

# МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ ПОДЗАТВОРНОГО ДИЭЛЕКТРИКА МДП МИКРОСХЕМ

И.В. Чухраев

Калужский филиал МГТУ им Н.Э. Баумана, г. Калуга

В работе исследованы методы оперативного управления технологическим процессом получения подзатворного диэлектрика МДП-ИС.

Предлагается метод оперативного управлением качества технологических операций формирования подзатворного диэлектрика МДП-ИС по величине напряжения отсечки тестовых МДП-структур с жидкометаллическим электродом, расположенных на рабочих пластинах. Поскольку имеющиеся в настоящее время тестовые структуры не могут использоваться для оценки качества отдельных технологических операций сразу после их проведения до операции металлизации, разработана специальная тестовая ячейка, размещаемая в пяти модулях на рабочей пластине, в состав которой, помимо традиционного набора тестовых элементов, входит МДП-конденсатор над подложкой площадью 10-2 см<sup>2</sup>. Это позволяет, используя зонд с жидкометаллическим электродом, разработанный во второй главе, проводить измерение UOTC до операции металлизации.

Качество подзатворного диэлектрика и качество проведения соответствующей технологической операции определяются по величине статистических характеристик, описывающих распределение значений UOTC в партии пластин. Оценка качества выполнения технологической операции осуществляется посредством построения области допустимых значений UOTC. Факт нестабильности технологического процесса устанавливается по выходу какой-либо точки за пределы области, границы которой являются границами регулирования. При этом реализация метода не требует разработки специальных методов и аппаратуры измерения UOTC для каждой операции. Автоматизированный контроль напряжения отсечки и обработка результатов измерений может проводиться с помощью автоматизированной установки анализа зарядового состояния диэлектрика АУАЗС.

Для управления технологическим процессом получения подзатворного диэлектрика МДП-ИС по параметрам дефектности изоляции и рядовой дефектности разработан производственный метод испытаний подзатворного диэлектрика в сильных электрических полях, заключающийся в приложении к испытываемому образцу токовой нагрузки, изменяющейся по специальному алгоритму, и измерении напряжения микропробоя УМП, характеризующего дефектность изоляции подзатворного диэлектрика.

заряда, инжектированного до пробоя  $Q_{mj}^{BD}$ , и напряжения сдвига вольтамперной характеристики (ВАХ) на участке туннельной инжекции после инжекции заряда определённой величины  $\Delta U_{МДП}$ , обусловленного захватом заряда в подзатворном диэлектрике, характеризующих зарядовую дефектность. При этом измерения могут проводиться на МДП-конденсаторах тестовых ячеек с помощью зонда с жидкометаллическим электродом разработанного во второй главе. Это обеспечивает как оперативности получения информации о дефектности изоляции и зарядовой дефектности подзатворного диэлектрика после проведения отдельных операций его формирования, так и возможность оперативного управления технологическим процессом на базе полученной информации. Для оценки качества подзатворного диэлектрика и качества проведения соответствующей технологической операции устанавливается допустимый процент МДП-структур, имеющих дефектность изоляции и зарядовую дефектность, который выбирается из условия получения максимально возможного процента годных интегральных схем.

Рассмотрена практическая реализация разработанного метода для испытаний подзатворного диэлектрика КМДП-ИС серии 564 на ОАО «Восход» г. Калуга. Отмечается, что применение метода в системах управления технологическим процессом получения подзатворного диэлектрика не требует разработки специальной измерительной аппаратуры.

Автоматизированный контроль  $U_{МП}$ ,  $Q_{mj}^{BD}$ ,  $\Delta U_{МДП}$  может проводиться с помощью автоматизированной установки инжекционных испытаний АУИИ, которая для проведения измерений до операции металлизации оснащается зондом с жидкометаллическим диэлектриком.

Приведены результаты моделирования допустимых границ изменения дефектности изоляции подзатворного диэлектрика КМДП-ИС серии 564.

Исследование зависимости процента выхода годных микросхем КМДП-ИС 564 серии от дефектности изоляции подзатворного диэлектрика оцениваемой по напряжению микропробоя тестовых МДП-конденсаторов, показало наличие тесной корреляционной связи. Рассчитывался эмпирический коэффициент корреляции  $r$  для значений процента выхода годных КМДП-ИС 564ЛЕ5 и 564ПУ4 по 15 партиям каждого типа ИС и соответствующих высот главных пиков гистограмм распределения тестовых МДП-конденсаторов по напряжению микропробоя, который составил для 564ЛЕ5  $r = 0,73$ , а для 564ПУ4  $r = 0,78$ . Разработана модель, связывающая выход годных кристаллов с дефектностью изоляции подзатворного диэлектрика, на основе которой, для управления технологическим процессом получения подзатворного диэлектрика по результатам проведения операционного контроля  $U_{МП}$  тестовых МДП-конденсаторов,

были построены теоретические кривые, определяющие с вероятностью  $P = 0,9$  нахождение годных кристаллов ИС как функцию от уровня дефектности изоляции подзатворного диэлектрика.

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННОГО РИСУНКА НА РОТОРАХ ГИРОСКОПИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ МЕТОДОМ ФОТОЛИТОГРАФИИ

Н.В. Марковская

Государственный научный центр “ЦНИИ “Электроприбор”, г. Санкт-Петербург

Известные методы изготовления рисунка на сферических поверхностях не обеспечивают всех точностных параметров раstra на роторе гироскопического прибора (ГП).

В данной работе для нанесения рисунка на сферическую поверхность предложен и применен метод фотолиитографии, который ранее использовался в планстарной технологии. Теоретически обосновано и практически подтверждено, что применение фотолиитографического метода при изготовлении роторов ГП позволяет повысить точность нанесения растров на роторы ГП за счет устранения переходной зоны рисунка.

Теоретически и экспериментально определены условия проведения каждой операции ТП; решены проблемы нанесения фоторезиста на сферическую поверхность и его последующего экспонирования – разработаны способы и устройства для их реализации; приведен алгоритм расчета плоского фотошаблона; теоретически обоснована и экспериментально подтверждена структурная модель ТП с взаимосвязью основных параметров и их влиянием на точность рисунка (рис.1); оценены погрешности и определены границы применимости метода фотолиитографии для изготовления рисунка на сферической поверхности.

Параметры, влияющие на точность метода:

- $h$  - толщина фоторезистивного слоя;
- $t$  - продолжительность процесса;
- $T$  - температура проведения процесса;
- $E$  - освещенность;
- $b$  - геометрические размеры получаемых элементов;
- $c$  - состав и концентрация проявителя.