

# Соединители CIN::APSE: решение проблемы миниатюризации соединений

*«Наша миссия — всегда предугадывать ожидания заказчиков и непрерывно создавать инновационные решения для быстро изменяющихся потребностей рынка»*

Девиз компании Cinch

Малоизвестная в нашей стране компания Cinch является достаточно крупным интернациональным производителем широкого спектра высоконадежных соединителей, кабельных сборок и соединительных устройств. Компания (около 2000 работников) имеет производственные мощности в США, Великобритании, Франции, Мексике, Индии, Китае и, кроме того, активно сотрудничает с компаниями Южной Америки и Азии. Продукция Cinch находит широкое применение в военной технике, системах телекоммуникации и связи, в микропроцессорах, медицинской аппаратуре, охранных системах и др.

В статье описаны соединители (контакты) CIN::APSE, являющиеся оригинальным решением проблемы соединений в современных миниатюризованных изделиях микроэлектроники СВЧ с плотной компоновкой.

Кива ДЖУРИНСКИЙ,  
к. т. н.  
kbd.istok@mail.ru

## Конструкция контактов CIN::APSE

Миниатюризация современных полупроводниковых устройств, расширение их функциональных возможностей, повышение плотности монтажа потребовали значительного увеличения количества выводов и сокращения шага между ними. При этом предъявляются высокие требования к надежности контактов, так как нарушение хотя бы одного из них приводит к выходу из строя всего устройства. Эта проблема стала особенно актуальной в связи с созданием корпусов LGA (Land Grid Array) микросхем процессоров с квадратной матрицей контактных площадок для разъемов [1–5] (рис. 1).

Впервые корпус LGA с 775 контактами был применен в 2004 г. компанией Intel для процессора Pentium 4. В работе [2] показан керамический корпус, в котором смонтированы 1156 плоских контактов (34 ряда по 34 кон-

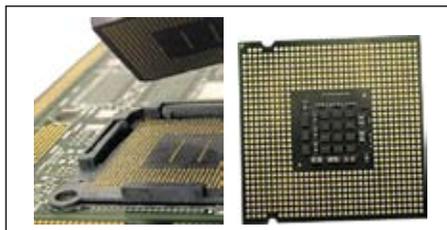


Рис. 1. Корпуса LGA [1]

такта в каждом ряду) диаметром 1 мм с шагом между ними 1,27 мм. При шаге контактов 1 мм для модуля площадью 42,5 мм<sup>2</sup> можно обеспечить 1681 контактов [5].

Основные требования к таким контактам — минимально возможные усилия контактирования, контактное сопротивление, электрическая емкость и индуктивность, требуемые токовая нагрузка и величина выступления контакта над платой, шаг расположения контактов, пропускание без искажения высокочастотных сигналов, высокая надежность и приемлемая стоимость.

Применение многовыводных корпусов LGA значительно усложняет технологию поверхностного монтажа и пайки. Поэтому были проведены работы по созданию миниатюрных контактов без штыревого центрального проводника, не требующих пайки на плату, а соединяемых с нею запрессовыванием.

В настоящее время известны несколько типов миниатюрных контактов, устанавливаемых в печатные платы без применения пайки [2]:

- Полимерные контакты, наполненные металлическими частицами или металлическими проволочками. Полимерные контакты обеспечивают электрическую проводимость за счет контактирующих между собой частиц металла в полимерной матрице. Концентрация частиц должна быть 80–90%.

- Штампованные металлические пружинки.
- Кнопочные контакты из витой проволоки. Контакты первых двух типов рассмотрены в работах [2–5].

Компания Cinch разработала оригинальную технологию изготовления проволочных кнопочных контактов CIN::APSE и их запрессовывания в печатные платы. Проволочный контакт изготавливают цилиндрической формы диаметром 0,5 мм из произвольно скрученных тонких, покрытых золотом проволочек диаметром 25 мкм. Конструкция проволочного контакта CIN::APSE показана на рис. 2.

