ограничений осуществляется в редакторе «Стиля разработки»:

- кликните левой кнопкой мыши по пиктограмме  на панели инструментов. Это приведёт к вызову панели редактора стиля разработки (см. рис. 1);
- назначьте слои в пункте «Назначенные слои»;

- выберите трассировочные слои и их расположение (верхний/нижний) на плате в пункте «Слои трассировки»;
- определите контактные площадки в пункте «Контакты»;
- определите классы цепей и их параметры в пункте «Классы цепей»;
- определите классы компонентов и их параметры в пункте «Классы компонентов»;
- «Единицы измерения». Размеры можно задавать в миллиметрах (мм), сантиметрах (см), сантимиллиметрах (смм), микрометрах (мкм), дюймах, миллидюймах (мил); отметим, что запись в выходной файл осуществляется в исходных единицах измерения.

### ОПИСАНИЕ КОНТАКТНЫХ ПЛОЩАДОК

Система TороR поддерживает четыре формы контактных площадок: круг, овал, квадрат и прямоугольник. Полигональные контактные площадки пока не поддерживаются. Выход из положения: обычная контактная площадка плюс полигон в описании компонента.

Следует тщательно проверять автоматически сгенерированные форму и размеры контактных площадок и, если необходимо, корректировать их описание.

При вращении компонентов поворачиваются и контактные площадки. Каждый тип контактной площадки



