

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035213**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.05.18

(51) Int. Cl. **H05K 3/34 (2006.01)**
B32B 7/10 (2006.01)

(21) Номер заявки
201900202

(22) Дата подачи заявки
2019.03.26

(54) **СПОСОБ СОЕДИНЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С РАЗЛИЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

(43) **2020.05.15**

(96) **2019000024 (RU) 2019.03.26**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**КВАШЕНКИНА ОЛЬГА
ЕВГЕНЬЕВНА (RU)**

(56) US-A1-20020182436
US-A1-20100175756
US-A1-20040149373
US-A1-20050051607
US-A1-20150060898
RU-C1-2536019

(72) Изобретатель:
**Квашенкина Ольга Евгеньевна,
Габдуллин Павел Гарифович (RU)**

(74) Представитель:
Кашина Н.И. (RU)

(57) Изобретение относится к электротехнической, радиотехнической, электронной областям промышленности, а именно к способам соединения печатных плат с различными материалами с помощью реакционных многослойных фольг, и может найти применение в производстве компонентов и изделий, при монтаже СВЧ-устройств, печатных плат и электронных компонентов. Способ пьезокерамических материалов включает использование реакционной фольги толщиной 40-150 мкм, слои которой выполнены толщиной 2-20 нм из металлов и/или неметаллов, выбранных из группы: никель, алюминий, медь, ниобий, кобальт, титан, молибден, тантал, углерод, кремний, бор; перед нанесением припой на фольгу наносят адгезионное покрытие толщиной от 30 до 120 нм, после чего наносят припой толщиной 2-15 мкм, а поверхности прижимают с давлением 1,0-5,2 кг/см² (фиг. 5). В частных вариантах реализации изобретения припой наносят гальваническим способом, химическим осаждением или методом вакуумного напыления.

B1

035213

035213

B1

Изобретение относится к электротехнической, радиотехнической, электронной областям промышленности, а именно к способам соединения печатных плат с различными материалами с помощью реакционных многослойных фольг, и может найти применение в производстве компонентов и изделий, при монтаже СВЧ-устройств, печатных плат и электронных компонентов.

В настоящее время существует несколько способов соединения печатных плат с различными материалами для получения конструктивных элементов устройств: пайка, соединение посредством токопроводящих и нетокопроводящих клеев, а также соединение с помощью крепежных элементов (винтов) и пайка. Однако в большом количестве случаев все вышеперечисленные способы не обеспечивают требуемых режимов монтажа печатных плат, а иногда не обеспечивают необходимых эксплуатационных характеристик.

Так механические способы соединения (с помощью винтов или прижимов) или соединения с помощью токопроводящих клеев не обеспечивают достаточно низкого теплового сопротивления контакта, высокое тепловое сопротивление приводит к перегреву компонентов на смонтированной плате, в результате чего вся электронная система выходит из строя.

Соединение печатных плат посредством клея не дает достаточной теплопроводности и механической прочности. Сам клей спустя короткое время кристаллизуется и разрушается, что приводит к выходу из строя системы.

Наиболее надежный омический контакт соединения печатной платы с различными материалами при относительно низком тепловом сопротивлении (по сравнению с механическими или клеевыми способами соединения) обеспечивается пайкой, которая может быть флюсовой (для удаления оксидных пленок с соединяемых поверхностей) или бесфлюсовой.

Однако технология флюсовой пайки не позволяет получать низкопористые прочные и высокопрочные соединения вследствие невозможности полной очистки соединяемых поверхностей от флюса и, как результат, получения прерывистого и неравномерного по толщине паяного шва. Кроме того, остатки флюса приводят к неполному смачиванию припоем соединяемых поверхностей (60-70%), что ухудшает тепловое и электропроводящее сопротивление контакта. С целью повышения равномерности толщины паяного шва (и повышения надежности соединения) применяют свинцовые прокладки с легкоплавким покрытием оловом или припойные прокладки, армированные медной сеткой (Цыкин А.В., Яковлев Г.А. Повышение надежности несогласованных соединений микрополосковых плат с корпусами СВЧ-модулей при циклических температурных воздействиях. Обзоры по электронной технике. Сер.: Технология, организация производства и оборудование. Вып.12(1476). М.: ЦНИИ Электроника, 1989). Несмотря на достаточно хорошие эксплуатационные характеристики полученных таким способом, требуется основательная подготовка соединяемых материалов, что усложняет технологический процесс в целом, но не исключает дефектов флюсовой пайки.

