



КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ FLIP-CHIP МОНТАЖА КРИСТАЛЛОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЫСОКОИНТЕГРИРОВАННЫХ 2,5D И 3D МИКРОСБОРОК

DESIGN AND TECHNOLOGICAL PECULIARITIES OF FLIP-CHIP MOUNTING IN THE PRODUCTION OF HIGHLY INTEGRATED 2.5D AND 3D MICROASSEMBLIES

УДК 621.3.049.76

СИДОРЕНКО ВИТАЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ¹
vitaly@microsborka.ru

ВЕРТЯНОВ ДЕНИС ВАСИЛЬЕВИЧ^{1,2}
vdv.vertyanov@gmail.com

ДОЛГОВЫХ ЮРИЙ ГЕННАДЬЕВИЧ²
wise85@bk.ru

КОВАЛЕВ АНАТОЛИЙ АНДРЕЕВИЧ¹

ЗМЕЕВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ¹
svz@microsborka.ru

ТИМОШЕНКОВ СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ²
spt@miee.ru

SIDORENKO VITALIY N.¹
vitaly@microsborka.ru

VERTYANOV DENIS V.^{1,2}
vdv.vertyanov@gmail.com

DOLGOVYKH YURIY G.²
wise85@bk.ru

KOVALEV ANATOLIY A.¹

ZMEEV SERGEY V.¹
svz@microsborka.ru

TIMOSHENKOV SERGEY P.²
spt@miee.ru

¹АО «Зеленоградский нанотехнологический центр»

²Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, 1

¹ “Zelenograd Nanotechnology Center” JSC

² National Research University of Electronic Technology
 1 Shokin Square, Zelenograd, Moscow, 124498, Russia

В статье рассмотрены преимущества применения технологии flip-chip монтажа кристаллов при создании микросборок в 2,5D и 3D исполнении. Представлены конструктивно-технологические особенности и ограничения flip-chip монтажа кристаллов в производстве высокointегрированных микросборок. Приведены результаты оценки профиля структуры поверхности бескорпусной микросхемы с микробампами и профилей бампов после их установки на контактные площадки тестовых кристаллов. Представлены результаты исследования прочности на сдвиг бампов SAC305 от контактных площадок кристаллов с покрытием из Au и от контактных площадок кремниевых подложек с покрытием из ImmSn.

Ключевые слова: микросборка; flip-chip монтаж; кристалл; шариковый вывод; подложка из кремния; заливка компаунда под кристалл.

This paper examines advantages of flip-chip mounting in the production of 2.5D and 3D microassemblies. Design and technological features as well as restrictions of flip-chip mounting in the course of highly integrated microassemblies manufacture are presented, as well as the results of estimation of the surface structure profile for unpackaged integrated circuit with micro-bumps and bumps profiles after their installation on contact pads of test chips. The results of shear strength tests carried out for bumps made of SAC305 alloy from contact chip pads with Au plating and from contact pads on silicon substrates with ImmSn plating are presented.

Keywords: microassembly; flip-chip mounting; die; silicon substrate; bump; underfill.

Современный рынок высокопроизводительных электронных устройств предъявляет к конструкции изделий все более жесткие условия. Такие конструкции должны быть не только высокопроизводительными и иметь минимальные габаритные размеры, но и обеспечивать при этом максимально возможную функциональность. На сегодняшний день для обеспечения более высокого уровня функциональности при минимальных размерах

и максимальном быстродействии перспективным представляется путь развития конструкции изделий в 2,5D и 3D исполнении с применением технологии flip-chip монтажа кристаллов [1].

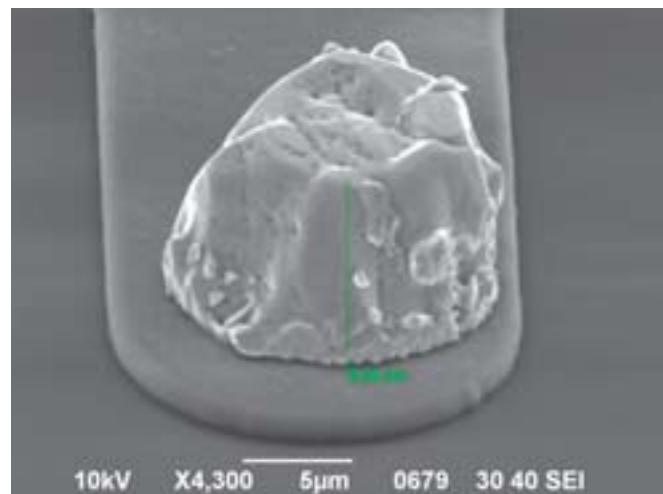
Для высокointегрированных микросборок в 2,5D и 3D исполнении характерны такие особенности конструкции, как высокая плотность размещения элементов, многоуровневая разводка, большое количество выводов, а также высокая

надежность соединений. Данные конструктивные особенности предъявляют повышенные требования к технологическим процессам сборки и монтажа с целью получения изделий с высоким и стабильным процентом выхода годных. Современные технологии при создании 2,5D и 3D микросборок позволяют эффективно сократить площадь (объем, массу) электронного узла в составе аппаратуры [2, 3].

