

УДК 65.018:621.3.049

Е.В. Овчинникова, В.А. Фаткин

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ТРАФАРЕТНОЙ ПЕЧАТИ

Предложена процессно-ориентированная структурная модель процесса получения диэлектрических покрытий методом трафаретной печати, а также алгоритм работы экспертной группы по выявлению, оценке и анализу показателей качества и результативности процесса. Выявлены факторы, влияющие на качество диэлектрических покрытий. Изложена методика оценки результативности процесса получения диэлектрических покрытий при производстве элементов радиоэлектронных устройств.

Массовый выпуск изделий электронной техники в условиях высокой конкуренции требует создания эффективных механизмов, направленных на повышение качества как производимой продукции, так и процессов, лежащих в основе производства. При изготовлении элементов радиоэлектронных устройств (РЭУ) используются различные технологические процессы, в том числе процессы получения диэлектрических покрытий.

Свойства диэлектрического покрытия должны отвечать требованиям высокой стабильности основных параметров во времени при воздействии различных эксплуатационных факторов, то есть они должны стремиться к свойствам идеального диэлектрика. Эти параметры определяются как качественными характеристиками исходных материалов, так и показателями качества на каждом этапе технологического процесса.

Анализ опыта работы отечественных предприятий [3, 4, 5] показал большие потенциальные возможности организаций в области управления качеством продукции, в том числе и качеством диэлектрических покрытий, при внедрении процессно-ориентированного подхода. Однако имеется достаточное количество серьезных причин, тормозящих его более широкое применение. Одной из главных причин является отсутствие четких рекомендаций и типовой схемы реализации, что связано со спецификой и уникальностью каждого процесса. Применение процессного подхода в производстве определяет актуальность разработки модели конкретного процесса как объекта управления и рекомендаций по ее использованию.

Одними из широко применяемых в производстве современных методов формирования

диэлектрических покрытий является трафаретная печать. Данная технология позволяет получать диэлектрические покрытия с широким диапазоном толщины при неограниченной номенклатуре используемых материалов.

Процесс получения диэлектрических покрытий методом трафаретной печати как объект управления включает в себя следующие составляющие:

– проектирование процесса и системы управления процессом;

– оценка результативности процесса в соответствии с требованиями Международного стандарта ИСО 9001:2001.

На стадии проектирования процесса и системы управления процессом проведено структурное описание технологии получения диэлектрических покрытий методом трафаретной печати при изготовлении элементов РЭУ. В качестве метода структурного описания использована диаграмма потоков (рисунок 1).

Отличительной особенностью предложенной структурной модели является реализация основного принципа процессного подхода – непрерывного мониторинга всех элементов рассматриваемого процесса, включающего измерение, контроль, анализ параметров процесса на каждом этапе [1, 2], а также выработку комплекса мероприятий, направленных на корректировку и улучшение как процесса в целом, так и отдельных его элементов.

Оценка результативности процесса получения диэлектрических покрытий по трафаретной технологии была сведена к типовой задаче моделирования, решаемой в три этапа:

а) выявление и структуризация факторов, влияющих на рассматриваемый параметр каче-

ства продукции;

б) определение групповых и единичных показателей результативности; составление перечня возможных состояний показателей и присвоение каждому состоянию оценки в баллах от 0 до 100; определение оптимального диапазона и минимального значения каждого параметра в баллах;

в) оценка каждого из показателей, вычисление результативности и ее анализ для последующего принятия целевых управляющих решений.

В основу определения показателей качества и результативности процесса получения диэлектрических покрытий был положен экспертный метод. Алгоритм работы экспертной группы по выявлению и оцениванию показателей и анализу результативности процесса приведен на рисунке 2.

Основными элементами трафаретной печати являются пасты, трафарет и устройство трафаретной печати [7]. Завершающей операцией получения покрытий является высокотемпературное вжигание ($\approx 500^\circ\text{C}$).

Пасты для трафаретной печати – это высоконаполненные порошковые композиции в орга-

ническом связующем. Порошковая часть пасты всегда полидисперсная и характеризуется минимальным и максимальным размерами частиц. От размеров и формы частиц, а также степени их полидисперсности зависит объемная концентрация порошковой составляющей в пасте. От степени дисперсности порошка зависит реология пасты. Она определяет толщину и разрешающую способность оттиска. Особенностью трафаретных паст является псевдопластичность, то есть снижение и увеличение вязкости при приложении и снятии механических нагрузок. Пасты должны обладать определенной величиной растекаемости, чтобы после получения оттиска поверхность отпечатка выравнивалась и не несла на себе следы от сетчатого трафарета. При расчете рецептуры и в процессе приготовления пасты основными факторами, влияющими на качество диэлектрических покрытий, являются гранулометрические характеристики, форма частиц и концентрация твердой фазы пасты (порошков), концентрация полимера (с высокой температурой кипения) в жидкой фазе, а также вязкость и дисперсность пасты.