Для выбора оптимального материала проволочек были исследованы бериллиевая бронза, сплав CDA 174, сплав 729 (медь–никель–олово) и молибден [3]. В результате был выбран молибден, так как он имеет наилучшие пружинящие свойства при



Рис. 2. а) Контакт CIN::APSE; б) поверхность контактирования [1]

высоких температурах. При прижатии таких контактов друг к другу в области контактирования возникает множество точек соприкосновения. Контактное сопротивление зависит от усилия прижатия двух контактов. Сопротивление менее 70 мОм достигается уже при усилии менее 14,5 г на один контакт. Однако для потребителей с целью обеспечения надежности контактов рекомендуется величина усилия 57 г.

Компания Cinch разработала следующие конфигурации миниатюрных проволочных контактов:

- Собственно контакт (рис. 3а) обеспечивает соприкосновение во многих точках. Он хорошо подходит для применений, требующих высокую скорость соединения и высокую плотность расположения контактов (малый шаг между ними). Контакты выпускают диаметром 0,5 и 1 мм. Первые можно располагать на плате с шагом 1 мм, вторые — с шагом 1,78 мм. Усилие сжатия при соединении контактов зависит от их количества на плате и ее геометрии. Для контактов диаметром 0,5 и 1 мм типичные величины усилия сжатия соответственно 71 и 113 г.
- Сочетание контакта с плунжером (рис. 3б) повышает износостойкость контактов и позволяет увеличить расстояние между соединяемыми платами. Плунжер изготавливают из латуни или медного сплава и покрывают золотом. Контакты с плунжером допустимо располагать на плате с шагом 1,27 мм, усилие сжатия 71 г.
- Сочетание контакта с двумя плунжерами (рис. 3в). Введение второго плунжера позволяет еще больше увеличить расстояние между параллельными платами (до 25,4 мм) и максимально повысить износостойкость контактов. Контакты с двумя плунжерами располагают на плате с шагом 1,27 мм, усилие сжатия 71 г.
- Сочетание двух контактов со спейсером (рис. 3г) имеет все преимущества одиночного контакта и позволяет увеличить расстояние между соединяемыми платами до 25,4 мм, обеспечивая при этом надежное контактирование при вибрационных и ударных нагрузках. Спейсер изготавливают из латуни или медного сплава и покрывают золотом.

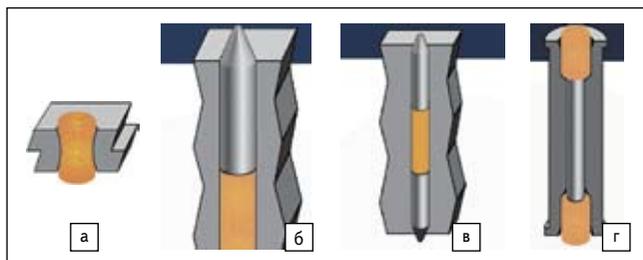


Рис. 3. Конфигурации контактов CIN::APSE:

а) собственно контакт; б) контакт с одним плунжером; в) контакт с двумя плунжерами; г) два контакта со спейсером между ними

Таблица 1. Основные характеристики контактов CIN::APSE

Параметры	Контакт Ø0,5 мм				Контакт Ø1 мм
	Отдельный контакт	Контакт–плунжер	Плунжер–контакт–плунжер	Контакт–спейсер–контакт	Отдельный контакт
Контактное сопротивление, мОм, менее	15	35	50	45	5
Индуктивность, нГн, менее	0,5	0,5	2	1	1
Допустимый ток, А	3–6	1–3	1–3	1–3	5–10
Предельная рабочая частота, ГГц, более	20				
Сопротивление изоляции, МОм, более	1000				
Напряжение пробоя, В (на уровне моря)	500				
Допустимое количество циклов соединения/рассоединения, более	25 000				
Вибрация, не приводящая к рассоединению контактов	Частота 10–2000 Гц, ускорение 20g				
Удары, не приводящие к рассоединению контактов	Ускорение 100g, время действия 6 мс				
Повышенная температура	+200 °С, более 1000 ч				
Пониженная температура	–200 °С				
Термоциклы	–55...+85 °С, 100 циклов –20...+110 °С, 2000 циклов 0...+100 °С, 3000 циклов				
Допустимая температура, не приводящая к изменению контактного сопротивления более чем на 5 мОм	+170 °С в течение 5000 ч				
Повышенная влажность	85% при температуре +25...+85 °С, 500 ч				

Применение контактов, плунжеров и спейсеров разных размеров позволяет создавать разнообразные конфигурации соединений плат в зависимости от требований к ним и от осевого расстояния между контактами.