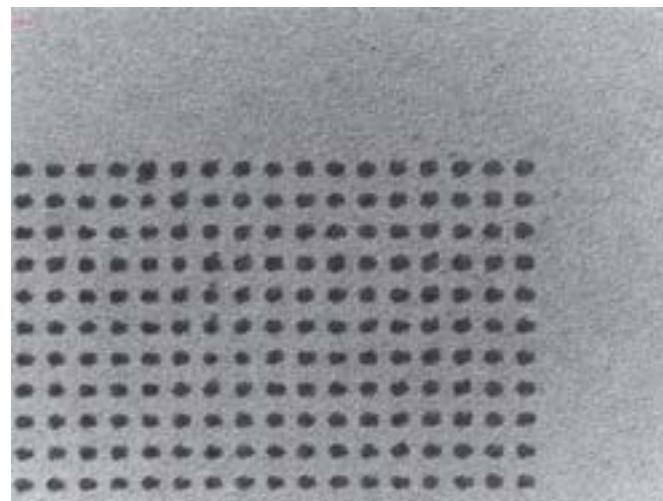
В рамках работы успешно отработаны технологические решения и проведен ряд исследований направленных на определение конструктивно-технологических особенностей и ограничений flip-chip монтажа кристаллов в производстве высокointегрированных 2,5D и 3D микросборок.

Современное сборочно-монтажное оборудование (FC150 и FC300 High Precision), используемое в данной работе, позволяет с высокой точностью проводить операции совмещения и монтажа кристаллов в области подогреваемого столика с размерами

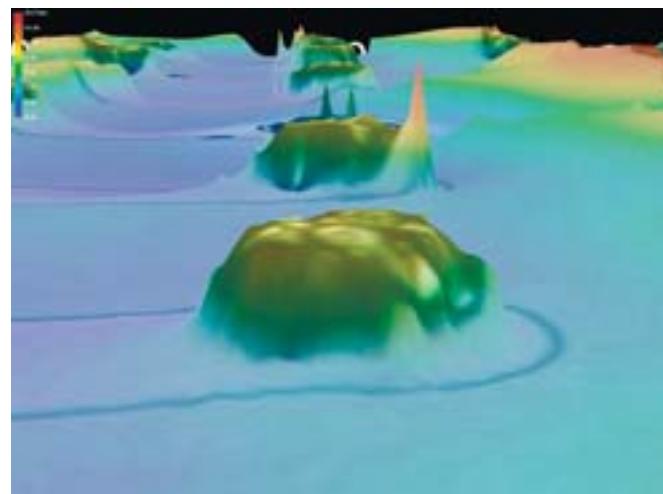
200×200 мм и верхнего прижимного инструмента с размерами 50×50 мм. Инструмент и столик могут нагреваться до 450 °C, обеспечивая прижимное усилие до 4000 Н с дискретностью в 1 грамм, а оптико-механическая система совмещения позволяет проводить совмещение объектов с точностью до 0,5 мкм. Данные характеристики оборудования позволили с большим конструктивно-технологическим запасом справиться с такой задачей, как совмещение кристаллов размером 20×20 мм, содержащих массив микробампов (рис. 1a) диаметром около 10 мкм в количестве 30 тысяч шт. на 1 см². На бесконтактном оптическом профилометре ContourGT-K фирмы Bruker проведена оценка профиля структуры поверхности кристаллов с разновысотными индивидуальными микробампами (рис. 1b). С помощью рентгеноскопической цифровой системы контроля микросхем с функцией томографии XD7600NT (DAGE Precision Industries Ltd, Великобритания) была проведена оценка точности совмещения



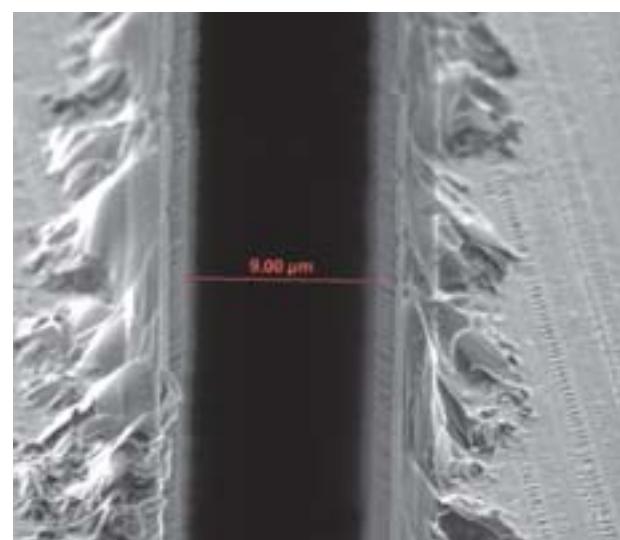
a | a



b | c



b | b



c | d

Рис. 1. Результаты исследований и измерений технологического процесса сборки и монтажа кристаллов: а) изображение микробампа на РЭМ (высота около 9 мкм); б) изображение микробампов с использованием оптического профилометра (изображение на СЭМ); в) рентгеновское изображение совмещения микробампов; г) изображение зазора между кристаллами в микросборке на РЭМ (зазор 9 мкм)

Fig. 1. The results of tests and measurements performed at dies assembly and mounting: a) image of microbump obtained by scanning-electron microscope (height ~ 9 microns); b) image of microbumps obtained using optical profilometer (image on scanning electron microscopy); c) roentgenogram of microbumps registration; d) image of gap between chips in microassembly obtained by raster electron microscopy (gap ~ 9 microns)



микробампов (рис. 1в), а также оценка степени избыточности давления инструмента при установке кристаллов. Более точное подтверждение степени давления при установке, а также плоскостиности кристаллов после установки определено с помощью растрового электронного микроскопа FEI Quanta 3D FEG (рис. 1г) путем измерения зазора между кристаллами по 4 углам микросборки. При этом разброс размеров составил до 1,5 мкм при зазоре 10 мкм.

