

СИСТЕМА ПЕРЕМЕЩЕНИЙ УСТАНОВКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ОРИГИНАЛОВ ТОПОЛОГИИ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Титко Е. А.

Карлович С. Е. – д-р техн. наук, профессор

Рассмотрена прецизионная система перемещений, предназначенная для встраивания в установки автоматического контроля оригиналов топологии СБИС. Высокий уровень точности обеспечивается за счет применения датчиков линейных перемещений на базе интерферометра с двухчастотным лазером.

Основными операциями контроля качества процессов фотолитографии являются контроль критичных размеров элементов топологии, контроль координат элементов топологии и совмещаемости различных слоев интегральной схемы, контроль профиля топологических структур (в основном, для полупроводниковых пластин), а также контроль дефектности топологических структур [1, 2].

Если для оценки критичных размеров, координат элементов и профиля, как правило, производят выборочный контроль при отработке технологии с участием человека, то при контроле дефектности топологических структур на определенных стадиях технологического процесса производится сплошной контроль, для каждого изготовленного изделия.

В производстве СБИС контролю подлежат результаты процессов фотолитографии на всех стадиях производства: мастер-шаблоны (первичные шаблоны); промежуточные фотошаблоны (в некоторых случаях первичные шаблоны являются одновременно и промежуточными); рабочие фотошаблоны; топологические слои полупроводниковых пластин.

Топология только одного слоя современной микросхемы высокой степени интеграции может насчитывать до нескольких десятков, а в некоторых случаях и сотен миллионов топологических фигур (элементов топологии). В этих условиях начинают действовать два фактора.

С одной стороны, становится невозможным бездефектное изготовление топологических структур на первичных фотошаблонах (фотошаблонах, изображение на которые наносится с помощью генератора изображений на основании информации, полученной из системы проектирования), что обусловлено чисто статистическими характеристиками надежности технологического процесса. Так, технология изготовления фотошаблонов, например, включает операции на приблизительно 15...20 единицах оборудования. Каждый вид оборудования характеризуется определенным уровнем привносимой дефектности, кроме того, дефекты появляются также при транспортировке и хранении, за счет неоднородности используемых материалов, отклонений от состояния среды и т.д.

С другой стороны, на современном этапе развития микроэлектроники визуальный контроль топологии с использованием средств микроскопии и проекционных систем не представляется возможным из-за ограниченных способностей человека. Визуальный контроль становится практически невозможным, начиная с уровня приборов, эквивалентных по топологической сложности динамическому ОЗУ емкостью 256 Кбит. Так, например, ряд экспериментов, проведенных в процессе технологических испытаний установки ЭМ-6029Б производства ГНПО ТМ «Планар» на предприятии-пользователе ОАО «Ангстрем» (г. Зеленоград, Россия), показал, что после трехкратного визуального контроля опытными операторами установка автоматического контроля находит на каждом шаблоне средней сложности, защищенном пелликом, в среднем около двадцати дефектов размером 1 мкм и выше (наличие пелликла в рассматриваемом эксперименте гарантировало отсутствие возможности появления привнесенных дефектов после завершения визуального контроля). Что касается дефектов с субмикронными размерами, то визуально эти дефекты обнаруживаются только при очень большом увеличении на полях малого размера, что исключает возможность эффективного визуального контроля.

Во многих случаях выявляются скрытые дефекты, которые не идентифицируются на стадии функционального контроля, но на ранней стадии эксплуатации приводят к отказам готовых приборов в процессе работы у потребителя, что соответствует так называемому процессу приработки. Поэтому наличие в технологической цепочке операций автоматического контроля топологии приводит к повышению надежности работы приборов в целом.

Особое место в технологической цепочке контроля занимает оборудование автоматического контроля оригиналов топологии на фотошаблонах. Для реализации такой технологии контроля на ГНПО ТМ «Планар» разработаны и изготовлены установки ЭМ-6329 (рис. 6.21) и ЭМ-6729, которые в автоматическом режиме выполняют контроль оригиналов топологии СБИС путем сравнения изображения маски фотошаблона с искусственным изображением, сгенерированным из проектных данных.

Установки ЭМ-6329 и ЭМ-6729 предназначены для автоматического обнаружения дефектов оригиналов топологии на фотошаблонах, используемых для производства интегральных микросхем при проекционной литографии в масштабе 10:1 и 5:1. Установки позволяют контролировать оригиналы топологий приборов, спроектированных с топологической нормой до 65 нм. Контроль топологии производится методом сравнения оптического изображения с проектными данными, что делает установку универсальным средством для автоматического обнаружения дефектов топологии фотошаблонов с точки зрения обнаружения дефектов геометрии, включая наличие лишних или отсутствие отдельных конструктивных элементов топологии. Установка может использоваться для автоматического контроля

топологии фотошаблонов практически всех видов – для контроля первичных, промежуточных и рабочих фотошаблонов СБИС.

