

## Shared center for research and testing of microminiature high-frequency and broadband special electronic equipment assembly and mounting technological processes.

**77-30569/250145**

# 11, ноябрь 2011

Слукин Г. П., Нефедов С. И., Восторгов А. Б., Жигаленков И. Е.,  
Зюзькин Н. М., Шустиков В. Ю.

УДК 621.396

НИИ РЭТ МГТУ им. Н.Э. Баумана

[nefedov@bmstu.ru](mailto:nefedov@bmstu.ru)

[vostorgoff@mail.ru](mailto:vostorgoff@mail.ru)

[ingentech@inbox.ru](mailto:ingentech@inbox.ru)

[aka\\_3d@inbox.ru](mailto:aka_3d@inbox.ru)

[rt75shust@mail.ru](mailto:rt75shust@mail.ru)

С 2009 года МГТУ им. Н.Э. Баумана является национальным исследовательским университетом – высшим учебным заведением, эффективно осуществляющим свою деятельность на основе принципов интеграции науки и образования [1]. Одним из важнейших отличительных признаков НИУ является способность как генерировать знания, так и обеспечивать эффективный трансфер передовых технологий в экономику. Это предполагает не только проведение теоретических разработок широкого спектра изделий и технологий по критическим технологиям Российской Федерации, но и широкое практическое внедрение перспективных изделий в собственное производство на уровне как минимум опытных образцов.

Для эффективного выполнения перспективных проектов по радиолокации, радиосвязи, радиоастрономии, спутниковой радионавигации и других проектов с близкими требованиями к разрабатываемой аппаратуре в рамках развития МГТУ им. Н.Э. Баумана как Национального исследовательского университета необходим качественный и количественный прирост возможностей Университета в части разработки и изготовления образцов перспективной радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Особая роль при этом отводится Дмитровскому филиалу МГТУ, обладающему достаточно большим объемом площадей, необходимым производственным, научным и кадровым потенциалами.

Общая тенденция развития РЭА специального назначения характеризуется расширением диапазона используемых частот, расширением спектра сигналов, размыванием границ между аналоговыми СВЧ узлами и сверхбыстродействующими цифровыми. И это все при необходимости микроминиатюризации аппаратуры, повышения ее надежности и экономичности и, самое главное, достижения при этом предельных функциональных характеристик.

Опыт работы структурных подразделений (в частности НИИ РЭТ) показывает, что в настоящее время без выпуска опытных образцов РЭА, подтверждающих технические и научные решения сотрудников МГТУ им. Н.Э. Баумана, исполненных на современном мировом уровне, что в большинстве своем превышает возможности традиционного макетирования, получение Заказов и привлечение финансирования на выполнение серьезных НИОКР невозможно. Сложность перспективных разработок РЭА специального назначения приводит к тому, что даже макеты не могут быть созданы без современного технологического оборудования. Существующее положение, когда для создания макетов необходимо привлечение контрагентов с высокотехнологичным оборудованием, что приводит к большим затратам и значительно увеличивает время разработки.

С началом работ по реорганизации МГТУ им. Н.Э. Баумана в Научно-исследовательский университет большой кластер оборудования такого класса появился в качестве центра коллективного пользования в Дмитровском филиале МГТУ. В рамках программы приоритетных направлений развития Университета был сформирован опытный участок, позволяющий реализовать различные по сложности виды поверхностного монтажа печатных плат и микросборок, в том числе и СВЧ.

Центр коллективного пользования расположился в помещениях корпуса СКЭО на территории Дмитровского филиала МГТУ. Для обеспечения высококачественной работы произведен монтаж специального чистого помещения. Помещение разделено на три зоны (рис. 1). В первой, тамбурной зоне, персонал должен переодеваться в специальную антистатическую одежду и обувь, для предупреждения повреждения электроники статикой. Следующая зона представляет собой участок поверхностного монтажа, в зоне поддерживается чистота воздуха по стандарту ISO8, количество частиц в одном кубическом метре воздуха не должно превышать 100000 единиц (ISO7). Последняя, третья, зона имеет чистоту 10000 единиц частиц в одном кубическом метре объема воздуха и предназначена для участка микроэлектроники. Помещения оборудованы электроникой обеспечивающей шлюзовую систему прохождения зон. То есть, одновременно не могут открываться две двери между разными зонами, во избежание проникновения пыли из одного в другое. С этой же целью установка воздухоподготовки обеспечивает перепад давления между зонами

в сторону уменьшения от более чистой зоны, к менее чистой зоне. Установка воздухоподготовки представляет собой сложную систему с большим количеством вентиляционных коробов, нагревателем осушителем-увлажнителем, кондиционером и фильтрами. В задачу системы входит поддержание постоянного уровня температуры, влажности и чистоты воздуха в помещении независимо от качества забираемого воздуха снаружи. Система так же обеспечивает отвод дыма и паров с вредными примесями из рабочей зоны установок через систему фильтрации во внешнюю среду.