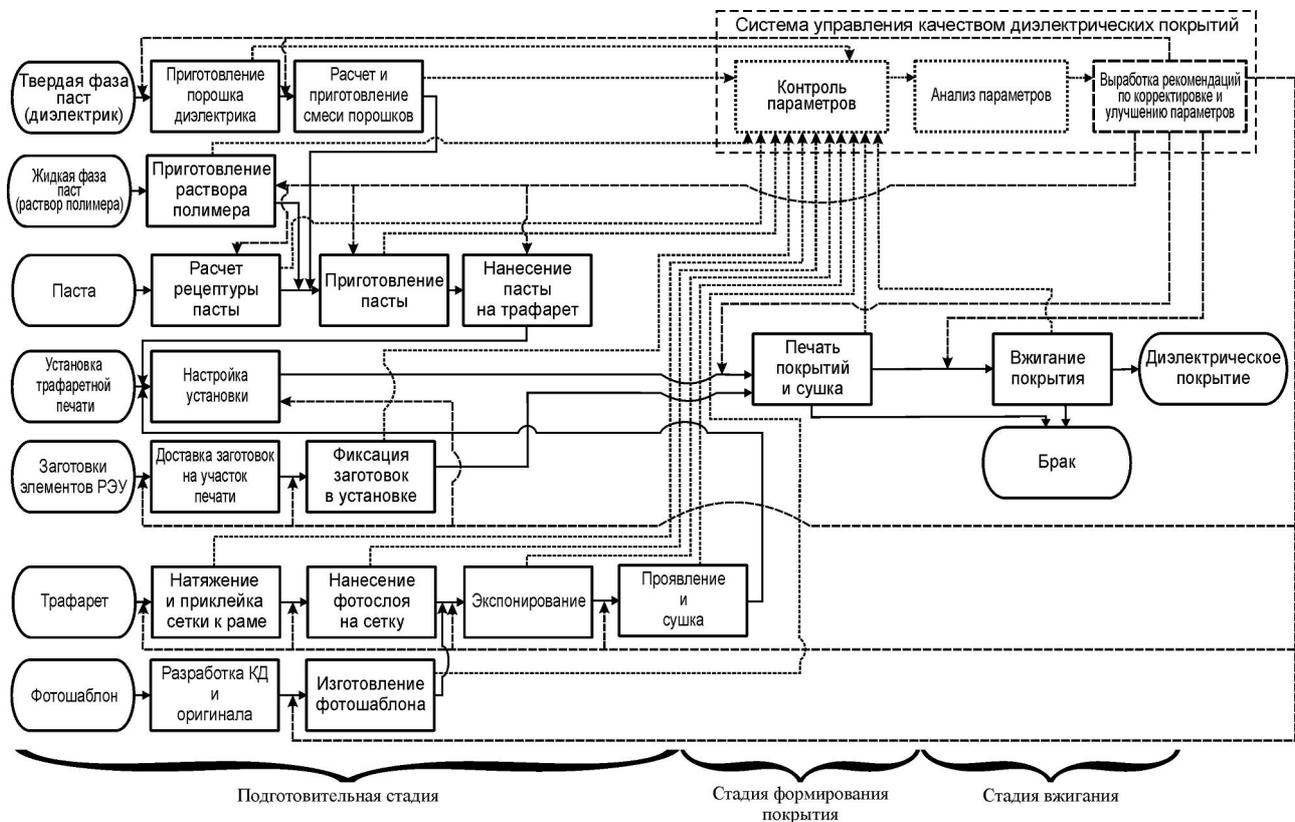


Рисунок 1

Трафарет является важной составляющей трафаретной печати и служит дозирующим устройством, через которое паста поступает на запечатываемую поверхность. Основа трафарета - рама с натянутой сеткой, на которой сформирован рисунок. Параметры сетки (диаметр нити, размер ячейки, материал, тип переплетения) выбираются из требований технологии. Натяжение сетки на раму контролируется при изготовлении трафарета. Сетка натягивается на металлическую раму и фиксируется специальным клеем.

