

# Современные тенденции развития сборочно-монтажных производств аппаратуры специального назначения



Текст: Евгений Липкин

Хотя об инновациях в области организации сборочно-монтажных производств говорится реже, чем о микро- и нанотехнологиях, здесь происходят существенные изменения. Эти изменения коренным образом влияют на данную часть технологического процесса производства радиоэлектронной аппаратуры.

Если обобщить, то изменения происходят по следующим основным направлениям:

- технологическая эволюция в сторону микроэлектроники;
- повышение степени автоматизации производств за счет автоматизации установки компонентов, монтируемых в отверстия;
- уменьшение влияния человеческого фактора на контроль качества продукции и соответствие технологического процесса.

Рассмотрим более подробно эти направления.

## Технологическая эволюция в сторону микроэлектроники

В этой области происходит не только лавинообразный процесс миниатюризации компонентов, но и внедрение технологий микроэлектроники в единый с технологией поверхностного монтажа цикл. В частности, речь идет о монтаже бескорпусных микросхем — Chip-On-Board, Flip-Chip рис 1.

По данным компании Murata Manufacturing уже сегодня объем производства керамических конденсаторов размерами 01005 рис 2 составляет весомую долю в глобальном объеме потребления.

В 2012 году Murata Manufacturing начала производство компонентов существенно меньших, чем 01005, их размер — 100x200 мкм. Данные технологические реалии привели к изменению требований к оборудованию для поверхностного монтажа.

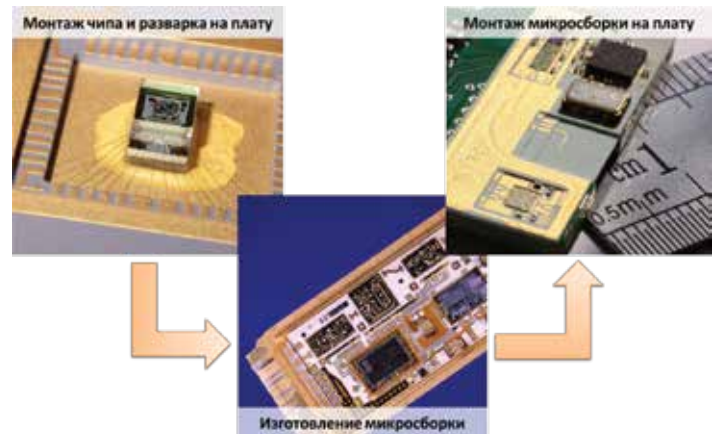
## Повышение степени автоматизации производств за счет автоматизации установки компонентов, монтируемых в отверстия

Полная автоматизация установки радиоэлектронных компонентов при сборке печатных узлов для техники специального назначения долго считалась невозможной. Это было обусловлено, в первую очередь, тем, что доля поверхностно-монтируемых компонентов была невысока, всегда присутствовали компоненты, монтируемые в отверстия, а также нестандартные компоненты, для монтажа которых не было эффективного решения по автоматизации. К таким проблемным компонентам относятся, например, разъемы, радиочастотные экраны, габаритные компоненты и т.д. рис 3.