При создании многовыводных плат LGA исключительно важно надежно запрессовать каждый одиночный контакт в изоляционное основание платы. Для этого диаметр отверстия в плате должен быть меньше диаметра контакта. Пружинящий контакт прочно удерживается в отверстии за счет радиального сжатия. Выступление контакта над поверхностью платы 0,2 мм. Основание платы изготавливают из жидкокристаллического полимера (Liquid Crystal Polymer, LCP), Ultem, Torlon. Компания Cinch запатентовала конструкцию отверстий в форме песочных часов. Технологию изготовления многовыводной платы с контактами CIN::APSE иллюстрирует рис. 4 [1].

Так как таких контактов в плате может быть нескольких тысяч, необходим строгий контроль геометрии каждой собранной платы LGA. Неплоскостность поверхности платы должна быть менее 0,08 мм.

### Основные характеристики контактов CIN::APSE

При первом знакомстве с контактами CIN::APSE возникают вопросы о возможно-

сти их низкочастотного и, тем более, высокочастотного применения:

- как зависит величина контактного сопротивления от усилия контактирования;
- как поведут себя такие контакты при воздействиях температур и повышенной влажности, при вибрационных и ударных нагрузках;
- какое количество сочленений и расчленений допустимо для плат с такими контактами;
- какова предельная частота применения контактов и каковы прямые потери в них в зависимости от частоты?

Был проведен ряд исследований [1–4], результаты которых дают ответ на эти вопросы (табл. 1).

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что технология CIN::APSE может обеспечить оптимальное решение соединения плат и отдельных компонентов: высокую плотность компоновки при малых размерах соединений, малую индуктивность, возможность передавать сигналы с высокой скоростью, высокую надежность соединений, работоспособность в жестких условиях воздействия внешней окружающей среды.

На рис. 5 представлена зависимость усилия контактирования и контактного сопротивления от расстояния между соединенными платами.

Представляет интерес применение контактов CIN::APSE на сверхвысоких частотах (СВЧ).

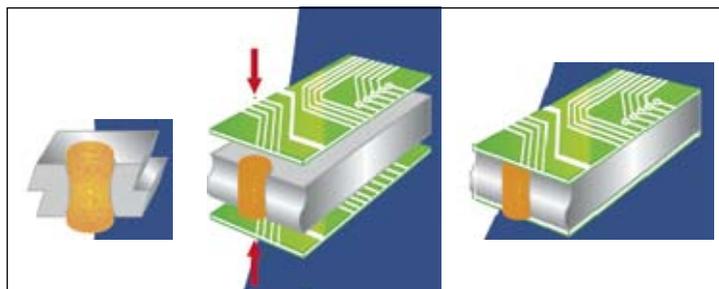


Рис. 4. Последовательность операций изготовления многовыводной платы с контактами CIN::APSE