Рис. 1. Панель редактора стиля разработки

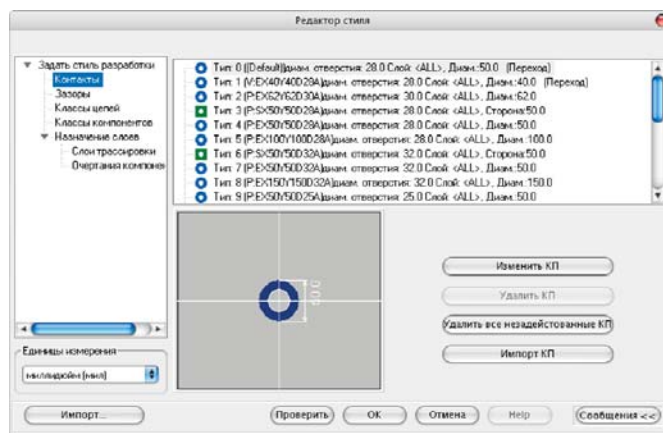


Рис. 2. Описание контактов

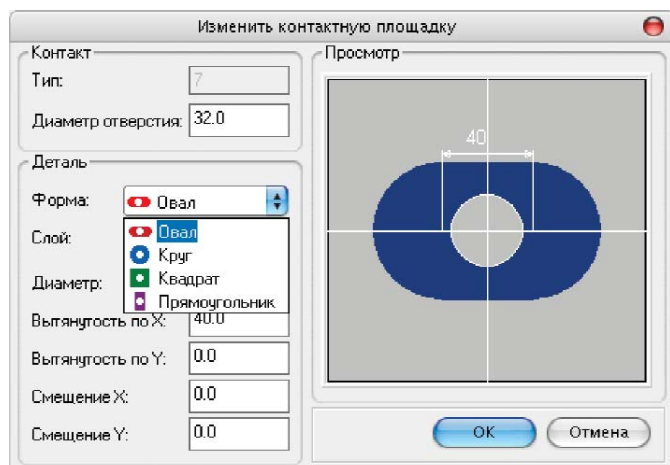


Рис. 3. Выбор формы контактной площадки

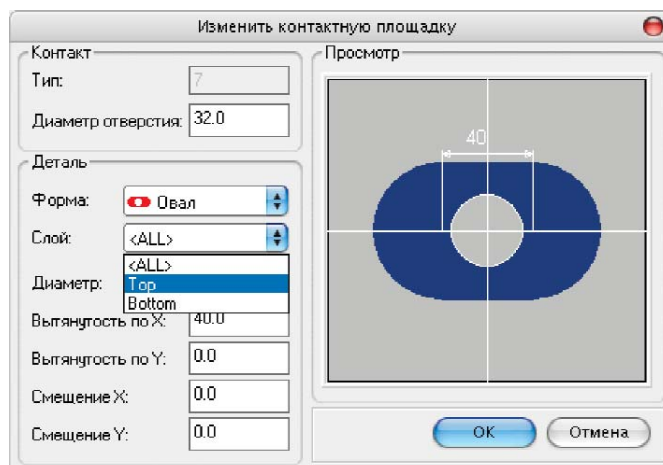


Рис. 4. Выбор слоя для контактной площадки

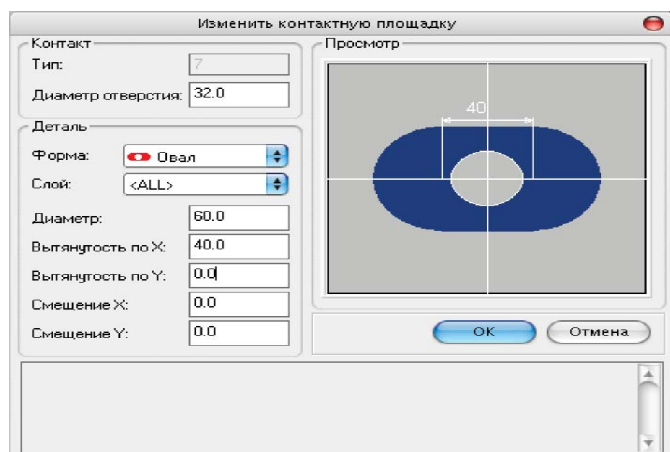


Рис. 5. Задание размеров контактной площадки

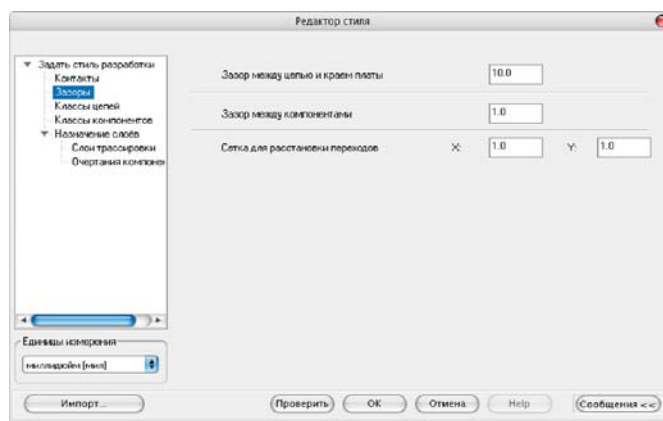


Рис. 6. Задание зазоров и сетки для расстановки межслойных переходов

должен определять либо штыревой, либо планарный контакт. Компонент может иметь одновременно и планарные, и штыревые контакты (см. рис. 2).

Овал – фигура, полученная перемещением круга вдоль линии в некотором направлении. Задаётся диаметр (ширина контакта), «вытягивание» по осям X и Y, а также сдвиг центра контакта относительно точки привязки по осям X и Y.

Наклон и длина овала задаются параметром «Вытянутость», причём овал может быть ориентирован не только горизонтально или вертикально, но и в произвольном направлении (определяется соотношением «вытянутостей» по осям X и Y). Необходимо, чтобы центр контакта лежал на оси овала (см. рис. 3 – 5).

Если невозможно выбрать правильную ориентацию (из-за противоречивости использования этого типа контактной площадки одним или несколькими компонентами), то необходимо при помощи внешнего редактора изменить тип контактов у компонента или библиотечного элемента в исходном задании.

Щелчок мыши на опции «Зазоры» вызывает панель, в которой задаются значения зазоров и шаг сетки для установки переходных отверстий (см. рис. 6).

Для установки переходных отверстий задаётся специальная сетка. Как правило, эта сетка применяется для облегчения корректировки топологии печатного монтажа вручную, а также для совместимости с используемым технологическим оборудованием. Система TороR не нуждается в сетках; большие значения шага сетки только затрудняют работу программы, поэтому не задавайте сетки крупнее, чем необходимо.