Технология бесфлюсовой пайки предусматривает удаление оксидных пленок с соединяемых поверхностей за счет диссоциации в вакууме или атмосфере инертных газов с последующим восстановлением их в активной газовой среде, производимой при высоких температурах на специальном вакуумном оборудовании и сопровождающейся насыщением расплавленного припоя водородом или аргоном. Однако высокая температура и насыщение припоя газами приводит к образованию пористого шва, что негативно сказывается на прочности соединения, а использование вакуумного оборудования повышает трудоемкость и стоимость процесса.

Удаление оксидных пленок возможно механическим способом - посредством сообщения соединяемым деталям низкочастотных колебаний (50-300 Гц) с помощью вибратора. Однако это увеличивает общее время пайки (30-90 с), требует повышения габаритов микроблока на двойную амплитуду колебаний печатных плат и не обеспечивает полного удаления остатков оксидов из зоны пайки (Бейль В.И., Отмахова Н.Г., Сажин И.И. Групповая пайка микрополосковых плат на металлические основания//Электронная техника. Сер. 10. 1986. Вып.3 (387)). Применение ультразвуковых колебаний (18-23 кГц) для очистки поверхностей от оксидных пленок позволяет значительно сократить длительность пайки. Однако кавитационные микропотоки, возникающие в расплаве припоя в результате прохождения колебаний УЗ-частот и разрушающие оксидные пленки, приводят к образованию большого количества пузырьков воздуха в нем и, как следствие, к образованию микропустот в паяном шве, что является неприемлемым для СВЧ-моделей.

Наиболее близким по технической сущности к заявленному решению является способ соединения различных материалов, в том числе компонентов микроэлектронных устройств, при котором используют многослойную реакционную фольгу (заявка US 2002182436 на изобретение "Автономные реакционные многослойные фольги", приор. 18.04.2002, опублик. 05.12.2002, С23С 14/34). Способ включает размещение многослойной реакционной фольги толщиной от 50 мкм до 1 см с предварительно нанесенным на нее припоем между соединяемыми поверхностями, прижим указанных поверхностей и иницирование реакции в фольге посредством прикладывания к фольге кратковременного энергетического импульса. При этом слои фольги выполнены из металлов или сплавов металлов, выбранных из группы: алюминий, никель, медь, титан, цирконий, гафний.

Однако известное техническое решение, выбранное в качестве прототипа для заявленного способа,

не обеспечивает получение прочного и низкопористого соединения печатных плат с различными материалами при сохранении их функциональных свойств по следующим причинам.

Указанная толщина и химический состав используемой многослойной реакционной фольги обуславливают наличие значительного объема запасенной энергии в ней и соответственно выделения большого количества тепла при иницировании самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (далее СВС-реакции) в ней. Процесс соединения различных материалов с печатными платами, являющихся чувствительными к нагреву, требует контролирования количества выделяемого тепла с учетом типа печатной платы, ее толщины и необходимых эксплуатационных характеристик готового изделия (соединенных материалов). Однако качественный состав фольги в способе-прототипе не позволяет снизить количество выделяемого тепла до допустимого значения. Например, фольга толщиной 80 мкм, состоящая из 2000 чередующихся слоев алюминия и никеля, каждый из которых имеет толщину 2 нм, с добавлением 1% молибдена, 0,5% серебра, 1,5% индия, дает очень большой выход энергии и, следовательно, высокую температуру плавления. Это в совокупности с несогласованностью усилия прижима и толщины припоя приводит к получению высокопористого шва и не позволяет получить прочное соединение. С другой стороны, применение фольги из менее энергоемких материалов, например фольги, состоящей из 900 чередующихся слоев алюминия и оксида железа, где толщина каждого слоя алюминия составляет 1,5 нм, а толщина каждого слоя оксида железа - 2,5 нм, с добавлением 1% молибдена, 0,7% серебра, 1% индия, не обеспечивает достаточного расплавления припоя и, следовательно, также не позволяет получить прочное соединение.