Принцип работы установки контроля оригиналов топологии основан на сравнении реальной топологии шаблона с его эталонным описанием, полученным из системы автоматизированного проектирования топологии. Установка контроля состоит из оптико-механического устройства, устройства управления и стола оператора с терминалом. Оптико-механическое устройство содержит двухкоординатный стол, позволяющий производить перемещения с чувствительностью 10 нм, механизм ориентации шаблона, оптико-электронный преобразователь с линейным многоэлементным фотоприемником с зарядовой связью, осветитель для контроля шаблонов в проходящем свете и визуального наблюдения в проходящем и отраженном свете, систему автофокусировки, бинокулярный микроскоп для визуального наблюдения, переносной пульт управления. Устройство управления содержит специализированный анализатор изображений с инженерным пультом, блок управления координатной системой, блок усилителей мощности, одноплатную промышленную ЭВМ канала реального изображения, одноплатную промышленную ЭВМ канала эталонного изображения, рабочую станцию, управляющую циклом установки и осуществляющую связь с оператором, блоки питания, блок автоматики и блок развязки с сетевыми фильтрами.

Для достижения при сканировании точного совмещения координатной системы фотошаблона и координатной системы самой установки контроля используется прецизионная система перемещений [1].

Высокий уровень совмещения достигается за счет обеспечения возможности получения более полной совместимости координатных систем установок комплекса. Эта совместимость достигается за счет применения однотипных датчиков линейных перемещений (ДЛП), построенных на базе интерферометров с двухчастотным лазером (рис. 1), а также за счет реализации аналогичных алгоритмов управления перемещениями координатного стола.

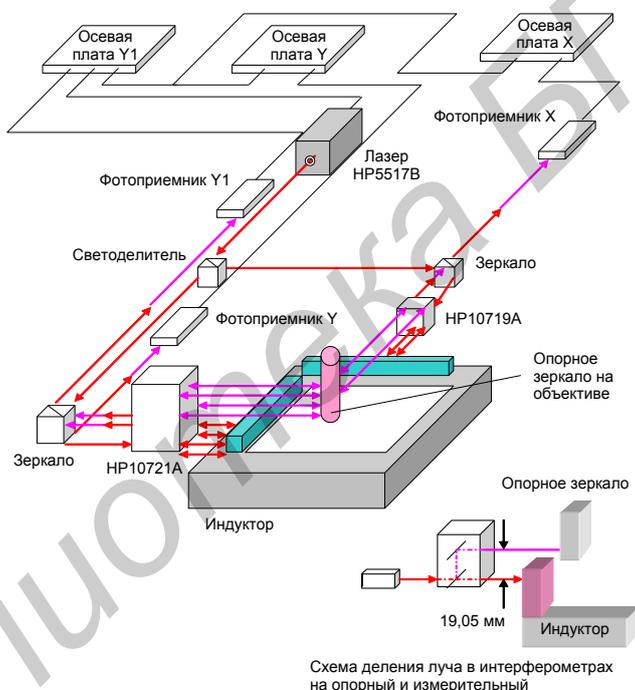


Рис. 1 – Система перемещений установки автоматического контроля

Координатные столики установок контроля построены по единой схеме на базе линейных шаговых двигателей. В цепи обратной связи применяются однотипные интерферометрические датчики линейных перемещений, построенные на базе двухчастотных лазеров. Все это позволяет при автоматическом контроле топологии существенно сократить количество ложных ошибок, возникающих за счет отклонения траекторий перемещений координатных столов генератора изображений и установки автоматического контроля топологии и, тем самым, повысить достоверность контроля. С другой стороны, появляется возможность более точного выхода в зону дефектов при их устранении, что упрощает процедуру ремонта металлизированной маски фотошаблона. При этом обеспечивается возможность реализации единых подходов к построению алгоритмов компенсации погрешностей координатных систем. К ним относятся погрешности, связанные с изменениями окружающей среды, с локальными неравномерностями шаблонов, с разбросом параметров при изготовлении составных частей координатных систем.

Список использованных источников:

1. Аваков, С. М. Автоматический контроль топологии планарных структур : моногр. / С.М. Аваков ; науч. ред. С. Е. Карпович. – Минск : ФУАинформ, 2007. – 168 с.
2. Avakaw, S. M. Complete set of the special process equipment for the defect-free production of reticles / S. M. Avakaw, V. V. Garsky, S. E. Karpovich, A. A. Tsitko // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas : Technologija. – 2008. – No. 4(84). – P. 94–96.