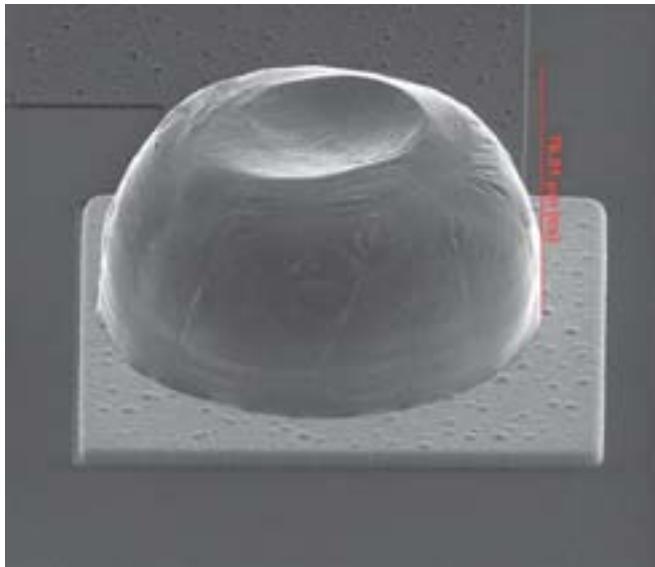


Рис. 2. Бамп из SAC305 с исходным диаметром 100 мкм на контактной площадке, покрытой Ni/Au

Fig. 2. Bump made of SAC305 alloy with the initial diameter 100 microns at contact pad plated by Ni/Au

Были проведены исследования по формированию, оценке профиля и прочности бампов (шариковых выводов) диаметрами 100 и 60 мкм на поверхности контактных площадок тестовых кристаллов с покрытием из Au и на контактных площадках коммутационной подложки с покрытием из ImmSn. В большинстве случаев бескорпусные микросхемы отечественного производства имеют контактные площадки из Al, что обусловлено технологией производства полупроводниковых интегральных схем и их последующей сборки в традиционные корпуса методом разварки проволокой. Установка бампов из припоя на алюминиевые контактные площадки требует наличия покрытия Ni/Au. Бампы представляют собой припойные шарики SAC305 (Sn = 96,5%; Ag = 3%; Cu = 0,5% – $T_{\text{ликвидуса}} = 220^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{солидуса}} = 217^{\circ}\text{C}$) диаметром 100 мкм (рис. 2, 3). Для определения оптимальных физико-механических параметров проводилась

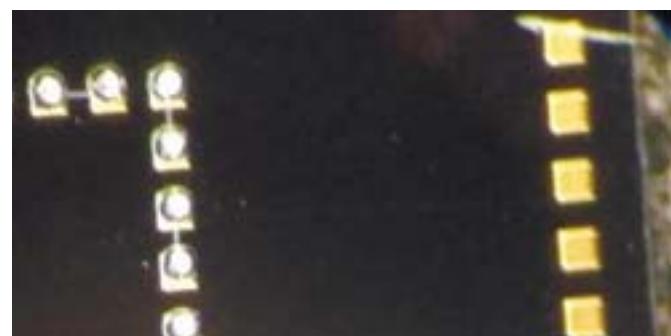


Рис. 3. Контактные площадки с бампами из SAC305 (слева) и контактные площадки с покрытием Ni/Au (справа)

Fig. 3. Contact pads with bumps made of SAC305 (left) and contact pads plated by Ni/Au (right)

Modern market of high-performance electronic devices has been imposing ever more severe restrictions onto their design. These structures should not only provide high performance and have minimal overall dimensions, but also provide the highest possible functionality. Today the most perspective way to provide higher level functionality at minimal possible size and maximal speed of operation is to develop devices in 2.5D and 3D execution using flip-chip mounting technology [1].

Highly integrated 2.5D and 3D microassemblies are characterized by such peculiarities of design as high density of features placement, multilayer interconnections, large number of leads, as well as high reliability of connections. These design peculiarities impose rigid requirements onto technological processes of assembly and installation with the aim of obtaining devices with high and stable percent of yield. Modern technologies used for obtaining 2.5D and 3D microassemblies make it possible to efficiently reduce the area (volume, mass)

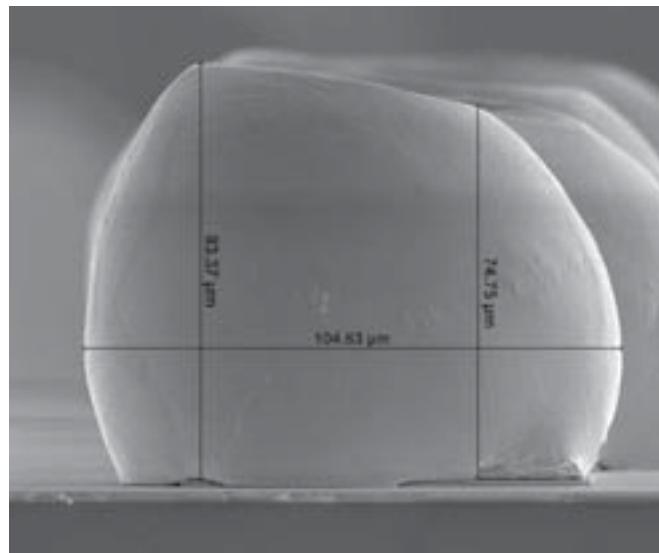
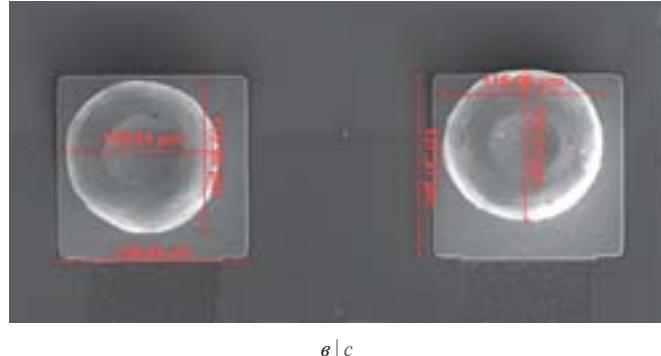
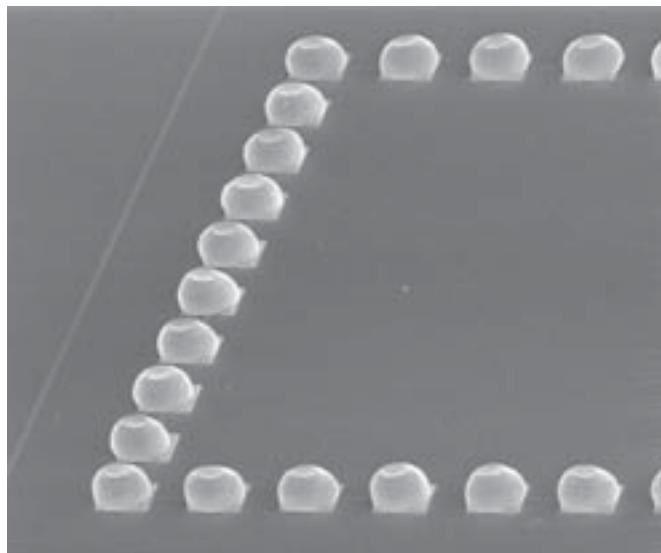
occupied by electronics assembly within hardware [2, 3].