### ЗАДАНИЕ ПРАВИЛ ТРАССИРОВКИ, ЗАЗОРОВ И ПЕРЕХОДНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Проводники и зазоры описываются в разделе «Классы цепей». Общими для всех цепей параметрами являются: минимально допустимый зазор между краем проводника и краем платы, шаг сеток установки ветвлений и переходных отверстий. Конструктор должен описать правила трассировки цепей и разбить цепи на классы.

### Определение правил трассировки цепей

Правила трассировки цепей, а именно ширина, минимальный и желаемый зазоры, типы переходного отверстия, задаются таблицей (см. рис. 7).

Для каждого правила устанавливается:

- номинальная ширина проводника;
- минимально допустимый зазор;
- желательный зазор;
- тип автоматически устанавливаемых переходных отверстий (все переходы – сквозные).

Во время трассировки система TороR будет «пытаться» выдерживать заданную ширину проводников и желательные зазоры между проводниками. Если не удастся выдержать желательный зазор, система будет уменьшать его, вплоть до минимального. Если не существует возможности провести трассу указанной ширины, TороR уменьшит её, взяв следующее меньшее значение из таблицы (см. рис. 8). Кроме того, система уменьшает ширину проводника, если он подходит к контакту, имеюще-

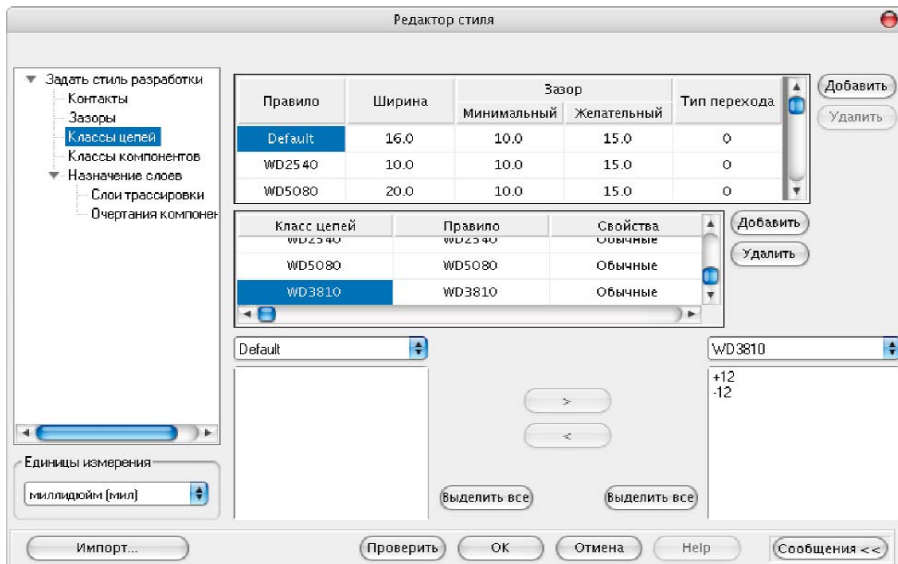


Рис. 7. Задание правил трассировки цепей

му меньшую ширину (или диаметр контакта меньше ширины проводника).

Узкие места индицируются в процессе трассировки и затем могут быть ликвидированы с помощью перемещения компонентов.

Для каждого правила может быть задан свой тип переходного отверстия. Это необходимо для того, чтобы для широких цепей была возможность задавать переходы больших размеров, чем для остальных цепей.

Добавить новое правило можно, нажав кнопку «Добавить». При этом появится строка, дублирующая активную строку из таблицы, за исключением названия правила. В ячейке названия правила появится наименое

вание *Rule* с порядковым номером. При необходимости содержание любой строки таблицы может быть отредактировано.

Удаление выделенного правила осуществляется нажатием кнопки «Удалить».

**Классы цепей**

В системе ТороR все цепи группируются в классы, трассируемые по разным правилам. Цепи, не указанные в других классах, составляют класс *DEFAULT* (по умолчанию).

Добавление нового класса осуществляется нажатием кнопки «Добавить». Удаление выделенного класса осуществляется нажатием кнопки «Удалить».