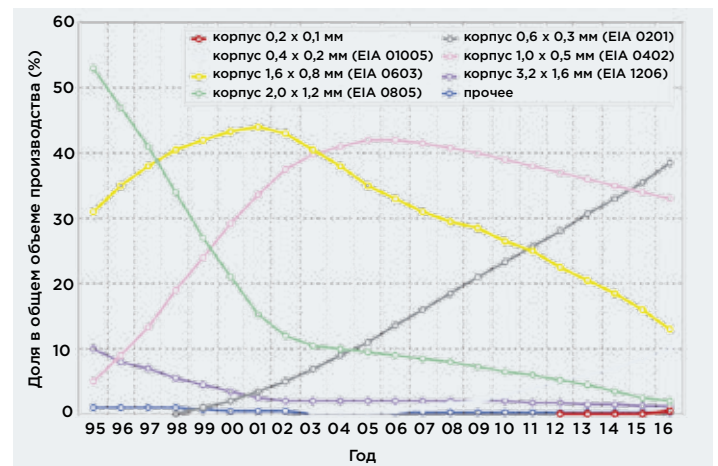
Т 1

Технические требования к оборудованию, вызванные технологической эволюцией

| ТИП ОБОРУДОВАНИЯ/<br>ХАРАКТЕРИСТИКА            | СТАРЫЕ<br>ТРЕБОВАНИЯ | НОВЫЕ<br>ТРЕБОВАНИЯ | КОММЕНТАРИЙ  |
|--|----------------------|---------------------|--|
| <b>Дозатор паяльной пасты</b>                  |                      |                     |  |
| - Минимальный диаметр дозы                     | 350 мкм              | 150-250 мкм         | Уменьшение размеров контактных площадок и шага выводов компонентов   |
| - Возможность нанесения герметиков Underfill   | Не требовалось       | Требуется           | Уменьшение площади контактирования выводов компонентов с печатной платой приводит к увеличению вероятности отрыва при механических нагрузках. Герметизация Underfill обеспечивает дополнительные механические свойства |
| <b>Автомат установки компонентов</b>           |                      |                     |  |
| - Возможность установки бескорпусных микросхем | Не требовалось       | Требуется           | Расширение применения бескорпусных микросхем   |
| - Контроль усилия прижима компонента к плате   | Не требовалось       | Требуется           | Бескорпусные компоненты подвержены механическим повреждениям при монтаже на плату/подложку   |



1 Пример применения технологии Chip-On-Board



2 Объем производства керамических конденсаторов. Данные с сайта компании Murata Manufacturing (ссылка <http://www.murata.com/products/article/pp09e1/3.html>)



3  
Компоненты, ранее не подлежащие автоматическому монтажу



Все это приводило к тому, что автоматизировалась лишь часть технологических операций, а доля ручного монтажа была высока. В итоге высокая трудоемкость и нестабильность качества «ручных» операций сказывались на себестоимости сборки.

Было необходимо решение, позволяющее существенно сократить долю операций, выполняемых вручную. Для этого требовалось автоматизировать установку на плату нестандартных компонентов и компонентов, монтируемых в отверстия. Сегодня производители автоматов установки компонентов работают над решением данной задачи. Например, в модельном ряду автоматов установки компонентов компании Samsung Techwin задачи автоматизации

монтажа нестандартных и штыревых компонентов решает установка SM-451. Она уже работает на ряде отечественных предприятий, производящих технику специального назначения.

Автомат обладает принципиальными конструктивными особенностями. Схема ключевых отличий от автоматов установки поверхностно-монтируемых компонентов показана на рис 4

#### ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

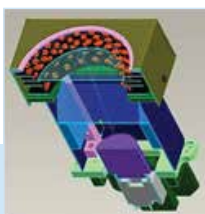
Внедрение автомата, позволяющего осуществлять монтаж штыревых компонентов, позволит для ряда изделий изменить технологический процесс сборки плат и снизить себестоимость. Схема классического процесса

4  
Технические решения автомата SM-451, позволяющие устанавливать нестандартные и штыревые компоненты



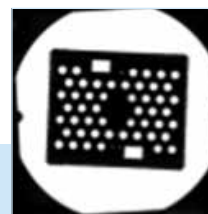
##### Установочная головка

- Возможность использования специальных механических захватов
- Возможность автоматической смены механических захватов в процессе сборки
- Программируемое усилие установки (от 0,1 до 50 Н)
- Возможность установки компонентов высотой до 28 мм



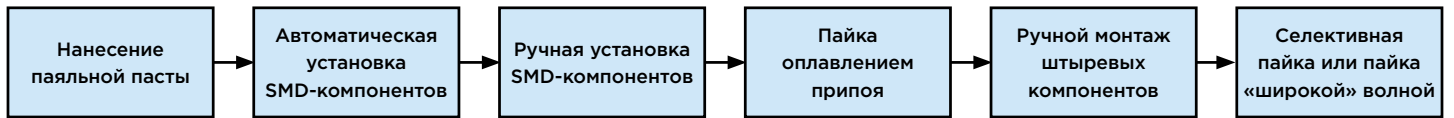
##### Система технического зрения

- Эффективное распознавание выводов штыревых компонентов
- Функция контроля деформации выводов штыревых компонентов