Помимо этого, заявленная в прототипе группа материалов обладает достаточно низкой теплопроводностью. В случае применения материалов в качестве соединяющих интерфейсов печатных плат получается теплоизоляционная прослойка между платой и материалом, к которому плата присоединяется. При эксплуатации такой конструкции при пропускании электричества через схему элементов, смонтированных на плате, тепло не отводится от этих элементов и от самой платы. Это приводит к выходу из строя электронной системы платы и к перегоранию некоторых электронных компонентов.

Задачей изобретения является создание способа, обеспечивающего получение высокопрочного, низкопористого и электропроводящего соединения печатных плат с различными материалами, которое будет являться хорошим термоинтерфейсом для отвода тепла от печатной платы в процессе ее эксплуатации.

Задача достигается тем, что в способе соединения печатных плат с различными материалами, при котором между соединяемыми поверхностями 1 и 2 размещают многослойную реакционную фольгу 3 с предварительно нанесенным на нее припоем, прижимают указанные поверхности и прикладывают к фольге кратковременный энергетический импульс, согласно изобретению используют фольгу толщиной 40-150 мкм, слои которой выполнены толщиной 2-20 нм из металлов и/или неметаллов, выбранных из группы: никель, алюминий, медь, ниобий, кобальт, титан, молибден, тантал, углерод, кремний, бор, перед нанесением припоя на фольгу наносят адгезионное покрытие толщиной от 30 до 120 нм, после чего наносят припой толщиной 2-15 мкм, а поверхности прижимают с давлением 1,0-5,2 кг/см².

В частных вариантах реализации изобретения припой наносят гальваническим способом, химическим осаждением или методом вакуумного напыления.

Авторами экспериментально установлено, что заявленные диапазоны характеристик используемой фольги и режимов способа являются оптимальными для получения высокопрочного, низкопористого, высокотеплопроводящего и электропроводящего соединения печатных плат с различными материалами.

Достижение технического результата, обеспечиваемого при осуществлении заявленного способа, обусловлено следующим.

Применение многослойной реакционной фольги заявленного состава и толщины и при ее активации энергетическим импульсом обеспечивает быстрое выделение запасенной энергии в объеме, обеспечивающем достаточную степень расплавления припоя различной толщины в максимально короткий срок, что исключает излишний нагрев печатных плат. Это в сочетании с усилием прижима и наличием адгезионного слоя обеспечивает равномерное смачивание паяемых поверхностей при последующей кристаллизации припоя без образования пор. Нанесение на фольгу адгезионного покрытия заданной толщины обеспечивает прочное сцепление припоя различной толщины с фольгой, что исключает его отлипание от фольги и, следовательно, способствует получению качественного соединения материалов. В результате получают соединение с высокими механическими, тепловыми и электрическими характеристиками.

Нанесение припоя гальваническим способом, химическим осаждением или методом вакуумного напыления позволяет получить тонкий равномерный слой, что также способствует получению прочного соединения.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлена принципиальная схема соединения печатных плат с различными материалами по заявленному способу, на фиг. 2 - схема строения одного из вариантов используемой многослойной реакционной фольги, на фиг. 3, 4 - типы соединений печатных плат с различными материалами, выполненными для проверки прочностных характеристик, на фиг. 5 - диаграмма оценки пористости и рентгенограмма образцов соединений, полученных с использованием фольг на основе Al-Ni и Cu-Al.

Сущность изобретения иллюстрируется следующими примерами, в которых соединение печатных

плат с различными материалами осуществлялось по описанной выше схеме на механической установке, включающей основание с соответствующими разметкой и оснасткой для позиционирования соединяемых элементов, прижимным грузом и средством запуска СВС-реакции. Для соединения с печатными платами использовались металлические материалы (например, алюминиевое основание, корпус из никеля, корпус из латуни, основание из меди) и неметаллические материалы (текстолит, лавсан, кремний, поликор).

В качестве средства запуска СВС-реакции использованы

искра, сгенерированная источником постоянного тока и пропущенная через малый участок фольги (напряжение 6-12 В);

жало паяльника, обеспечивающие кратковременное точечное касание малого кончика фольги (температура жала 250-600°C);

лазер, кратковременно и точно воздействующий на участок фольги (длина волны 0,3-10 мкм, мощность 1-100 Вт/мин).