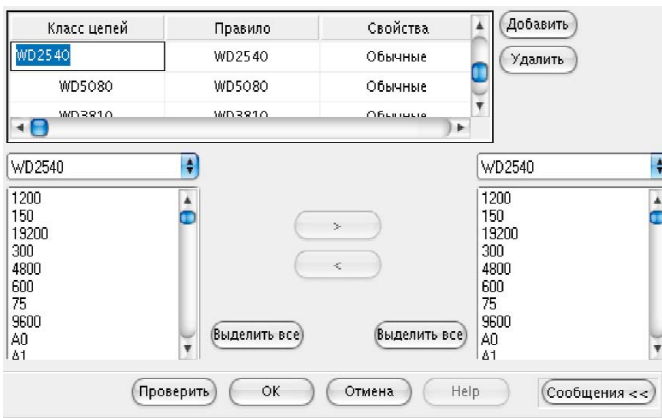


Рис. 9. Формирование классов цепей

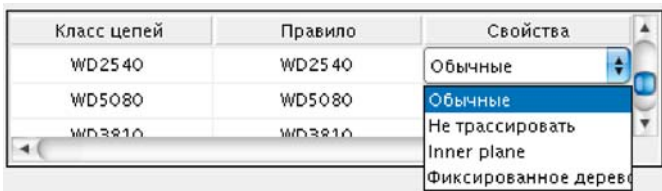


Рис. 10. Выбор свойств цепи

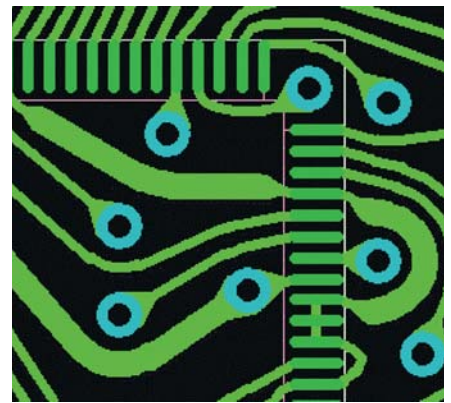


Рис. 8. Изменение ширины проводника при подходе к ламели

Для облегчения формирования списков цепей классов предусмотрена возможность переноса цепей из одного списка в другой. Нажатием кнопки > осуществляется перенос выделенных цепей из левого списка в правый, а нажатием кнопки < осуществляется перенос выделенных цепей из правого списка в левый (см. рис. 9).

Каждому классу цепей назначается правило трассировки и свойства (см. рис. 10):

- обычная трассировка;
- не трассируется;
- *Inner plane* – не трассируется, но рядом с планарными контактами цепи ставятся соединённые с контактом переходные отверстия для коммутации с трассами на внутренних слоях (например, земля и питание);
- фиксированное дерево – трассируется, но если в цепи есть контакты,