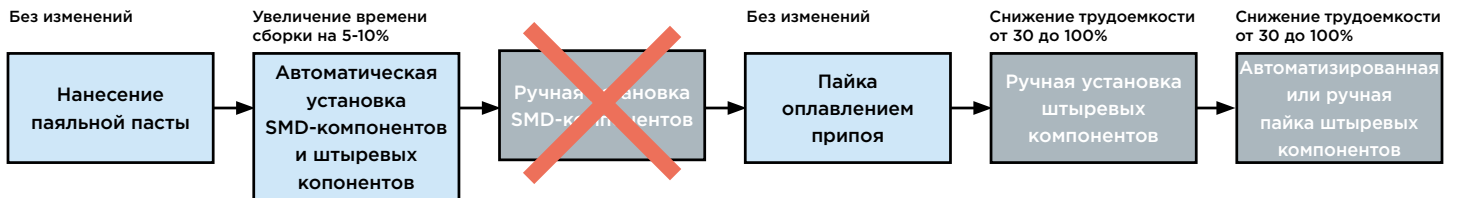


##### Программное обеспечение

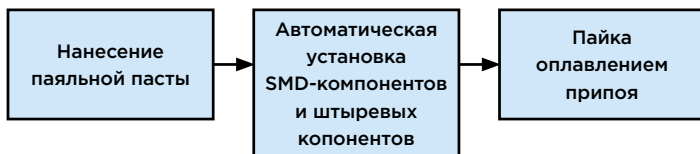
- Функция автоматического распознавания нестандартных компонентов (POLYGON)



5 Классический технологический процесс сборки



6 Изменения в технологическом процессе после внедрения автомата SM-451



7 Оптимальный процесс сборки

сборки (на примере одностороннего печатного узла) проиллюстрирована на рис 5.

После внедрения автомата SM-451 можно получить следующие изменения технологического процесса рис 6.

Во-первых, существенно снизится трудоемкость по установке и пайке штыревых компонентов. Это очень важно, так как мы оптимизируем самые трудоемкие и дорогостоящие (с точки зрения себестоимости) операции. Во-вторых, мы можем полностью отказаться от операции ручной установки компонентов перед пайкой в печи оплавления благодаря встроенным возможностям по распознаванию и установке нестандартных компонентов. А это, опять-таки, ручной труд со всеми вытекающими проблемами. Незначительное увеличение цикла сборки на автомате установки компонентов, которое вызвано установкой штыревых и нестандартных компонентов, является незначительным минусом и с запасом перекрывается всеми плюсами данного способа автоматизации сборки.

В случае, когда изделия разработаны с учетом возможностей автомата, можно получить оптимальный процесс сборки рис 7 без ручных операций и волновой или селективной пайки.

## Сокращение влияние человеческого фактора на контроль качества продукции и соответствие технологического процесса

Выделим две взаимосвязанные тенденции:

- активное применение средств автоматического контроля качества;
- автоматизация мониторинга технологического процесса.

### АКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Уменьшающиеся размеры компонентов, сокращение шага выводов и увеличение количества соединений на одном изделии привели к тому, что решение задач контроля, пусть и вооруженным, но все-таки человеческим глазом, стало неэффективным, трудоемким и, самое главное, перестало гарантировать результат.

В результате, логичной стала массовая автоматизация операций контроля качества и внедрение автоматических средств на различных этапах производственного процесса: от входного контроля качества комплектующих до выходного контроля качества готовых изделий рис 8.



8  
Переход от контроля качества человеком к контролю качества установкой автоматической оптической инспекции



На сегодняшний день в сборочном производстве используются следующие типы автоматизированного контроля качества:

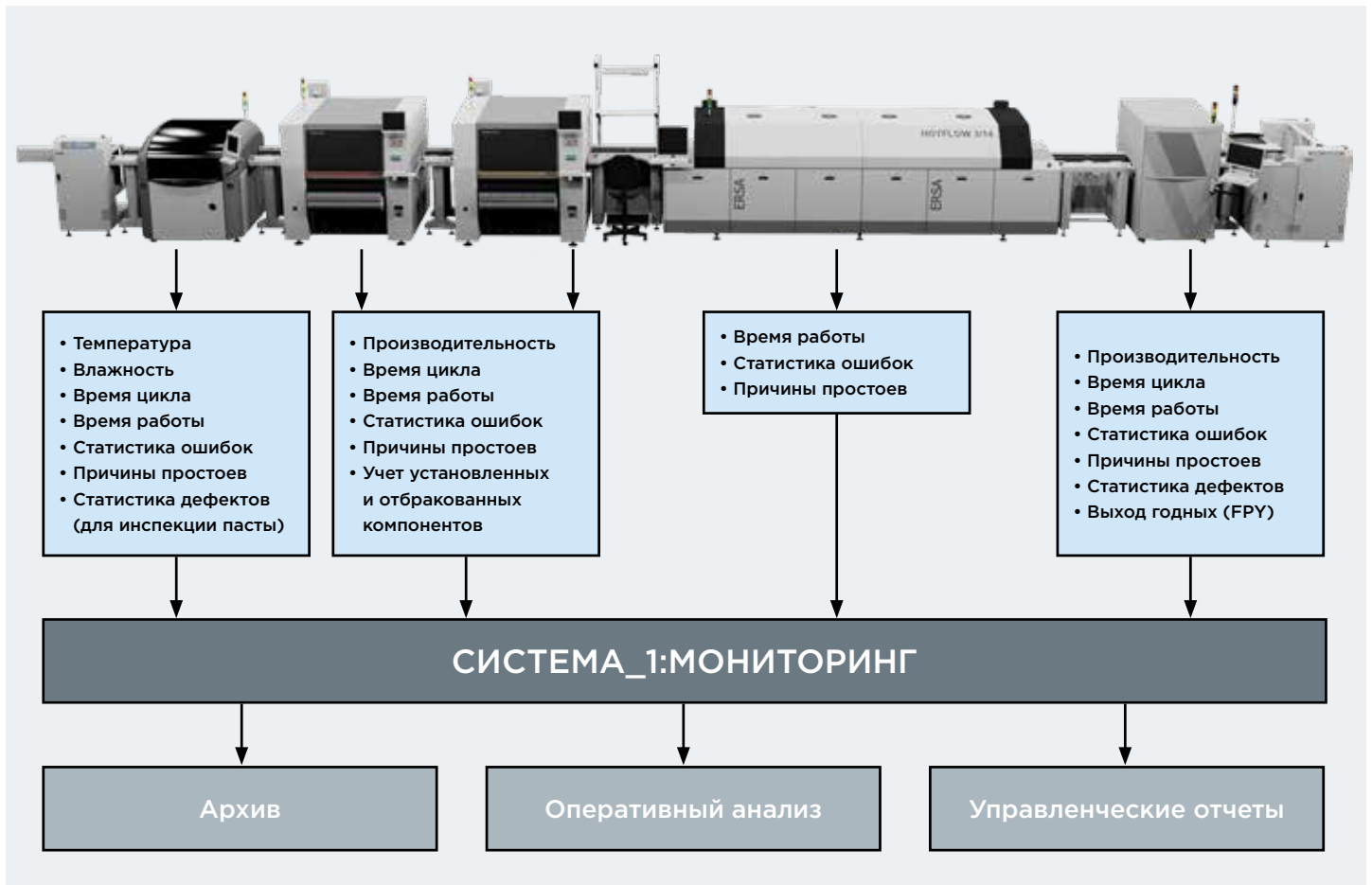
- автоматизированный рентгеновский контроль компонентов, печатных плат, собранных печатных узлов;
- электрический контроль компонентов, печатных плат и собранных печатных узлов;
- автоматический оптический контроль качества нанесения паяльной пасты (крайне целесообразно перед установкой дорогостоящих микросхем с малым шагом);
- автоматический оптический контроль качества разварки кристалла на подложку (например, при применении технологии Chip-On-Board);
- автоматический оптический контроль собранных печатных узлов.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Чтобы добиться на выходе меньшего количества дефектов, необходимо обеспечить корректность технологического процесса. И снова мы сталкиваемся с человеческим фактором. Риск человеческой ошибки и недосмотра может привести с существенным финансовым затратам и потере времени из-за выпуска некачественной продукции.

Для исключения человеческого фактора все активнее используются автоматизированные комплексы мониторинга и управления технологическим процессом. Например, программно-аппаратный комплекс Система\_1:Мониторинг позволяет осуществлять автоматизированный надзор за технологическими процессами.

В основе Системы\_1:Мониторинг лежит процесс сбора информации с технологического оборудования и рабочих мест рис 9. Далее полученная информация обрабатывается и преобразуется в отчет для принятия управленческих решений.



9

Процесс сбора и обработки информации с технологического оборудования и рабочих мест

Комплекс СИСТЕМА\_1:МОНИТОРИНГ реализует следующие функции:

- мониторинг и анализ эффективности использования оборудования в режиме реального времени;
- автоматический анализ причин простоев оборудования и снижения общей производительности;
- автоматическое оповещение о внештатных ситуациях (рост уровня дефектности, предпосылки к появлению дефектов, длительный простой оборудования и т.д.) в режиме реального времени;
- составление управленческих отчетов согласно пожеланиям пользователей;
- анализ статистики дефектов в режиме реального времени;
- возможность автоматической остановки технологического оборудования в случае резкого увеличения числа дефектов (опционально);
- доступ к системе через сеть интернет с возможностью удаленного мониторинга производства, например, через планшетный компьютер.

**В статье мы постарались отразить те изменения в области развития производства радиоэлектронной аппаратуры специального назначения, которые влияют на требования к организации производственного процесса. С учетом того, что для грамотного построения производства требуются существенные инвестиции в основные фонды, внимание к происходящим изменениям позволяет сделать правильный выбор оборудования и средств автоматизации, тем самым обеспечив конкурентоспособность.** ▣