

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ

УДК 621.3.049.75

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КРИТЕРИЕВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В. Н. Гриднев, Ж. А. Миронова, В. А. Шахнов

Введение

Согласно прогнозу технологической дорожной карты ИРС по коммутационным изделиям в электронике [1] в ближайшие годы будет сохраняться тенденция увеличения плотности компоновки проводящего рисунка коммутационных плат. Интеграция и совершенствование технологии корпусирования полупроводниковых компонентов приводит к большому количеству выводов, расположенных в виде матрицы, как показано на рис. 1, уже превышающих 1500 шт., с шагом до 0,5 мм.

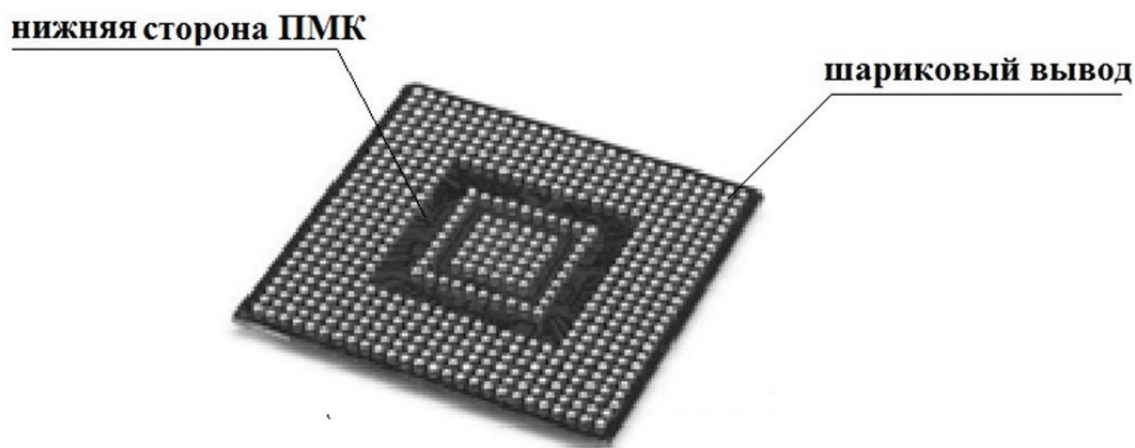


Рис. 1. Поверхностно-монтируемый компонент (ПМК) с выводами, расположенными в виде матрицы

Плотность компоновки контактных площадок (КП) посадочного места под такие компоненты может достигать 400 шт./см², а зазор между ними 0,25 мм. При этом разводка проводников от монтажных КП внутреннего периметра матрицы не всегда реализуема на одном внешнем слое платы из-за блокировки и ограничения ширины каналов трассировки. Решение проблемы заключается в создании переходных отверстий от монтажных КП на нижележащие слои платы [2].

Монтаж ПМК непосредственно на переходные отверстия коммутационной платы может послужить причиной некачественного паяного соединения в связи с возможностью ухода припоя в

отверстие и образования пустот [3], как показано на рис. 2. Что не приемлемо в изделиях специального назначения.

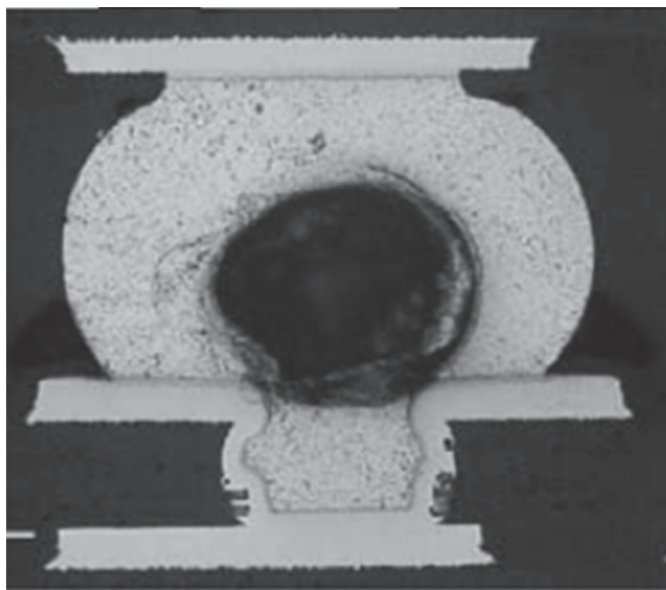


Рис. 2. Некачественное паяное соединение

Таким образом, уменьшение размеров печатных элементов и увеличение их плотности компоновки на плате ответственного назначения требует определенной конструкции посадочного места ПМК для обеспечения соответствующего качества.