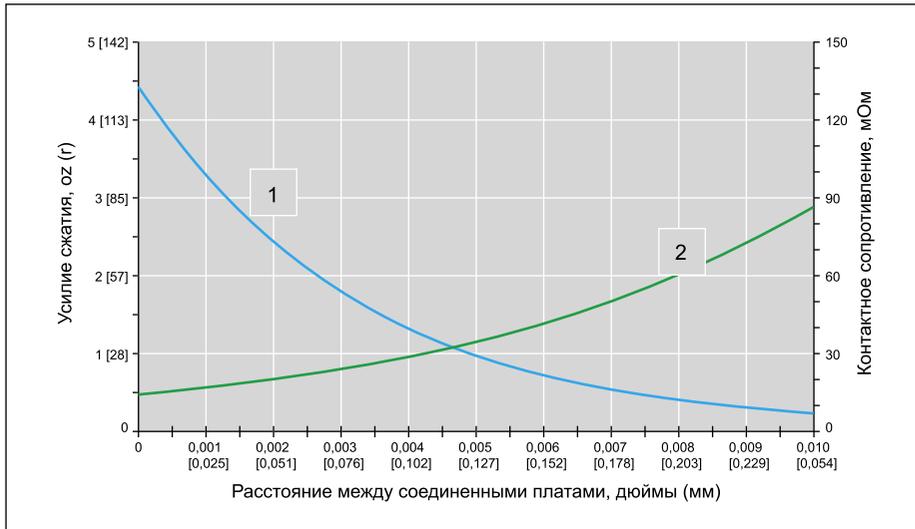


Рис. 5. Типичная зависимость усилия сжатия контактов диаметром 0,5 мм, заделанных в изоляторы толщиной 0,81 мм (1), и их контактного сопротивления (2) от расстояния между соединенными платами

Таблица 2. Величина прямых потерь в контактах CIN::APSE

Конфигурация контактов	Параметр $S_{21}$ (потери), дБ, на частотах, ГГц				
	10	20	30	40	50
Плунжер—контакт—плунжер	0,15	0,27	1,86	1,15	1,28
Контакт—спейсер—контакт	0,71	0,62	0,62	0,75	4,1
Отдельный контакт в изоляционной плате из LCP толщиной 1 мм	0,1	0,2	0,22	0,03	0,6
Отдельный контакт в изоляционной плате из фторопласта	0,053	0,087	0,133	0,11	0,133

## Применение контактов CIN::APSE

Начиная с 1990 г. были поставлены потребителям более 3 миллиардов контактов CIN::APSE и значительное количество плат LGA более 50 конфигураций на их основе [1].

Контакты CIN::APSE применяют для соединения между собой плат и для установки компонентов на платы, поверхность которых покрыта золотом по подслою никеля. Количество контактов на плате может быть от 1 до 7000. Стандартный шаг — не менее 1 мм. В последнее время были разработаны многovyводные платы с шагом контактов 0,8 мм. Это позволило существенно уменьшить размеры плат (рис. 8).

Высокая скорость передачи сигналов, компактность плат, удобство монтажа без применения процесса пайки и надежность обеспечили применение плат LGA и других многovyводных плат в компьютерах, в системах телекоммуникации, в системах военного и аэрокосмического назначения (рис. 9).

Контакты CIN::APSE применяют в спутниковых антеннах, радарх, в фазированных антенных решетках, в системах управления самолетов F-15, F/A-18 и вертолетов, в навигационных системах и в бортовых компьютерах. Кроме того, их используют для соединения гибких и стандартных печатных плат между собой. Достижимая высота соединения всего 0,8 мм. При этом

Измерения параметров контактов на СВЧ были проведены известной лабораторией GigaTest Labs на образцах плат LGA компании Cinch [6]. Достоверное определение параметров контактов различных конфигураций требует прецизионной методики измерений. Измерения были проведены при помощи анализатора ТЕК 50 GHz 80E10 Tx/Rx с использованием калибровочного набора N4694-60003 фирмы Agilent для диапазона частот от 10 МГц до 67 ГГц (рис. 6).

Были исследованы следующие конфигурации контактов: плунжер—контакт—плунжер, контакт—спейсер—контакт, отдельные контакты в изоляционной плате толщиной 1 мм из LCP и фторопласта (Teflon). Сводные данные по измерению прямых потерь приведены в таблице 2 [6].

Некоторые сомнения вызывает резкое уменьшение величины потерь на частоте 40 ГГц для конфигураций плунжер—контакт—плунжер и отдельный контакт в изоляционной плате из LCP толщиной 1 мм. Привычнее считать, что потери возрастают пропорционально корню квадратному из частоты. По-видимому, это как-то связано с самой методикой измерения, но в работе [6] это не ком-