The research has resulted in the development of relevant technological solutions and the determination of design and technological peculiarities and restrictions related to flip-chip mounting in the course of highly integrated 2.5D and 3D microassemblies production.

Modern assembly equipment (FC150 and FC300 High Precision) used in the research makes it possible to perform operations of chips registration and assembly with high accuracy in the area of a heated table with the dimensions 200×200mm and an upper clamping tool with the dimensions 50×50mm. The tool and the table may be heated up to 450°C providing clamping force up to 4000N with 1 gram discreteness, and optical mechanical registration system makes it possible to register objects with accuracy up to 0.5 micron. These parameters of equipment enabled us to solve such task as registration of 20×20mm chips with significant design and technological margin, containing array of bumps

(Fig. 1а) 10 microns in diameter, their number being 30 thousand pc. per 1cm². Using contactless optical profilometer ContourGT-K produced by Bruker, an estimation of chip surface structure profile was performed with multiple-height indium microbumps (Fig. 1б). Using roentgenoscopic digital system of microcircuits monitoring with tomography function XD7600NT (DAGE Precision Industries Ltd, Great Britain) we estimated microbumps registration accuracy (Fig. 1в), as well as excess pressure degree of the tool at chips mounting. More accurate confirmation of pressure degree at installation, as well as chips flatness after their installation were determined by scanning-electron microscope FEI Quanta 3D FEG (Fig. 1г) by measuring gap between dies at the four corners of microassembly. Meanwhile, the scatter of sizes constitutes 1.5 micron with a gap equalling 10 microns.

We have conducted research on formation and estimation of bump strength profile (solder balls) 100 and 60 microns in diameter at contact pads surface of test dies plated by Au and at contact pads of switching pads



b | b

plated by ImmSn. In most cases unpackaged integrated circuits produced domestically with contact pads made of Al were used, which is caused by technology of semiconductor microcircuits manufacturing and their following installation into conventional packages using the method of wire soldering. Bumps installation using solder at aluminium contact pads requires Ni/Au plating. In fact, bumps are solder balls made of SAC305 alloy (Sn = 96.5%; Ag = 3%; Cu = 0.5% — $T_{\text{liquidus}} = 220^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{solidus}} = 217^{\circ}\text{C}$) 100 microns in diameter (Figs. 2, 3). To determine optimal physical and mechanical parameters, technological modes of Ni/Au chemical deposition at aluminium 100×100 microns contact pads were developed and tested. Optimal Ni thickness ranged in value from 3 to 8 microns, Au thickness — from 0.1 to 0.8 microns. As a rule, the technological process of coating by Ni/Au goes on as follows: cleaning, activation of the surface (removal of natural oxide layer), zincate treatment, selective nickel deposition and immersion gold deposition. In the process of ImmSn plating the optimal thickness ranged in value from 0.5 to 1 micron.

In the process of bumps formation adjustment at SB2-Jet system developed by Packaging Technologies, an optimal range of solder balls geometrical dimensions was determined after their installation at dies contact pads and at silicon substrates (Fig. 4). In case of initial bump diameter equal to 100 ± 3 microns its height after installation attains $60\text{--}85$ microns, and its diameter ranges in value from 110 to 120 microns. These values were obtained in different modes of operation. The equipment makes it possible to install bumps ranging in size from 40 to 760 microns at the rate up to 10 pc. per second, with size repetition being $\pm 5\%$.

The research included tests of shear strength of bumps made of SAC305 alloy from contact pads at chips with Au plating and from contact pads on silicon substrates with ImmSn plating. Investigations were conducted at an installation for testing microcircuits DAGE 4000Plus. As a result of performed tests we have concluded that:

- 1) plating by Ni/Au coating does not cause stripping from contact pads in the course of bumps shearing; it provides good adhesion, making it possible to perform further

dies installation with bumps within highly integrated microassemblies. Mean value of single bump shearing force constitutes 0.7N.

- 2) in case of plating by ImmSn mean value of single bump shearing force constitutes 0.5N (Figs. 5a and 5b).

After tests on shearing strength performed for single bumps, shearing force of chips (5×5 mm in size, thickness 460 microns for Ni/Au plating, mounted using flip-chip technology) from silicon switching substrates (thickness 300 microns) was determined (contact pads with different plating):

- 1) for plated by Ni/Au, mean value of chip shearing strength with bumps made of SAC305 alloy (with initial diameter 100 microns) from silicon substrate constitutes 7.5N (Figs. 6a and 6b);
- 2) for plated by ImmSn, mean value of chip shearing strength with bumps made of SAC305 alloy (with initial diameter 100 microns) from silicon substrate constitutes 5N.