1. Обеспечение качества паяных соединений ПМК с шагом выводов более 0,8 мм

Для обеспечения качества паяных соединений конструкция посадочного места ПМК с шагом более 0,8 мм на коммутационной плате с металлизированными сквозными отверстиями (МСО) может представлять собой создание переходов от монтажных КП на нижележащие слои типа «dog bone», т.е. дублирование монтажной КП параллельной КП с переходным отверстием [3]. Схема посадочного места ПМК представлена на рис. 3.

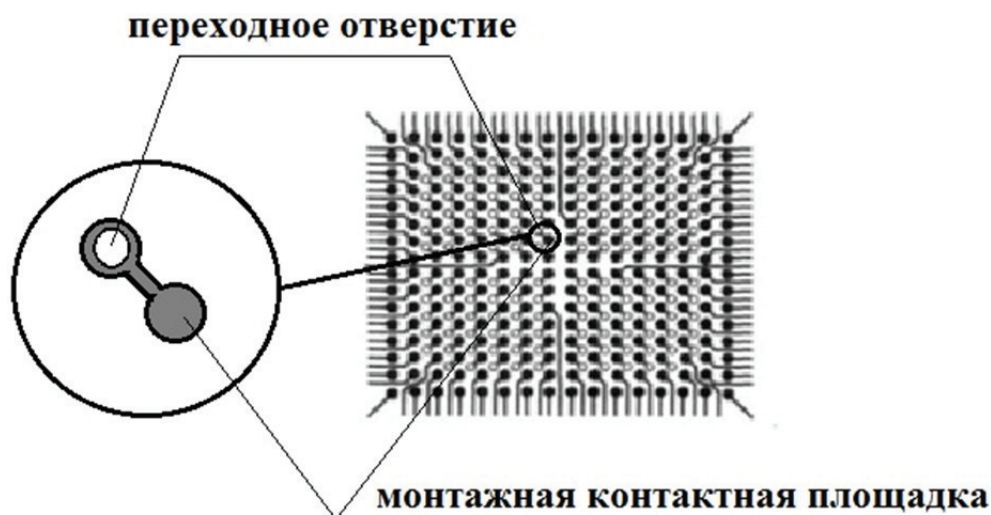


Рис. 3. Схема КП посадочного места ПМК и переходов «dog bone»

При таком традиционном конструктивном решении разводка проводников от ПМК с шагом менее 0,8 мм становится затруднительной или невозможной в связи с нехваткой расстояния для надежного формирования переходных отверстий между монтажными КП.

2. Обеспечение качества паяных соединений ПМК с шагом выводов менее 0,8 мм

Уменьшение шага выводов ПМК не позволяет создавать переходы типа «dog bone», и дальнейшее увеличение плотности компоновки монтажных КП коммутационной платы возможно с помощью совмещения монтажных КП с переходными отверстиями [4]. При этом для того, чтобы обеспечить требуемое качество, необходимо заполнить переходные отверстия материалом с коэффициентом теплового расширения, близким к материалам самой платы, а затем провести операцию планаризации поверхности [5] и создания монтажных КП непосредственно на заполненных металлизированных отверстиях, как показано на рис. 4.