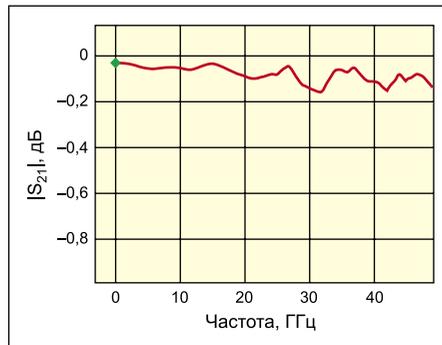


Рис. 7. Прямые потери отдельных контактов в изоляционной плате из фторопласта

ментируется. Как видно из таблицы 2, для контактов CIN::APSE можно условно выделить три области частот: высокие (до 30 ГГц), очень высокие (30–40 ГГц) и ультравысокие (40–50 ГГц). Наилучшие результаты получены для отдельных контактов в изоляционной плате из фторопласта (рис. 7). Потери в таких контактах не превышают 0,2 дБ во всем диапазоне частот. Компания Cinch гарантирует предельную рабочую частоту 20 ГГц (табл. 1).

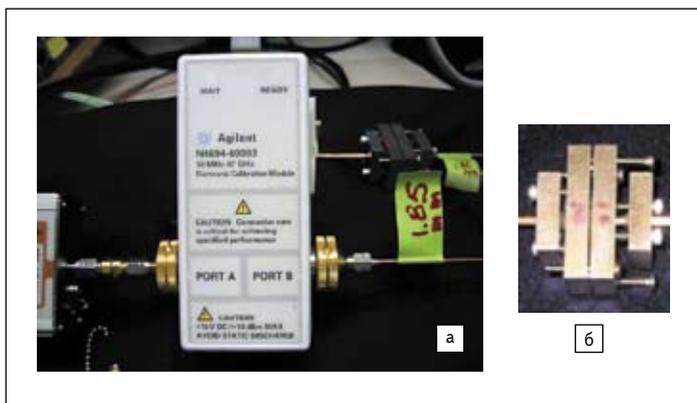


Рис. 6. а) Узел калибровки анализатора; б) внешний вид тестируемых образцов

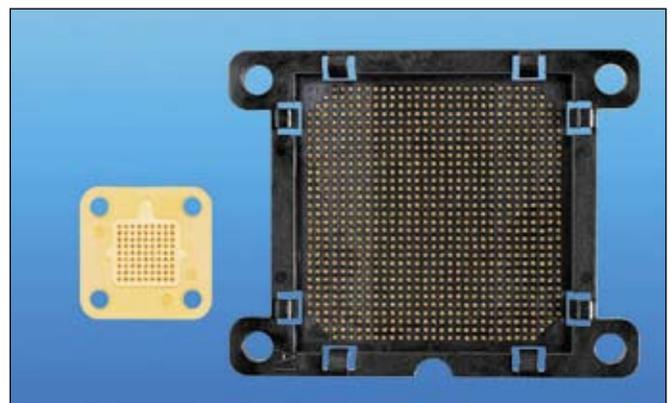


Рис. 8. Многovyводные платы с шагом контактов 1 мм (справа) и 0,8 мм (слева)



Рис. 9. Многовыводные платы с контактами CIN::APSE: а) для компьютеров; б) систем телекоммуникации; в) военного назначения

отпадают трудности, обусловленные необходимостью низкотемпературной пайки и, как считает компания Cinch, значительно уменьшается стоимость плат и их монтажа в устройства.

### Заключение

Вопросы контактирования имеют важнейшее значение при создании систем военного и гражданского назначения. Рассмотренные в данной статье контакты CIN::APSE могут

найти применение в отечественных разработках АФАР, радаров, систем телекоммуникации. ■

### Литература

1. [www.cinch.com](http://www.cinch.com)
2. Dirk D. Brown, Sangjin Hong, Zhineng Fan, John D. Williams and Che-Yu Li (HCD, Inc.) An Adaptable, High Performance LGA Connector Technology. Electronic Components and Technology Conference. 2002.
3. Guarin F. J., Katsetos A. A. Solderless High Density Interconnects For Burn-In Applications. IBM General Technology Division.
4. Almquist F. Button contacts for liquid nitrogen Applications. Electronic Components and Technology Conference. 1989.
5. Corbin J. S., Ramirez C. N., Massey D. E. Land grid array sockets for server applications. IBM J. RES. & DEV. Vol. 46. №. 6. 2002.
6. GigaTest Labs. Cinch 1 mm Pitch Cinch::APSE LGA Socket. Electrical Characterization. Final Report. August, 2001.