Рисунок на трафарете формируют методами фотолитографии. При изготовлении трафарета контролируемые показателями качества покрытия являются геометрические параметры рисунка и оптическая плотность фотошаблона, степень натяжения сетки на раме, толщина наносимого на сетку фотослоя, освещенность и время экспонирования, геометрические параметры рисунка на трафарете.

Печать диэлектрических покрытий заключается в дозировании пасты через сетку трафарета на подложку при помощи специального ракельного устройства. Движущийся по трафарету ракель перемещает перед собой пасту, которая под его давлением заполняет отверстия в сетке трафарета. Для продавливания пасты через плотную сетчатую структуру требуется соответствующее усилие. Оно складывается из гидродинамического и гидравлического давлений. Гидродинамическое давление возникает в объеме пасты, расположенной в клине между кромкой ракеля и сеткой трафарета, при движении ракеля. Гидравлическое давление обусловлено весом пасты. Гидродинамическое давление зависит от скорости перемещения ракеля, угла наклона его к плоскости печати, плотности прижима ракеля к подложке, величины зазора между трафаретом и подложкой. Перечисленные выше параметры являются факторами, оказывающими влияние на качество диэлектрических покрытий на стадии формирования.

Уровень результативности процесса получения диэлектрических покрытий по трафаретной технологии отражает степень достижения запланированного результата и определяется по формуле [6]:

$$Y_P = \frac{K_{\Pi}}{K_{\PiБ}}, \quad (1)$$

где K_{Π} - комплексный показатель результативности процесса; $K_{\PiБ}$ - комплексный показатель базового (эталонного) процесса.

Расчет абсолютной величины комплексного показателя, характеризующего оцениваемый процесс, осуществляется по формуле нахождения

$$K_{\Pi} : K_{\Pi} = \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot K_i$$

где K_j - j -й групповой среднеарифметический показатель процесса ($j = 1, 2, \dots, N$); N - количество учитываемых групповых показателей свойств; α_i - коэффициенты весомости (значимости) соответствующих групповых показателей K_j .

Численный показатель j -й группы единичных свойств определяется дифференциальным методом квалиметрии, т. е. как среднее арифметическое значение их величин, по общей формуле:

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n} = \frac{K_1 + K_2 + \dots + K_n}{n}, \quad (3)$$

где K_i - i -й единичный показатель ($i = 1, 2, \dots, n$); n - число учитываемых единичных показателей.

Для расчета общего показателя результативности проводится нахождение весовых коэффициентов в соответствии с формулой [8]:

$$\alpha_i = \frac{R_i^{-1}}{\sum_{i=1}^n R_i^{-1}} \quad \text{при} \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \quad (4)$$

где R_i - ранг, присвоенный качественному показателю в порядке его значимости (наиболее значимому показателю причисляем ранг $R = 1$, наименее значимому - $R = n$).

Рассмотренная методика определения результативности процесса получения диэлектрических покрытий по трафаретной технологии при производстве элементов РЭУ позволяет определить основные недостатки процесса и мероприятия по их устранению, организовать работу производства наиболее рациональным образом.

Предложенная процессно-ориентированная модель процесса получения диэлектрических покрытий методом трафаретной печати позволила создать его структурное описание с позиций Международного стандарта серии 9001 версии 2001, а также наглядно и более формализованно представила систему управления качеством процесса с учетом динамики его осуществления. Использование процессного подхода позволило выявить факторы, влияющие на качество диэлектрических покрытий на всех стадиях, и направления совершенствования технологии трафаретной печати.