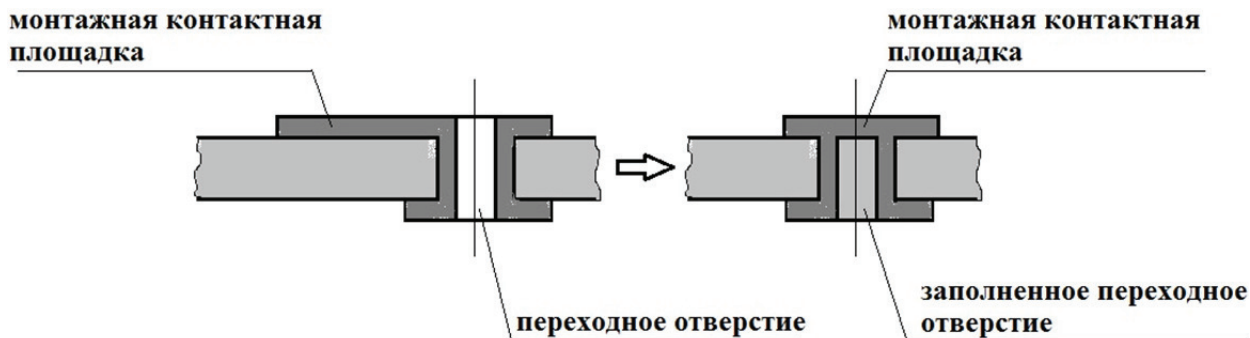


Рис. 4. Совмещение монтажной КП и переходного отверстия

Таким образом, применение конструкции заполненных переходных отверстий, совмещенных с монтажными КП, позволяет увеличить плотность монтажных КП до 2,5 раз по сравнению с традиционной конструкцией переходов «dog bone» [6].

3. Обеспечение качества паяных соединений ПМК с шагом выводов менее 0,65 мм

Конструкция посадочного места ПМК с монтажными КП диаметром 0,30 мм с шагом 0,65 мм и менее не позволяет расположить между КП ни одного проводника шириной 0,10 мм. Трассировка такой коммутационной платы возможна за счет применения глухих вместо сквозных переходных отверстий, так как в случае глухих отверстий на каждом слое коммутационной платы для трассировки проводников освобождается область внешних периметров матрицы КП, как показано на рис. 5.

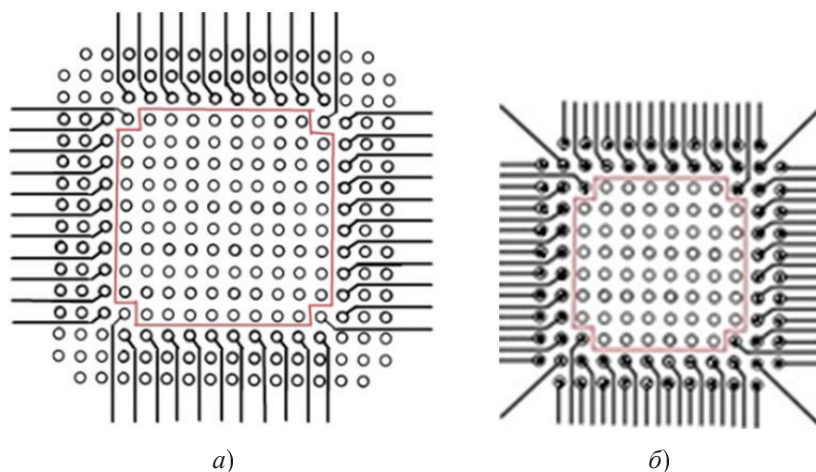


Рис. 5. Трассировка проводников на внутреннем слое платы:
а – МСО; б – с применением глухих отверстий

Конструкция платы с заполненными глухими металлизированными отверстиями представлена на рис. 6. Межслойные переходы реализуются в соосно расположенных микроотверстиях согласно технологии послойного наращивания на ядро платы МСО [7].