В качестве образцов использовали печатные платы фирмы ROGERS Corporation, а также стальные пластины АМг3 с покрытием Хим.Н12.М3.0-Ц12 различных размеров, не ограничивающих возможность применения заявленного способа для материалов иных типоразмеров или иных покрытий, например гальванически покрытых олово-висмутом.

Образцы фольги покрывали адгезионным покрытием, имеющим высокие функциональные характеристики (хорошо адгезирующимся в процессе нанесения и последующей пайки), толщиной от 30 до 120 нм на основе серебра, золота и меди.

Поверх адгезионного покрытия гальваническим способом, химическим осаждением или методом напыления наносился припой на основе олова и висмута и припой на основе олова и индия толщиной 2-15 мкм гальваническим способом и методом напыления с отклонением толщины припоя не более 10%.

Прижим соединяемых поверхностей осуществляли посредством установки прижимных грузов соответствующей массы на пакет соединяемых элементов (длительность не более 1 мин).

Параметры используемых материалов и режимов способа представлены в табл. 1. Толщина слоев каждого металла или неметалла в одном образце фольги варьировалась в диапазонах, указанных в таблице. Так образце №1 слои Ni и Al имели толщину от 7 до 20 нм каждый, при одинаковом количестве слоев общая толщина фольги была различной и, как следствие, количество выделяемой при запуске СВС-реакции энергии было различным. В зависимости от количества выделенной энергии определялось давление прижима, необходимое для получения оптимальных параметров соединения.

Таблица 1. Используемые материалы и режимы способа

№ образца	Качественный состав реакционной фольги, %	Количество слоев, шт	Диапазоны толщин чередующихся слоев, min – max нм	Диапазоны общей толщины фольги, min – max мкм	Толщина припоя, мкм	Температура плавления верхнего слоя T _{пл} , °C	Температура фронта СВС-реакции, min – max T _{ав} , °C	Скорость реакционного фронта, м/с	Удельное количество выделяемой энергии при реакции, Дж/гр	Удельная теплоемкость шва С, Дж/(кг*К)	Диапазон приемлемых давлений прижима, кг/см ²
1	Ni+Al	4000	7-20	28-80	10	182	960 - 1450	12	1050 - 1250	670	1,1 – 4,0
2	Cu+Al	4500	4-15	18-67,5	10	170	820 - 1340	9	1000 - 1240	564	1,2 – 3,2
3	Nb+C	6000	5-12	30-72	10	180	805 - 1015	15	970 - 1000	720	1,0 – 3,8
4	Co+Al	5000	3-10	15-50	8	170	810 - 1350	24	975 - 1245	685	1,5 – 4,2
5	Ti+Si	3000	9-18	27-54	3	185	970 - 1820	26	980 - 1540	540	1,9 – 3,2
6	Ti+Al	3000	8-20	24-60	5	179	960 - 1780	18	990 - 1400	613	1,8 – 2,9
7	Mo+2Si	2500	10-20	25-50	5	182	940 - 1610	13	950 - 1450	640	1,7 – 3,5
8	Mo+B	6000	4-10	24-60	12	171	850 - 1220	20	980 - 1230	532	1,4 – 5,0
9	Ti+C	5000	5-8	25-40	8	170	910 - 1310	21	1010 - 1200	751	1,2 – 4,9
10	2Ta+C	1500	12-20	18-30	5	186	790 - 1112	19	800 - 1100	650	1,0 – 1,4

Оценка качества соединения материалов производилась визуально с помощью фотофиксации в совокупности с лабораторной оценкой электрических и прочностных характеристик, а также рентгеноконтролем пористости соединения. В качестве примера на фиг. 5 представлен результат контроля пористости для образцов 1, 6. В результате проведенных испытаний установлено, что все полученные образцы удовлетворяют техническим требованиям монтажа электронных плат на различные материалы. Например, высокий результат пористости соединения 1 позволяет использовать заявляемый способ для монтажа печатных плат в корпуса СВЧ-модулей. В соответствии с техническими требованиями к монтажу печатных плат в подобного рода изделия допустимый процент пористости на см² не должен превышать 5%. В случае использования заявляемого способа можно получить незначительные доли процента пористости.