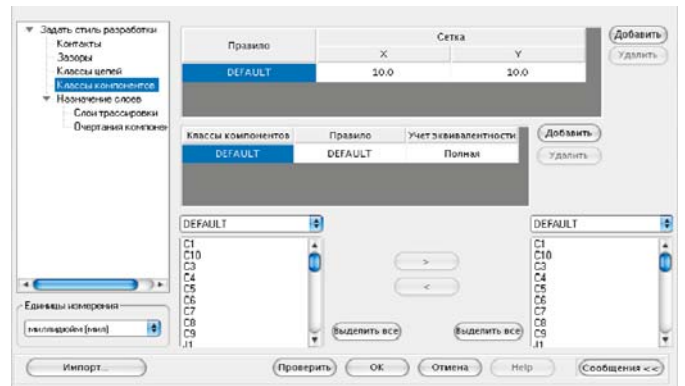


Рис. 11. Задание классов компонентов

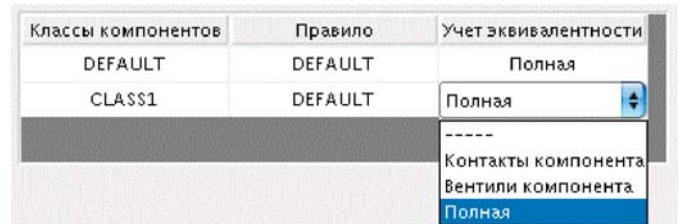


Рис. 12. Задание эквивалентности контактов компонентов

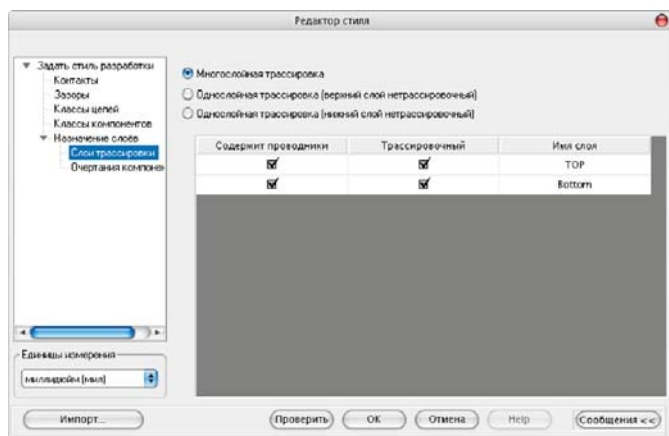


Рис. 13. Задание слоёв трассировки

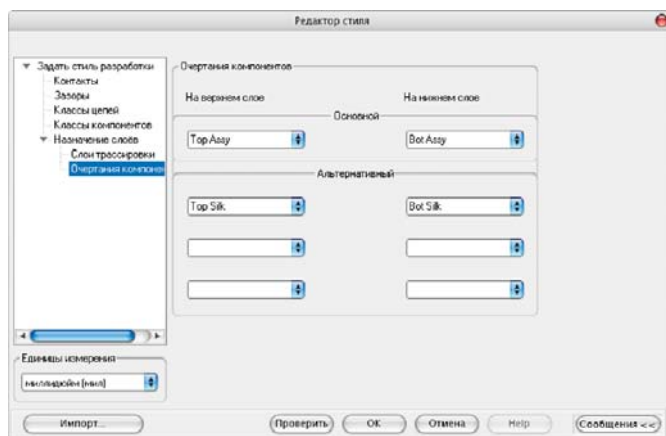


Рис. 14. Задание слоёв с очертаниями компонентов

заранее соединённые проводниками, то порядок соединений будет сохраняться; например, можно «привязать» конденсаторы развязки к определённым элементам или задать порядок соединения контактов в критичной цепи.

**Описание правил установки компонентов**

Система TороR обладает способностью перемещать (передвигать) элементы в некоторых пределах, сохраняя целостность цепей и соблюдая необходимые зазоры. Следовательно, должны быть заданы правила перемещения, а в исходном задании описаны реальные очертания компонентов.

Так же, как и цепи, компоненты могут быть сгруппированы в классы (см. рис. 11). Для каждого класса задаётся шаг сетки по X и по Y. Эти параметры используются в процессе автоматического или ручного перемещения компонентов. Кроме того, задаётся общий для всех компонентов параметр – минимально допустимый зазор между очертаниями компонентов, расположенных на одной и той же стороне платы.

Добавление и удаление правил установки и классов компонентов осуществляется нажатием кнопок «Добавить» и «Удалить» соответственно в разделе правил или классов. Формирование классов компонентов осуществляется аналогично формированию классов цепей.

**Функциональная эквивалентность**

Система TороR включает средства, позволяющие осуществить переключение цепей, подходящих к функционально эквивалентным контактам одного уровня (см. рис. 12):

- контакты компонента – использовать только эквивалентность контактов внутри одного и того же вентили;
- вентили компонента – использовать эквивалентность вентилях внутри одного и того же компонента;
- полная функциональная эквивалентность – использовать все возможные перестановки вентилях между компонентами.

**Назначение слоёв**

Система TороR имеет дело с физическими плоскостями: плоскостями металлизации для разводки цепей, а также одной или двумя плоскостями для установки компонентов (с двух сторон платы).

В разделе «Назначение слоёв» определяется отображение логических слоёв на плоскости. TороR не делает никаких предположений относительно названий слоёв; никакие названия не зарезервированы.