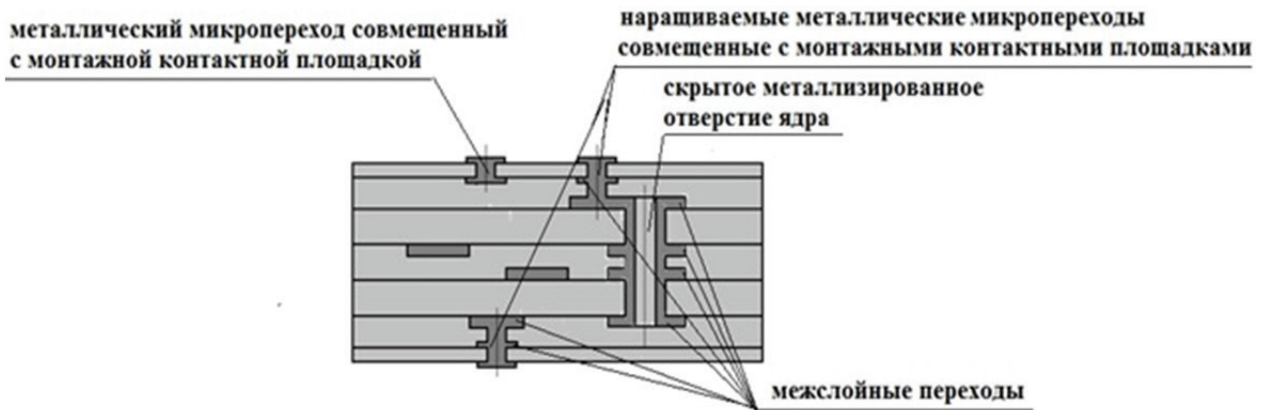


Рис. 6. Коммутационная плата с глухими отверстиями

Необходимо отметить, что для наращиваемых слоев данная технология предполагает использование неармированных базовых материалов, что может негативно сказаться на сроке активного существования изделия.

Таким образом, для обеспечения высокой плотности межсоединений многослойных коммутационных плат ответственного назначения в случае трассировки проводников от КП посадочного места ПМК с шагом выводов менее 0,65 мм необходимо проектировать глухие межсоединения непосредственно из монтажных КП, при этом технология изготовления плат должна обеспечивать соосность, заполнение глухих металлизированных отверстий и применение армированных базовых материалов.

В ОАО «Российские космические системы» А. Л. Зарубиным, А. В. Павловым, И. И. Степановым, Ж. А. Мироновой был разработан новый способ изготовления высокоплотных плат [8], конструкция которых позволяет проектировать глухие металлизированные отверстия с отношением глубины к диаметру отверстия меньше, чем 10:1. Переход на нижележащие слои платы осуществляется непосредственно из монтажных КП за счет их совмещения с заполненными материалом прокладочной стеклоткани металлизированными отверстиями в соответствии с рис. 7. При этом данная технология предполагает использование традиционных базовых армированных материалов и обеспечивает монтаж ПМК с шагом выводов до 0,5 мм с применением базового комбинированного позитивного метода изготовления плат.

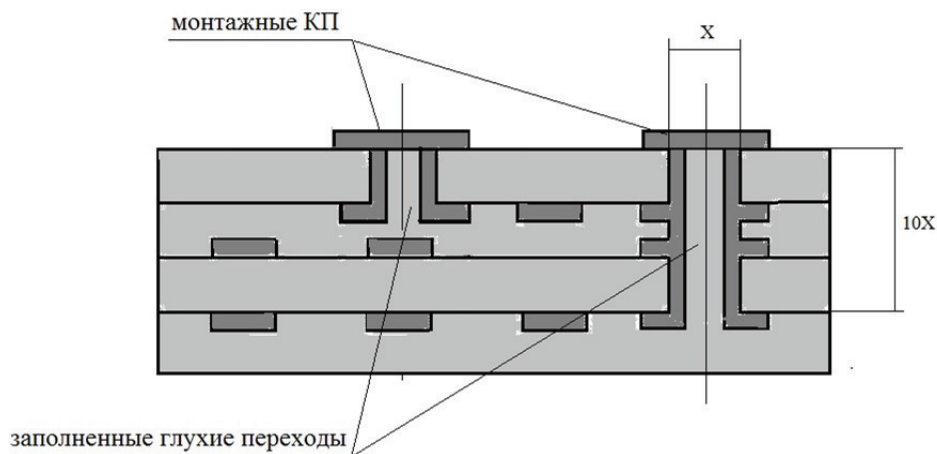


Рис. 7. Конструкция платы, реализуемая с помощью разработанной технологии

Таким образом, заявленное изобретение позволяет обеспечить требуемое качество и высокую плотность межсоединений коммутационной платы.

При анализе показателей качества на предприятии различными методами обрабатываются большие объемы данных [9]. Различные показатели качества одновременно регистрируются на разных этапах производства и различными средствами контроля качества. А это означает, что при

ответственном производстве или больших выборках контролируемых изделий массивы данных увеличиваются в разы. Автоматизация анализа статистических данных входного контроля является важной задачей, так как это способствует не только улучшению качества продукции, но и повышению уровня технологичности производства [10–12].