План центра коллективного пользования с расположением оборудования приведен на рис. 1.

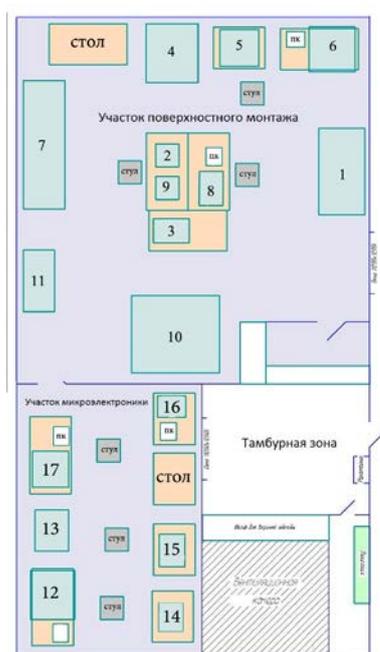


Рис. 1. План центра коллективного пользования с расположением оборудования

Участок поверхностного монтажа позволяет обеспечить полный цикл поверхностного монтажа на печатные платы.

Любой монтаж устройства на основе печатной платы начинается с подготовки самой платы [2]. Перед монтажом платы требуют предварительной отмывки. Для этой цели на участке поверхностного монтажа есть установка отмывки и сушки (поз. 1 на рис. 1), обеспечивающая замкнутый цикл расхода моющей обезжиривающей жидкости с ее деионизацией и фильтрацией. Установка обеспечивает струйную отмывку и сушку устройств, требует однократного залива очищающей жидкости с периодическим доливом по мере расхода на выпаривание.

После отмывки на платы наносится паяльная паста. Предусмотрены три варианта нанесения паяльной пасты при помощи ручного дозатора (поз. 2 на рис. 1) для единичных

опытных образцов, при помощи трафаретного принтера (поз. 3 на рис. 1) для мелко-серийной и повторяемой партии и при помощи специальной насадки на автоматическую установку поверхностного монтажа (поз. 4 на рис. 1) для серии.

После нанесения пасты плата поступает на установку компонентов поверхностного монтажа. Установка может выполняться несколькими способами [2]: для опытных образцов с помощью ручного вакуумного пинцета (поз. 2 на рис. 1), для малой серии при помощи полуавтоматической установки поверхностного монтажа (поз. 5 на рис. 1), для серийного повторяющегося изделия – при помощи автомата поверхностного монтажа со специальными вакуумными насадками (поз. 4 на рис. 1). Полуавтоматическая и автоматическая установки требуют предварительной загрузки необходимой номенклатуры компонентов в питатели и ячейки установок и программирования последовательности проведения монтажа.

Печатной платы, созданного с помощью стандартного пакета прикладных программ САПР (например в формате \*.cam) на управляющий компьютер и преобразование файла проекта в программный цикл расстановки элементов [3]. Это может производиться как вручную оператором, так и автоматически, при помощи утилит самого оборудования.

На полуавтоматической установке поверхностного монтажа оператор сам расставляет элементы при помощи пантографа, установка указывает откуда брать компонент, какой тип у него и номинал и в какое место на плате его устанавливать. Все действия отображаются на мониторе и оператор может всегда проверить ориентацию компонента и его номинал по данным проекта платы. При помощи полуавтомата возможна установка SMD компонентов с корпусом типа 0402, расстановка компонентов SOT, SO, SOIC, QFP, TSSOP и других. На автомате поверхностного монтажа оператор выполняет функции контроля и наблюдения за процессом, расстановка происходит автоматически. Автомат может устанавливать компоненты с маркировкой от 0201, и любые корпуса и микросхемы с выводами по периметру с шагом выводов от 0,5 мм.

Скорость установки компонентов достигает до 1500 компонентов в час.

Для установки компонентов с выводами под корпусов: BGA, LGA, QFN... Используется ремонтно-монтажный центр BGA-Master (поз. 6 на рис. 1). Он позволяет производить единичную установку компонентов с контролем совпадения выводов с контактными площадками.

После установки элементов платы поступают на конвейерную печь (поз. 7 на рис. 1). Печь имеет три зоны конвекционного нагрева и одну зону охлаждения, позволяет строить специальные термопрофили под различные задачи и запоминать их.