Using the results of developed technological processes and conducted tests, a method

Рис. 4. Изображение бампов SAC305 и их геометрические размеры на РЭМ: а) подложка из кремния с бампами на контактных площадках с покрытием Ni/Au; б) вид сбоку на бамп с указанием размеров; в) вид сверху на бампы с указанием размеров

Fig. 4. Image of bumps made of SAC305 alloy and their geometrical dimensions obtained by scanning-electron microscope: a) silicon substrate with bumps at contact pads plated by Ni/Au; b) side view of a bump with dimensions indication; c) top view of bumps with dimensions indication



отработка и исследования технологических режимов химического осаждения структуры металлов Ni/Au на контактные площадки из Al размером 100×100 мкм. Оптимальная толщина Ni подбиралась в диапазоне от 3 до 8 мкм, толщина Au от 0,1 до 0,8 мкм. Технологический процесс формирования покрытия Ni/Au в общем виде состоит из последовательных операций очистки, активации поверхности (удаления естественного оксидного слоя), цинкатной обработки, селективного осаждения никеля и иммерсионного осаждения золота. При формировании покрытия ImmSn оптимальная толщина подбиралась в диапазоне от 0,5 до 1 мкм.

В процессе отработки формирования бампов на комплексе SB2-Jet фирмы Packaging Technologies определен оптимальный диапазон геометрических размеров шариковых выводов после установки их на контактные площадки кристаллов и коммутационные подложки из кремния (рис. 4). При начальном диаметре бампа $\varnothing = 100 \pm 3$ мкм, после его установки высота составляет 60–85 мкм, а диаметр находится в диапазоне от 110 до 120 мкм. Данные значения получены при различных режимах работы. Оборудование позволяет устанавливать бампы размером от 40 до 760 мкм со скоростью до 10 шт. в секунду, при этом повторяемость размеров составляет $\pm 5\%$.

В работе проведены исследования прочности на сдвиг бампов SAC305 диаметром 100 мкм от контактных площадок кристаллов с покрытием из Au и от контактных площадок коммутационных подложек с покрытием из ImmSn (как альтернативное покрытие золоту). Исследование проводилось на установке тестирования микросоединений DAGE 4000Plus. В результате исследований установлено:

- 1) с Ni/Au, покрытие не отслаивается от контактных площадок при сдвиге бампов, имеет хорошую адгезию, что обеспечивает

возможность дальнейшего монтажа кристаллов с бампами в составе высокointегрированных микросборок. Среднее значение силы сдвига одного бампа составило 0,7 Н;

- 2) с ImmSn, иммерсионное олово не отслаивается от контактных площадок при сдвиге бампов, имеет хорошую адгезию, что обеспечивает возможность дальнейшего монтажа кристаллов с бампами в составе высокointегрированных микросборок. Среднее значение силы сдвига одного бампа составило 0,5 Н (рис. 5а, б).

После исследований на прочность одиночных бампов определялось усилие сдвига кристаллов с размерами 5×5 мм и толщиной 460 мкм (покрытие контактных площадок Ni/Au) от коммутационных подложек из кремния толщиной 300 мкм, смонтированных по технологии flip-chip, с разным покрытием контактных площадок:

- 1) с Ni/Au, среднее значение величины прочности на сдвиг кристалла с бампами SAC305 (с исходным диаметром 100 мкм) от кремниевой подложки составило 7,5 Н (рис. 6а, б);
- 2) с ImmSn, среднее значение величины прочности на сдвиг кристалла с бампами SAC305 (с исходным диаметром 100 мкм) от кремниевой подложки составило 5 Н.

По результатам отработки технологических процессов и исследований разработана технология сборки высокointегрированного изделия. На основе разработанной технологии изготовлены экспериментальные образцы микросборок в 2,5D исполнении. Микросборка представляет собой коммутационную подложку из кремния (интерпозер) толщиной 250 мкм с планарными размерами 17×17 мм со смонтированными по методу flip-chip кристаллами. В состав микросборки входят кристаллы с размерами 2×2 мм в количестве 2 шт., 3×5 мм в количестве 1 шт. и 10×10 мм в количестве 1 шт.

of highly integrated devices assembly has been achieved. Basing on the developed technology experimental samples of 2.5D microassemblies were manufactured. In essence, microassembly is a switching substrate 250 microns thick, made of silicon (interposer) and with planar dimensions 17×17 mm with dies mounted using flip-chip technology. Microassembly includes two dies 2×2 mm, one die 3×5 mm and one die 10×10 mm. As four dies with different thickness are to be placed in one plane of the microassembly, a tool (technological tooling) for die gripping with a foot-stall, manufactured separately for specified range of packageless microcircuits sizes and their relative placement on the substrate, was used. Precise assembly with auto-registration of dies with the substrate was performed. In the course of thermocompression profile design, physical characteristics of microbump material, SAC305 (LF45), were used, as well as its correction upon measuring the compression degree by roentgen microscope. In case of initial bump diameter equal to 100 ± 3 microns, its height after compression attained 50 ± 5 microns.