Внедрение системы качества на предприятии – длительный и дорогой процесс, который требует больших материальных затрат и огромную работу с персоналом. Проектирование высоконадежных коммутационных структур высокоплотной компоновки – один из наиболее проблемных моментов в создании систем специального назначения. Даже локальное решение проблем качества на данном участке производства внесет значительный вклад в общее качество выпускаемой продукции.

Чем раньше будут скорректированы закладываемые в продукт параметры качества, тем меньше времени и средств потребуется для получения конечного продукта с заданными параметрами качества. С другой стороны, чем на более позднем этапе жизненного цикла продукта будет проведена корректировка параметров качества, тем больше средств это потребует. Для отработки проблем качества целесообразно использовать на всех этапах элементы визуального управления инструментами качества [13–15].

Заключение

Качество паяного соединения ПМК, в том числе и платы с высокоплотной компоновкой КП, определяется конструкцией посадочного места. Уход припоя в переходные отверстия при шаге КП более 0,8 мм возможно предотвратить с помощью создания переходов от монтажных КП на нижележащие слои типа «dog bone». Применение конструкции заполненных переходных отверстий совмещенных с монтажными КП позволяет обеспечить качество паяных соединений с шагом менее 0,8 мм. В случае невозможности размещения проводника между КП матрицы посадочного места ПМК платы ответственного назначения необходимо создавать глухие заполненные переходные отверстия, например по разработанной технологии в ОАО «Российские космические системы».

Список литературы

1. Кумбз, К. Ф. Печатные платы : справочник : в 2 кн. / К. Ф. Кумбз ; пер. с англ. – М. : Техносфера, 2011. – Кн. 1. – 1016 с.
2. IPC-7095 Design and assembly process implementation for BGAs – Association connecting electronics industries. – 2003. – 88 p.
3. Нинг-Ченг Ли. Технология пайки оплавлением, поиск и устранение дефектов: поверхностный монтаж, BGA, CSP и Flip chip технологии / Нинг-Ченг Ли ; пер. с англ. – М. : Технологии, 2006. – 392 с.
4. Миронова, Ж. А. Высокоплотная компоновка межсоединений многослойных коммутационных плат / Ж. А. Миронова // Научно-технические конференции и интеллектуальные системы : сб. докладов XVI молодежной междунар. науч.-техн. конф. – М. : МГТУ им. Баумана, 2014. – С. 213–218.
5. Торстен, Р. Новые технологии заполнения отверстий и последующей планаризации / Рекерт Торстен. – М. : Технологии в электронной промышленности, 2005. – 56 с.
6. Миронова, Ж. А. Высокоплотная компоновка проводящего рисунка многослойных коммутационных плат / Ж. А. Миронова, В. А. Шахнов, В. Н. Гриднев // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2014. – № 6. – С. 56–65.
7. Медведев, А. Обновление технологий в российской электронной промышленности / А. Медведев. – М. : Технологии в электронной промышленности, 2005 – 56 с.
8. Патент № 2013125061 РФ «Способ изготовления многослойной печатной платы сверхплотного монтажа / Зарубин А. Л., Павлов А. В., Степанов И. И., Миронова Ж. А. – Заявл. от 29.05.2013.
9. Власов, А. И. Системный анализ технологических процессов производства сложных технических систем с использованием визуальных моделей / А. И. Власов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – № 10, ч. 2. – С. 17–26.
10. Власов, А. И. Визуальные модели управления качеством на предприятиях электроники / А. И. Власов, А. М. Иванов // Наука и образование. – 2011. – № 11. – С. 34.
11. Конструкторско-технологическое проектирование электронных средств / К. И. Билибин, А. И. Власов, Л. В. Журавлева и др. ; под общ. ред. В. А. Шахнова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 568 с. – (Информатика в техническом университете; изд. 2-е).