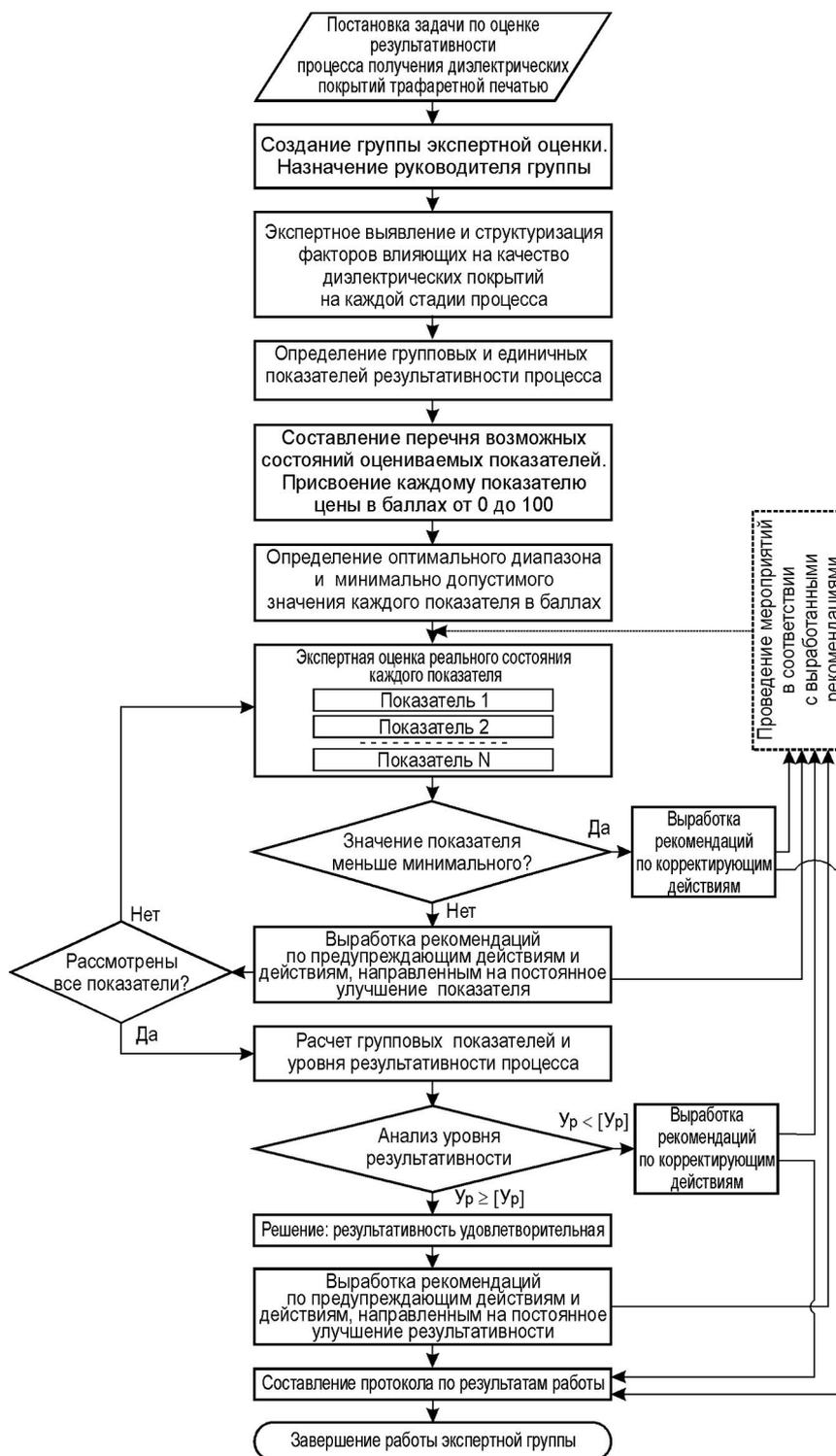


Рисунок 2

Библиографический список

- ГОСТ Р ИСО 9000-2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Изд-во стандартов, 2001. 21 с.
- ГОСТ Р ИСО 9004-2001. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности. М.: Изд-во стандартов, 2001. 45 с.
- Иванова Г.Н., Полоцкий Ю.И. Использование процессного подхода в системе менеджмента качест-

ва // Методы менеджмента качества. 2001. № 9. С.14-17.

4. Владимирцев А.В., Марцынковский О.А., Шеханов Ю.Ф. Внедрение процессной модели на предприятиях // Методы менеджмента качества. 2002. № 8. С.15-21.

5. Наговицын Д.Р. На пути к процессному подходу // Методы менеджмента качества. 2004. № 2. С.23-25.

6. *Овчинникова Е.В.* Инновационный подход к проблеме управления качеством диэлектрических покрытий. Электронный журнал «Исследовано в России», 112, стр. 1065 – 1070, 2006 г., <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/112.pdf>

7. *Потапов Ю., Потапова У.* Мир трафаретной печати: Практическое пособие. М.: ООО «Гелла – Принт», 2001. 112 с.

8. *Чистякова Н.Э., Матрохин А.Ю., Гусев Б.Н.* Определение эффективности технологического процесса // Методы менеджмента качества. 2005. № 11. С. 8-11.