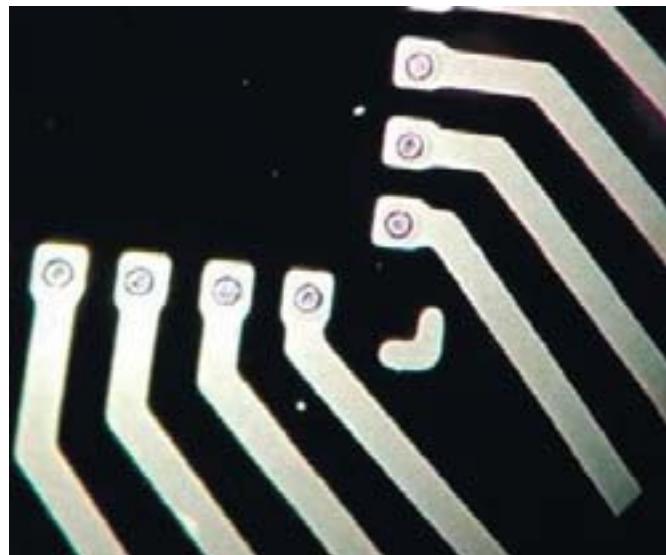
Fig. 7 presents a sample of 2.5D microassembly placed into ceramic-metal package of CPGA type with chip containing over 500 bumps of SAC305 solder and 100 microns in diameter.

Upon assembling packageless microcircuits, we have worked out processes of filling interchips space by superfluid compound (also called underfill), possessing capillarity effect of flowing into narrow gaps and providing resistance to the environment impact. The process was conducted in several runs using AeroJet MUSASHI Engineering (Japan) system for filling gaps between substrate and die. The compound in the course of filling initially accumulates along one or two sides of the component, where subsequently capillary forces displace it to other sides of the component, resulting in complete encapsulation of assembly joints underneath. Relevant parameters were chosen empirically. The control of filling defectiveness was conducted by means of Sonoscan digital acoustic microscope (Fig. 8). The compound hardening was conducted in a drying chamber with specified temperature profile during 3 hours.

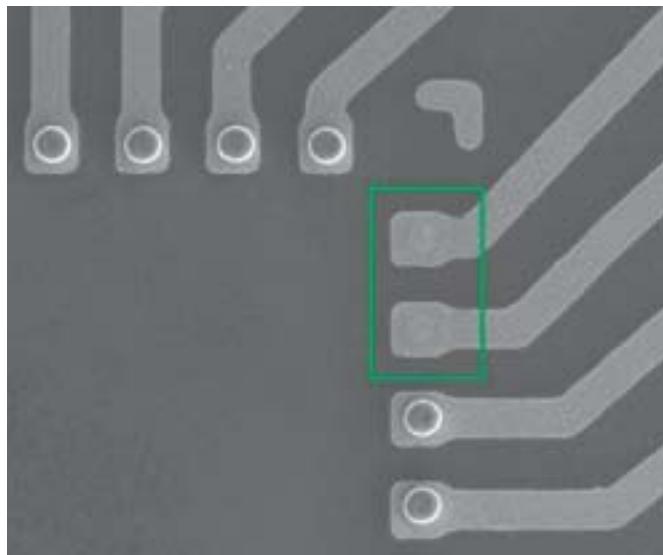
The research has made it possible to work out technological solutions for chemical deposition for metals structure of Ni/Au and ImmSn layers on contact pads; for formation of bumps made of SAC305 at contact pads plated by Ni/Au and ImmSn; for precise registration and assembly of dies at silicon substrate using flip-chip method; for filling the space under dies with compound.

We have obtained results of tests aimed at determining design and technological peculiarities and restrictions related to flip-chip mounting in the course of highly integrated 2.5D and 3D microassemblies production, in particular:

- optimal Ni layer thickness ranges in value from 3 to 8 microns, Au thickness — from 0.1 to 0.8 micron, ImmSn thickness — from 0.5 to 1 micron;
- optimal dimensions of SAC305 bumps with initial diameter 100 microns upon die mounting on contact pads or on silicon substrate were obtained, namely: height 60–85 microns, diameter 110–120 microns; upon die mounting on substrate bump the height attains approximately 50 microns;



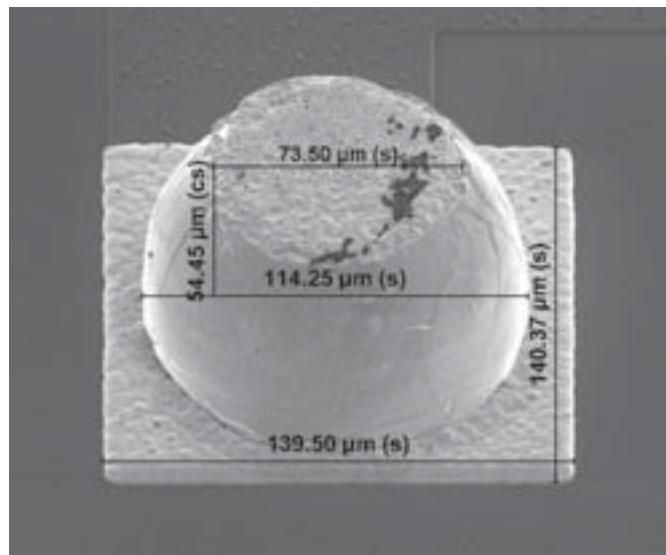
a | a



b | b

Рис. 5. Результаты исследования прочности на сдвиг бампов SAC305 диаметром 100 мкм на РЭМ: а) изображение бампов на контактных площадках кремниевой подложки с покрытием ImmSn; б) изображение контактных площадок с покрытием ImmSn после разрушающего воздействия бампов на сдвиг (выделены в рамку)

Fig. 5. The results of chip shearing strength tests with bumps made of SAC305 alloy and 100 microns in diameter obtained by scanning-electron microscope: а) image of bumps at contact pads at silicon substrate with plating by ImmSn; б) image of bumps at contact pads at silicon substrate plated by ImmSn after destructive shearing effect on bumps (outlined by a frame)



a | a



б | б

Рис. 6. Результаты исследования прочности на сдвиг кристаллов с бампами SAC305 на РЭМ: а) изображение бампа на контактной площадке кристалла с покрытием Ni/Au после сдвига; б) изображение контактной площадки подложки с покрытием Ni/Au после сдвига