Спаянное изделие проходит визуальный контроль на специальной установке (поз. 8 на рис. 1) с оптоволоконными датчиками и камерой высокого разрешения. Существует возможность допайки выводных элементов и ремонта устройств на специальном ремонтном центре (поз. 9 на рис. 1). Программирование осуществляется путем переноса файла проекта

Далее спаянные изделия проходят финишную отмывку в установке (поз. 1 на рис. 1). При наличии на готовом устройстве компонентов с выводами на нижней части корпуса (например, BGA) на участке поверхностного монтажа производится рентген контроль (поз. 10 на рис. 1) изделия с возможностью вращения устройства в камере по трем координатам, что позволяет выявить брак в монтаже, а в отдельных случаях проверить добросовестность изготовителя многослойных печатных плат.

Компоненты и готовые изделия требуют бережного хранения в специальных условиях [3]. На участке поверхностного монтажа предусмотрены шкафы сухого хранения (поз. 11 на рис. 1), обеспечивающие постоянную температуру в 21 градус цельсия и влажность на уровне 0,5 %. Это необходимо для длительного хранения сложных компонентов и готовых устройств.

Участок микроэлектроники предназначен для изготовления собственных микросборок на основе кристаллов.

Участок укомплектован оборудованием для производства микросборок в разваркой кристаллов по технологии COB (Chip on board – «кристалл на подложке»). Технология COB представляет собой процесс непосредственного монтажа кристаллов на подложку. В качестве подложек применяют печатные платы, изготовленные из стеклотекстолита различных марок (FR4, FR5), гибкие платы (полиимид, тефлон), керамические подложки [4]. Монтаж на подложку некорпусированных кристаллов позволяет повысить коэффициент интеграции изделия и минимизировать его размеры. Технология COB особенно эффективна при изготовлении миниатюрных электронных устройств, которые используются в конечных продуктах малого размера [5]. Нанесение адгезива – достаточно важный вопрос в технологии COB. Наиболее распространенные адгезивы – это эпоксидные смолы (или клей). Для нанесения адгезива на участке микроэлектронике предусмотрена специальная установка (поз. 12 на рис. 1) со сменными насадками и возможностью работы с различными типами адгезивов и паяльных паст, установка работает по методу дозирования. Способ достаточно дорогой, но очень гибкий и универсальный, что позволяет применять его для многих процессов [5].

После нанесения при помощи полуавтоматического установщика кристаллов (поз. 13 на рис. 1) из «вафельной» панели кристалл устанавливается на адгезив.

Полуавтомат позволяет контролировать процесс установки при помощи микроскопа высокого разрешения, оператор позиционирует положение кристалла над подложкой при помощи микрометрических винтов, на последнем этапе установки полуавтомат сам обеспечивает необходимое усилие прижима, чтобы не повредить кристалл.

Адгезив отверждается в печи (поз. 14 на рис. 1). Печь однокамерная, позволяет запоминать несколько термопрофилей для разных вариантов адгезивов и компаундов [5, 6].

Установка разварки кристаллов (поз. 15 на рис. 1), позволяет осуществлять разварку как «клином» так и «шариком». Толщина алюминиевой проволоки для разварки может быть от 25 до 170 микрометров [5,6].

После разварки требуется проверка прочности соединений, которая производится на установке тестирования соединений (поз. 16 на рис. 1). Установка позволяет произвести тестирование на отрыв и сдвиг разваренных выводов с различным усилием, управление и запись данных производится с портативного ПК [5, 6].

После тестирования соединений кристалл заливается компаундом на дозаторе нанесения компаунда (поз. 17 на рис. 1) [5,6]. После сушки компаунда в печи (поз. 14 на рис. 1) и микросборка приобретает законченный вид. Такой способ позволяет изготавливать собственные опытные микросхемы и СВЧ компоненты.

Иллюстрация процесс COB приведена на рис. 2.

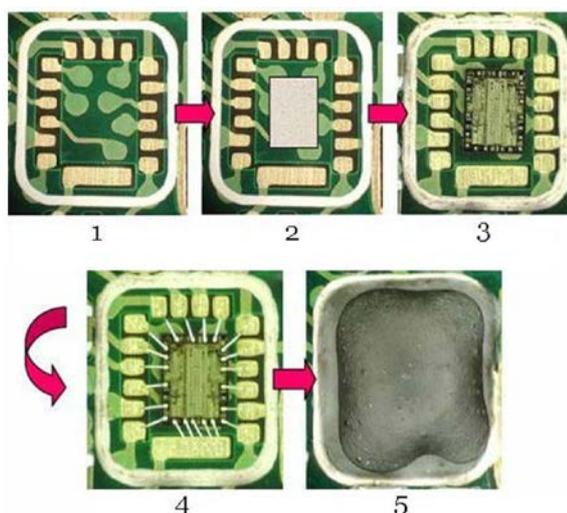


Рис. 2. Внешний вид процесса монтажа по технологии COB

Также необходимо отметить, что все помещения центра коллективного пользования оборудованы средствами защиты от статического электричества по стандартам ESD . Все столы, установки и вычислительная техника подсоединены к контуру заземления. Столы имеют антистатическую поверхность столешницы. Каждое