Оценка прочностных характеристик образцов соединений производилась на разрывной машине WPM Masch 2168, тип ФМ-250, путем измерения нескольких ключевых прочностных показателей: временного сопротивления разрыву σ_b , кгс/мм² (испытания в течении 50 ч); предела прочности паяного шва на растяжение σ_p , МПа; модуля упругости E, ГПа; предела прочности паяного соединения на срез $\tau_{ср}$, МПа; модуля сдвига G (ГПа), коэффициента Пуассона μ .

Оценка электрических показателей проводилась после пайки измерением удельного сопротивления классическим методом.

Параметры характеристик полученных готовых изделий представлены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристики полученных соединений

№ образца	Временное сопротивление разрыву σ_b , кгс/мм ²	Предел прочности паяного шва на растяжение σ_b , МПа	Модуль упругости E, ГПа	Предел прочности паяного соединения на срез $\tau_{ср}$, МПа	Модуль сдвига G, ГПа	Коэффициент Пуассона μ	Удельное электрическое сопротивление ρ , мОм*м
1	5,5	48	18	45	4,6	0,32	55
2	4,7	42	10,2	38	2,6	0,34	58
3	4,2	55	3,6	56	1,4	0,25	55
4	5,1	70	7,4	65	2,2	0,35	57
5	5,2	62	10,6	68	4,1	0,32	60
6	5,5	65	10,2	69	3,9	0,31	55
7	5,8	41	11,3	39	3,8	0,29	54
8	5,4	30	11,1	32	3,91	0,29	58
9	4,5	24	10,3	21	4,3	0,32	59
10	4	30	10,8	23	2,1	0,35	60

Помимо испытаний на разрывной машине проведены также следующие механические испытания и испытания на устойчивость к климатическим воздействиям.

Воздействие синусоидальной вибрации (виброустойчивость) в диапазоне частот 1-60 Гц и ускорении до 20 м/с²(2g) поочередно по 3 осям. Плавное изменение частоты со скоростью не более 1 октавы в минуту. Продолжительность испытаний по каждой оси не менее 2 мин.

Воздействие механических ударов в количестве 3 с пиковым ударным ускорением до 150м/с²(15g) и длительностью импульса 0,5-2 мс. Ударные нагрузки по 3 плоскостям, суммарное количество ударов 18.

Воздействие синусоидальной вибрации на одной из частот, лежащей в диапазоне частот 20-30 Гц с ускорением 20 м/с²(2g). Испытания по оси Y, продолжительность 30 мин.

Воздействие синусоидальной вибрации в диапазоне частот 1-60 Гц с ускорением 15 м/с²(1,5g). По 3 осям, продолжительность испытаний на каждой оси не менее 1 ч.

Механическое воздействие в перпендикулярной плоскости к поверхности печатной платы.

Циклическое изменение температуры окружающей среды от предельной пониженной -50°C до предельной повышенной +70°C. Испытания - 3 температурных цикла. Цикл: охлаждение до -50°C с градиентом 1°C/мин, выдержка 2 ч. Нагрев до +70°C, градиент 2°C/мин, выдержка 2 ч.

Воздействие рабочей повышенной температуры 40°C и после воздействия предельной повышенной температуры среды 70°C. Прогрев при 70°C 1,5 часа и выдержка 30 мин, затем 40°C и выдержка 2 ч.

Воздействие относительной влажности 95% при 40°C в течение 2 суток.

По окончании испытаний проведен окончательный рентгеноскопический анализ, показавший отсутствие изменений паяной структуры соединений после механических и климатических испытаний.

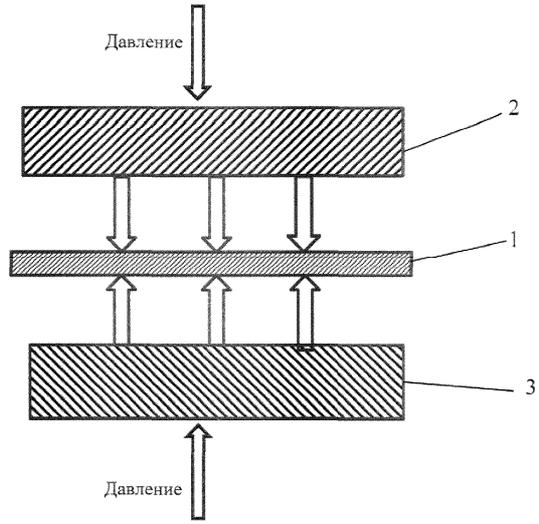
Таким образом, заявленный способ соединения печатных плат с различными материалами обеспечивает быстрое получение высокопрочного, низкопористого и электропроводящего соединения печатных плат с различными материалами, которое будет являться хорошим термоинтерфейсом для отвода тепла от платы в процессе ее эксплуатации.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