12. Еланцев, А. В. Автоматизированный контроль и испытания электронной аппаратуры / А. В. Еланцев, В. В. Маркелов. – М. : Изд-во МГТУ, 1990. – 51 с.
13. Маркелов, В. В. Системный анализ процесса управления качеством изделий электронной техники / В. В. Маркелов, А. И. Власов, Э. Н. Камышная // Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 1 (5). – С. 35–42.
14. Маркелов, В. В. Функциональная визуальная модель контроля качества ЭС / В. В. Маркелов, А. И. Власов, Д. Е. Зотьева // Проектирование и технология электронных средств. – 2014. – № 1. – С. 25–30.
15. Маркелов, В. В. Семь основных инструментов системного анализа при управлении качеством изделий электронной техники / В. В. Маркелов, А. И. Власов, Д. Е. Зотьева // Датчики и системы. – 2014. – № 8. – С. 55–67.
16. Увайсов, С. У. Метод теплового диагностирования латентных технологических дефектов радиоэлектронной аппаратуры и ее тепловая диагностическая модель / С. У. Увайсов, С. П. Сулейманов, Н. К. Юрков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2013. – № 4 (28). – С. 109–118.
17. Юрков, Н. К. Риски отказов сложных технических систем / Н. К. Юрков, В. А. Ермолаев, Ю. А. Романенко // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2014. – Т. 1. – С. 46–49.

Гриднев Владимир Николаевич

кандидат технических наук, доцент,
кафедра проектирования и технологии производства
электронной аппаратуры,
Московский государственный
технический университет им. Н. Э. Баумана
(105005, Россия, г. Москва,
2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1)
8-(499)-263-65-53
E-mail: info@iu4.bmstu.ru

Миронова Жанна Алексеевна

аспирант,
кафедра проектирования и технологии производства
электронной аппаратуры,
Московский государственный
технический университет им. Н. Э. Баумана
(105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1)
8-(965)-166-10-08
e-mail: zhannampe@mail.ru

Шахнов Вадим Анатольевич

заслуженный деятель науки РФ,
член-корреспондент РАН,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой проектирования
и технологии производства электронной аппаратуры,
Московский государственный
технический университет им. Н. Э. Баумана
(105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1)
8-(499)-263-65-53,
E-mail: shakhnov@iu4.bmstu.ru

Аннотация. Проанализированы возможности обеспечения качества паяных соединений посадочного места поверхностно-монтируемых компонентов (ПМК) с большим количеством (более 500) выводов, расположенных в виде матрицы с шагом до 0,5 мм. Основное внимание уделено вопросу предотвращения ухода припоя в переходные отверстия коммутационной платы. Приведены конструкции высокоплотной компоновки монтажных контактных пло-

Gridnev Vladimir Nikolaevich

candidate of technical sciences, associate professor,
sub-department of design and the production technology
of the electronic equipment,
Moscow State Technical University
named after N. E. Bauman
(105005, 2-ya Baumanskaya street, apartment 5, page 1,
Moscow, Russia)

Mironova Zhanna Alekseevna

postgraduate student,
sub-department of design and the production technology
of the electronic equipment,
Moscow State Technical University
named after N. E. Bauman
(105005, 2-ya Baumanskaya street, apartment 5, page 1,
Moscow, Russia)

Shakhnov Vadim Anatol'evich

honored worker of science of the Russian Federation,
corresponding member of the Russian Academy
of Sciences, doctor of technical sciences, professor,
head of sub-department of design and production
technology of the electronic equipment,
Moscow State Technical University
named after N. E. Bauman
(105005, 2-ya Baumanskaya street, apartment 5, page 1,
Moscow, Russia)

Abstract. The IC chip feature sizes and contact pads have been constantly reduced. Thus, the continuing increase in component performance and lead density, along with the reduction in package sizes, have required that PCB technology find ways to increase the interconnection density of the substrate. The main attention is paid to a question that serves as a protection from nursing of the solder in the through holes. and low. The described constructions for increase density interconnec-

щадок коммутационных плат ответственного назначения.

Ключевые слова: многослойная коммутационная плата, уход припоя в отверстие, посадочное место поверхностно-монтируемого компонента, заполненные переходные отверстия.

tions of PCB are designed for high quality soldering.

Key words: multilayer wiring board, quality soldering, design wiring board for BGA, filling hole.

УДК 621.3.049.75

Гриднев, В. Н.

Обеспечение качества компоновки монтажных контактных площадок высокоплотной коммутационной платы / В. Н. Гриднев, Ж. А. Миронова, В. А. Шахнов // Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 4 (8). – С. 19–25.