Допускаются названия длиной от 1 до 31 знаков; пустые названия запрещены. Если в описании библиотечного элемента используется слой, указанный как основной слой описания очертаний, применяется только этот слой. В противном случае применяются альтернативные слои.

В разделе «Назначение слоёв» имеются два подраздела:

- «Слои трассировки»;
- «Очертания компонентов».

Щелчок левой кнопки мыши на названии подраздела приводит к вызову соответствующей панели.

**Слои трассировки**

Панель «Слои трассировки» содержит таблицу слоёв трассировки. В ней приводится название слоя, а также указывается («птичкой» в квадрате

соответствующего столбца), содержит ли данный слой проводники и используется ли он для трассировки (см. рис. 13).

Переключатель в верхней части панели позволяет выбирать между многослойной трассировкой и двумя видами однослойной трассировки.

Выбор положения «верхний слой нетрассировочный» предназначен для однослойной трассировки плат со штыревыми компонентами, когда металлизирован нижний слой, а перемычки размещаются на стороне компонентов.

Выбор положения «нижний слой нетрассировочный» предназначен для однослойной трассировки плат с планарными компонентами, когда металлизирован верхний слой, а перемычки размещаются на нижней стороне платы.

При однослойной трассировке рекомендуется отключать «Строгий контроль» (Strict Check), а также использовать автоматическое перемещение компонентов в режиме «Редактирование в стиле FreeStyle». Система TороR эффективно минимизирует количество перемычек и их длину.

**Очертания компонентов**

В разделе «Очертания компонентов» указываются названия логических слоёв, на которых размещена информация об очертании компонентов на верхней и нижней сторонах платы: два основных слоя плюс альтернативные слои. Если в описании библиотечного элемента используется слой, указанный основным слоем описания очертаний, применяется только этот слой (см. рис. 14). В противном случае применяются альтернативные слои.



### Осторожно: канцерогенные нанотрубки!

Пока российская общественность обсуждает потенциальный вред для здоровья от нанопорошка диоксида кремния, разосланного коллегам новосибирским учёным Сергеем Бардахановым (по последним данным, вроде бы порошок безвреден, хотя сам Бардаханов высказывает определённые сомнения в его безопасности, в частности, после смерти замдиректора московского Института кристаллографии РАН Светланы Желудевой), из-за рубежа приходят сообщения о подтверждённой токсичности некоторых новых перспективных наноматериалов.

По сообщению авторитетного издания Nature Nanotechnology, учёные из сообщества Project on Emerging Nanotechnologies имеют веские основания полагать, что вдыхание некоторых типов образцов нанотрубок может привести к быстрому развитию мезотелиомы (mesothelioma), разновидности рака лёгких. Риск возникновения мезотелиомы при взаимодействии с наноматериалами был подтверждён лабораторными наблюдениями за состоянием подопытной мыши, длительное время вдыхавшей воздух с повышенным содержанием углеродных нанотрубок. Участник экспериментов профессор Эдинбургского университета Кеннет Дональдсон (Kenneth Donaldson) подчеркнул, что такой же тип ракового заболевания характерен для больных, длительное время вдыхавших асбест.

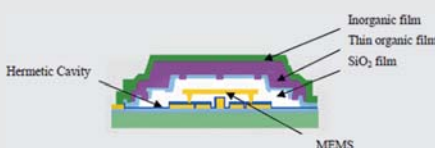
Похоже, в наше время исследователи свойств новых наноструктур рискуют своим здоровьем не меньше, чем в своё время супруги Кюри, исследовавшие радиоактивность. Конечным потребителям наноизделий вряд ли придётся беспокоиться о вреде для здоровья, поскольку сейчас в большинстве стран уже приняты жёсткие меры по биологической сертификации новой продукции. Зато учёным-исследователям предстоит потратить немало дополнительных миллионов на собственную безопасность.

Кстати, по имеющейся на данный момент информации, потенциально опасными для здоровья человека сейчас считаются прямые тонкие углеродные нанотрубки, в то время как короткие и изогнутые варианты считаются безвредными. Похоже, пришла пора всерьёз обсуждать положения новой научной дисциплины – биологической наносертификации.