Fig. 6. The results of die shearing strength tests with SAC305 bumps obtained by scanning-electron microscope: а) image of bump at chip's contact pad plated by Ni/Au after shearing; б) image of substrate's contact pad plated by Ni/Au after shearing

Поскольку в одной плоскости, в данной микросборке, должны располагаться 4 кристалла с разной толщиной, использовался инструмент (технологическая оснастка) для захвата кристаллов с пьедесталом, изготовленным отдельно под определенный диапазон размеров бескорпусных микросхем и взаимного расположения их на подложке. Был проведен прецизионный монтаж с автосовмещением кристаллов и подложки. При построении термокомпрессионного профиля процесса использовались

физические характеристики материала микробампов SAC305 (LF45) и корректировка его после измерений степени сдавливания в рентгеновском микроскопе. При начальном диаметре бампа $\varnothing = 100 \pm 3$ мкм, после термокомпрессии его высота достигла 50 ± 5 мкм.

На рис. 7 представлен образец 2,5D микросборки, установленной в металлокерамический корпус типа СРГА с кристаллом, имеющим более 500 бампов из припоя SAC305 диаметром 100 мкм.

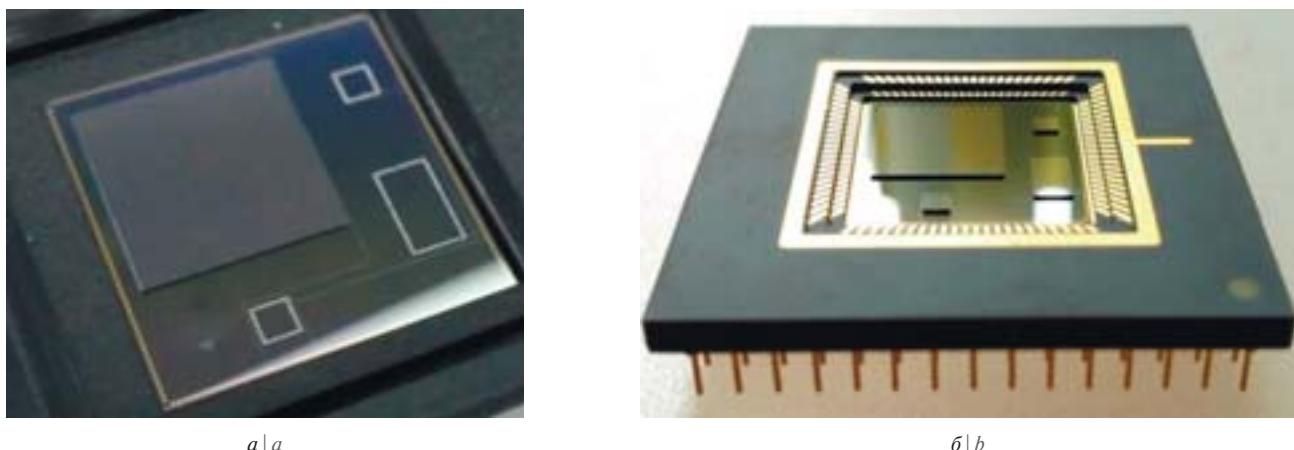


Рис. 7. Образец 2,5D микросборки: а) коммутационная подложка из кремния со смонтированным кристаллом, имеющим более 500 бампов; б) 2,5D микросборка в металлокерамическом корпусе типа CPGA

Fig. 7. Sample of 2.5D microassembly: a) silicon substrate with installed die containing over 500 bumps; b) 2.5D microassembly in ceramic-metal package of CPGA type

После проведения монтажа бескорпусных микросхем были отработаны процессы заполнения межкристального пространства сверхтекучим компаундом (в литературе используется термин *underfill*), обладающим капиллярным эффектом затекания в узкие зазоры и обеспечивающим надежность при воздействии окружающей среды. Заливка компаундом осуществлялась в несколько проходов с помощью комплекса для заполнения зазора компаундом между подложкой и кристаллом AeroJet MUSASHI Engineering (Япония). При этом компаунд при заполнении изначально скапливается вдоль одной или двух сторон компонента, где затем капиллярные силы перемещают его к другим сторонам компонента, в результате чего полностью герметизируются монтажные соединения под ним. Параметры подбирались опытным путем. Контроль дефектности заполнения проводился на цифровом акустическом микроскопе Sonoscan (рис. 8). Отверждение компаунда осуществлялось в сушильном шкафу с заданным температурным профилем в течение 3 часов.

В рамках работы успешно отработаны технологические решения по химическому осаждению структуры металлов Ni/Au и ImmSn на контактные площадки, по формированию бампов SAC305 на контактных площадках из Ni/Au и ImmSn, по прецизионному совмещению и монтажу кристаллов на кремниевую

подложку по методу flip-chip, по заливке компаундом пространства под кристаллами.

Получены результаты исследований, направленных на определение конструктивно-технологических особенностей и ограничений flip-chip монтажа кристаллов в производстве высокointегрированных 2,5D и 3D микросборок:

- толщина Ni определена в диапазоне от 3 до 8 мкм, толщина Au от 0,1 до 0,8 мкм, толщина ImmSn от 0,5 до 1 мкм;
- оптимальные размеры бампов SAC305 с исходным диаметром 100 мкм после установки на контактные площадки кристалла или кремниевой подложки составили: высота 60–85 мкм, диаметр 110–120 мкм, после монтажа кристалла на подложку высота бампа достигает около 50 мкм;
- среднее значение усилия сдвига бампов SAC305 с исходным диаметром 100 мкм от контактной площадки с покрытием Ni/Au составило 0,7 Н, с покрытием ImmSn составило 0,5 Н;
- среднее значение усилия сдвига кристаллов с бампами SAC305 с исходным диаметром 100 мкм от кремниевой подложки с контактными площадками из Ni/Au составило 7,5 Н, с контактными площадками из ImmSn составило 5 Н.