рабочее место оборудовано антистатическими браслетами для операторов и монтажников [7]. Пол помещений покрыт специальным антистатическим проводящим линолеумом подсоединенным к общему заземлению.

Наличие такого центра коллективного пользования в Дмитровском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана позволяет решить многие задачи опытного производства собственных разработок МГТУ в области радиоэлектроники. Позволит проводить демонстрацию технологического процесса студентам и проводить работы по макетированию и сборке устройств на дипломных и курсовых проектах.

Такой центр так же привлекателен для многих заказчиков, которые занимаются разработкой РЭА, но не имеют возможности производить и исследовать опытные образцы изделий на своих мощностях.

Дальнейшее развитие центра коллективного пользования в область изготовления электронных компонентов собственной разработки по технологии трехмерных микросборок позволит шагнуть на новую ступень в разработке отечественной элементной базы и электронных устройств и привлечет в Дмитровский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана новые молодые кадры и новых партнеров.

#### Список использованных источников:

1. Программа развития МГТУ им. Н.Э. Баумана как национального исследовательского университета техники и технологии. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.

2. Печатные платы. Справочник в двух книгах / Под ред. К.Ф. Кумбза; Пер. с англ. Книга 2. М.: Техносфера, 2011. 1016с.

3. Поверхностный монтаж // Информационный бюллетень. 2010. №6(86).

4. Мухина Е., Башта П. Технология Chip-on-Board: основные процессы и оборудование // Электроника. Наука, технология, бизнес. 2008. № 3.

5. Технология COB (Chip-on-Board). URL.  
<http://www.micro.sovtest.ru/teh/chiponboard/> (дата обращения: 04.10.2011).

6. Dr. TRESKY AG - современное ручное и полуавтоматическое оборудование для монтажа кристаллов. URL. [http://www.ostec-micro.ru/spec\\_publ/descr/5.html](http://www.ostec-micro.ru/spec_publ/descr/5.html) (дата обращения: 04.10.2011).

7. Программа ESD-контроля и современные стандарты ESD-защиты. URL.  
<http://www.pg-spb.ru/node/22> (дата обращения: 04.10.2011).

**Collective use center for research and development of technological processes of montage and assembly of qualified micromin high frequency wideband electronic radio equipment**

**77-30569/250145**

# 11, November 2011

Slukin G.P., Nefedov S.I., Vostorgov A.B., Jigalenkov I.E.,  
Zyuz'kin N.M., Shustikov V.Yu.

Bauman Moscow State Technical University

[nefedov@bmstu.ru](mailto:nefedov@bmstu.ru)

[vostorgoff@mail.ru](mailto:vostorgoff@mail.ru)

[ingentech@inbox.ru](mailto:ingentech@inbox.ru)

[aka\\_3d@inbox.ru](mailto:aka_3d@inbox.ru)

[rt75shust@mail.ru](mailto:rt75shust@mail.ru)

Technological abilities of shared center for research and testing of microminiature high-frequency and broadband special electronic equipment assembly and mounting technological processes were considered in the article. Working conditions and examples of technological processes of micro-assemblies development and mounting were described. Perspectives for the development of this center and for the entire sphere were shown.

---

**Publications with keywords:** [collective use center](#), [electronic radio equipment](#), [micromin](#), [high frequency](#), [montage](#)

**Publications with words:** [collective use center](#), [electronic radio equipment](#), [micromin](#), [high frequency](#), [montage](#)

---

**Reference:**

1. In: K.F. Kumbz (Ed.), Printed-circuit boards. A Handbook in two books, Book 2, Moscow, Tehnosfera, 2011, 1016 p.
2. Muhina E., Bashta P., Jelektronika. Nauka, tehnologija, biznes 3 (2008).
3. < <http://www.micro.sovtest.ru/teh/chiponboard/>>.
4. < [http://www.ostec-micro.ru/spec\\_publ/descr/5.html](http://www.ostec-micro.ru/spec_publ/descr/5.html)>.
5. < <http://www.pg-spb.ru/node/22>>.