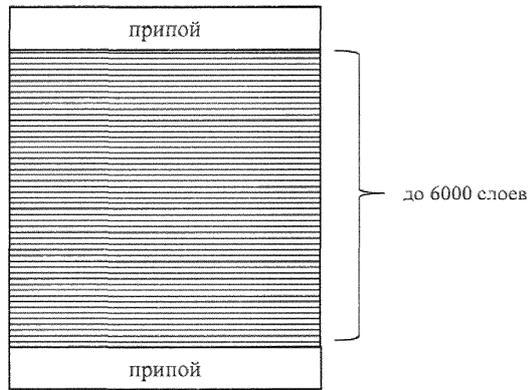
1. Способ соединения печатных плат с различными материалами, при котором между соединяемыми поверхностями размещают многослойную реакционную фольгу с предварительно нанесенным на нее припоем, прижимают указанные поверхности и прикладывают к фольге кратковременный энергетический импульс,

отличающийся тем, что используют фольгу толщиной 40-150 мкм, слою которой выполнены толщиной 2-20 нм из металлов и/или неметаллов, выбранных из группы: никель, алюминий, медь, ниобий, кобальт, титан, молибден, тантал, углерод, кремний, бор; перед нанесением припоя на фольгу наносят адгезионное покрытие толщиной от 30 до 120 нм, после чего наносят припой толщиной 2-15 мкм, а поверхности прижимают с давлением 1,0-5,2 кг/см².

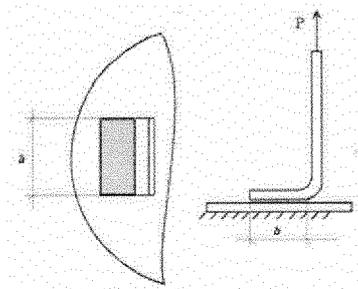
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что припой наносят гальваническим способом, химическим осаждением или методом вакуумного напыления.



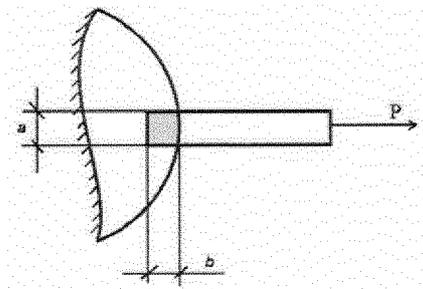
Фиг. 1



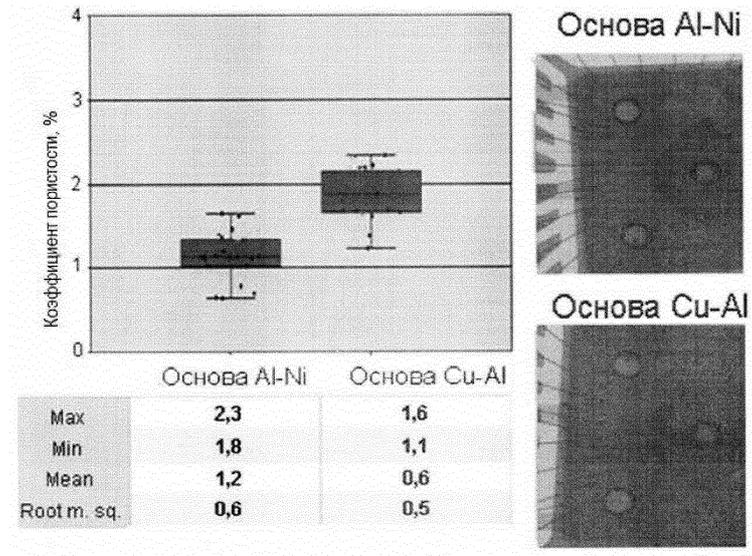
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