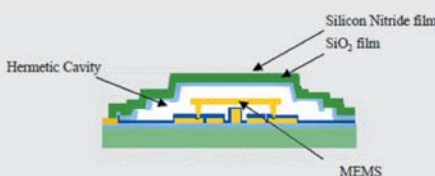
Nature Nanotechnology

### Toshiba разработала технологию упаковки MEMS толщиной 0,8 мм

Toshiba представила две оптимизированные технологии полупроводниковых пакетов для микроэлектромеханических систем (MEMS), которые позволяют достичь значительного сокращения их стоимости. Первая технология включает герметизацию при нормальном давлении, вторая имеет более жёсткую структуру для применения вакуумной упаковки. Эти технологии могут применяться в подложках и использоваться для создания оболочки мультичиповых MEMS с контролирующей ИМС толщиной всего 0,8 мм, одной из самых тонких.



Снижение стоимости и повышение производительности являются основными целями развития MEMS. Вакуумная упаковка используется в высокоскоростных устройствах, таких как переключатели и гироскопы, но имеются некоторые проблемы, включая переходные процессы. Для приложений, не требующих высокой скорости, например мобильных телефонов, может применяться герметизация при нормальных условиях.



При герметизации в нормальных атмосферных условиях герметичная полость сформирована из полимерного жертвенного слоя с плёнкой оксида кремния. Травление полости в жертвенном слое происходит через отверстия в плёнке, которые затем покрывают полимерной крышкой. Эффективность травления повышена путём увеличения отверстий в оксидной плёнке, однако это повышает опасность попадания полимера в полость. Для ликвидации этого недостатка были доработаны размеры и форма отверстий. В отличие от предыдущих образцов, применение которых в MEMS было ограничено неводостойкостью материалов, в этой разработке использован устойчивый к воде материал на основе продуктов химического осаждения паров гибридной структуры органических и неорганических плёнок.

При вакуумной герметизации повышенное напряжение может привести к порче чипа. Для предотвращения подобных случаев применена гофрированная структура. В дополнение к этому, переход от круглых отверстий для травления к эллиптическим уменьшил напряжение и риск разрушения плёнки в процессе травления. Разделение более толстого слоя, устойчивого к повышенному воздействию, усложнило процесс многократной упаковки ячеек.

3dnews

### Топ-10 игроков рынка MEMS в 2007 г.

В отчётах многих аналитических компаний отмечаются высокие темпы роста рынка микроэлектромеханических устройств (MEMS). Недавно свой голос к этому стройному хору присоединила Yole Developpement, предметом исследования которой стала динамика развития основных игроков в данном сегменте. Отмечается, что в 2007 г. число компаний, имеющих MEMS-производства и предлагающих соответствующую продукцию, пополнилось несколькими новыми участниками, включая Texas Instruments и Taiwan Semiconductor Manufacturing, и насчитывает теперь 23 предприятия. Хотя в некоторых компаниях в 2008 г. объём производства может даже сокращаться, но в целом по отрасли аналитики прогнозируют 25...30% рост в текущем году.

Первое место по объёму выпуска MEMS-продукции по итогам 2007 г. по-прежнему уверенно удерживает STMicroelectronics, чей доход в этом сегменте составил 220 млн. долл. (по сравнению с 206 млн. долл. в 2006 г.). На втором и третьем месте – новички рейтинга, компании TI и Sanyo, с объёмом доходов 80 и 50 млн. долл. соответственно. Эти две компании вовлечены в MEMS-производство уже в течение нескольких лет, но их активность стала заметна только в прошлом году, – отмечают аналитики.

Далее следует компания Silex, стремительная динамика роста доходов которой (26,3 млн. в 2007 г. против 13,1 млн. в 2006 г.) позволила «прыгнуть» за год с десятого места в рейтинге сразу на четвёртое. Напротив, со второго на пятое место «сползла» IMT с объёмом продаж 23 млн. долл. Завершают топ-10 компании Micralyne, Sony, Daisa Semiconductor, ELMOS-SMI и MEMStech.

3dnews