Установлено, что покрытие ImmSn на контактных площадках под монтаж бампов SAC305 способно стать альтернативным вариантом покрытию Ni/Au.

- average value of shearing force was determined, making 0.7N for bumps made of SAC305 with initial diameter 100 microns from contact pad plated by Ni/Au, and 0.5N for contact pad plated by ImmSn;
- average value of shearing force for dies with bumps made of SAC305 with initial diameter 100 microns from silicon substrate with contact pads plated by Ni/Au made 7.5N, for those plated by ImmSn — 5N.

It has been found that plating contact pads by ImmSn for installation of bumps made of SAC305 can be an alternative variant to plating by Ni/Au.

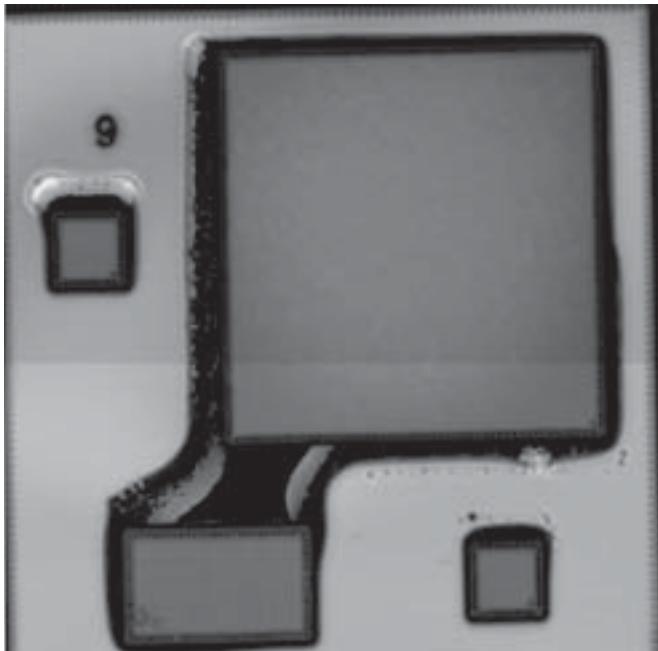
Basing on the developed technology for assembly and installation of packageless microcircuits using flip-chip method, experimental samples of 2.5D microassemblies were manufactured, which are in essence silicon substrates (interposer) 250 microns thick and with planar dimensions 17×17mm with four types of dies mounted by flip-chip method.

REFERENCES

1. Medvedev A. M. *Elektronnye komponenty i montazhnye podlozhki* // Zhurnal «Komponenty i tekhnologiya», 2006. — № 12. (In Russian).
2. Vertyanov D. V., Tikhonov K. S., Timoshenkov S. P., Petrov V. S. *Peculiarities of Multichip Micro Module Frameless Design with Ball Contacts on the Flexible Board*. 2013 IEEE 33rd International Scientific Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2013 — Conference Proceedings, 6552038, pp. 417–419.
3. Pogalov A. I., Blinov G. A., Dolgovych Yu. G. *Development of uncased multi connection integrated circuits with ball conclusions a flexible board* // Defense complex — scientific and technical progress of Russia. — M., 2011. № 4. P. 38–43.



a | a



b | b

Рис. 8. Результаты контроля заполнения компаунда под кристаллами на ультразвуковом микроскопе: а) изображение образца с дефектами под большим кристаллом с размерами 10×10 мм; б) изображение образца с заливкой компаунда под кристаллами без дефектов

Fig. 8. The results of control of compound filling under dies using ultrasonic microscope: a) image of sample with defects under large chip 10×10mm; b) image of sample filled by compound under chips without defects

На основе разработанной технологии сборки и монтажа бескорпусных микросхем по методу flip-chip изготовлены экспериментальные образцы микросборок в 2,5D исполнении, представляющие собой коммутационные подложки из кремния (интерпазер) толщиной 250 мкм с планарными размерами 17×17 мм и смонтированными по методу flip-chip кристаллами 4 типов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев А. М. Электронные компоненты и монтажные подложки // Журнал «Компоненты и технология», 2006. — № 12.

2. Vertyanov D. V., Tikhonov K. S., Timoshenkov S. P., Petrov V. S. *Peculiarities of Multichip Micro Module Frameless Design with Ball Contacts on the Flexible Board*. 2013 IEEE 33rd International Scientific Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2013 — Conference Proceedings, 6552038, pp. 417–419.
3. Погалов А. И., Блинов Г. А., Долговых Ю. Г. Разработка бескорпусной многовыводной интегральной схемы с шариковыми выводами на гибкой плате // Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. — М., 2011. — № 4. — С. 38–43.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЛОГИЧЕСКИХ КОРРЕЛЯЦИЙ ДЛЯ САПР ЦИФРОВЫХ КМОП СБИС

С. В. Гаврилов

М: ТЕХНОСФЕРА, 2011. – 136 с.
ISBN 978-5-94836-280-9

Цена 275 руб.

В книге рассматриваются методы и алгоритмы анализа логических корреляций в цифровых КМОП-схемах. Показаны возможности использования логических корреляций для повышения качества результатов проектирования в анализе помехоустойчивости и быстродействия схем.

Книга предназначена для научных работников и инженеров, специализирующихся в области методов математического моделирования САПР СБИС.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 (495) 234-0110; ☎ +7 (495) 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru