

ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.382.049.77

**ЛАЗЕРНЫЕ РАСТРОВЫЕ СКАНИРУЮЩИЕ ГЕНЕРАТОРЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ
В ПРОИЗВОДСТВЕ ДИСПЛЕЕВ**

И.Л. БАРАНОВ, А.С. ТЫМОЩИК, А.Г. ЧЕРНЫХ, А.Б. ЗИМИН

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 25 марта 2008*

Рассмотрено применение лазерных генераторов изображений в производстве тонкопленочных транзисторных жидкокристаллических дисплеев для изготовления фотошаблонов большой площади. Рассмотрен принцип работы наиболее распространенных установок. Приводятся основные параметры лазерных генераторов некоторых зарубежных изготовителей.

Ключевые слова: лазерные генераторы изображений, тонкопленочные транзисторные жидкокристаллические дисплеи (TFT-LCD), фотошаблоны, фотолитография.

Введение

Конкуренция заставляет производителей дисплеев использовать новые технологии, которые удешевляют продукцию, увеличивают ее количество и качество. Одной из основных технологий, используемых в производстве дисплеев, в значительной мере определяющей их уровень и качество, является фотолитография.

В производстве дисплеев от фотолитографии не требуется достижения минимальных размеров, как при изготовлении элементов современных интегральных схем (ИС), но зато площадь изделий намного больше и составляет тысячи квадратных сантиметров [1].

Процессы фотолитографии дисплеев такие же как и в производстве ИС, однако, при экспонировании через шаблон не используют уменьшение масштаба, а экспонируют стеклянную подложку полностью или большую ее часть. Обычно для изготовления активной матрицы на тонкопленочных транзисторах требуется 4-5 фотомасок-шаблонов. Для изготовления цветowych фильтров требуется 4-6 шаблонов.

Увеличение размеров фотошаблонов и большая площадь экспонирования делает фотолитографию для дисплеев уникально сложной проблемой, которая заключается в необходимости с высокой точностью воспроизвести элементы по всей площади стеклянных подложек, которые по сравнению с кремниевыми пластинами никогда не бывают такими плоскими. Они часто прогибаются и искривляются на 50-70 мкм, что затрудняет фокусировку и приводит к изменению точности наведения на резкость по площади подложек, а следовательно, к неконтролируемому изменению размеров экспонируемых элементов. Следует отметить, что при производстве дисплеев контроль размеров элементов должен достигать $\pm 3\%$ по сравнению с $\pm 10\%$ при производстве ИС. В противном случае можно видеть все рисунки экспонирования в готовом дисплее.

Кроме того, при проведении процесса фотолитографии необходимо компенсировать изменение размера подложек, происходящее из-за термической их обработки при изготовлении тонкопленочных транзисторов. Даже при размере подложек по диагонали 400 мм такая обработка приводит к ошибке совмещения слоев больше чем на 4 мкм [2].

Ключевое требование качества фотошаблонов для дисплеев это отсутствие мура. Мура - японское слово и используется для названия систематических дефектов дисплея, которые намного больше размера одного пиксела и проявляются на большой площади как низкоконтрастные полосы, пятна и т.п.. Обычно отклонения, вызывающие мура, очень малы, менее нескольких сотен нанометров, поэтому их трудно обнаружить и измерить с помощью аппаратуры, но глаз их хорошо различает вследствие высокой чувствительности к систематическим изменениям в интенсивности.

Таким образом, для выполнения требований к производству дисплеев установки фотолитографии должны быть оснащены очень точным координатным столом, прецизионным и гибким совмещением, а также механизмами, способными компенсировать изменение масштаба изображений.

Для увеличения их производительности и снижения стоимости дисплеев необходимо обеспечить увеличение размеров обрабатываемых подложек, а следовательно необходимо изготавливать и использовать фотошаблоны больших размеров.

Оборудование для изготовления фотошаблонов

Наилучшим оборудованием для изготовления фотошаблонов, позволяющим в наибольшей мере выполнить требования по производству дисплеев, являются лазерные сканирующие системы (LRS). В отличие от систем экспонирования шаблонов для ИС [3], в которых объектив неподвижен а стол с пластиной, покрытой резистом, перемещается по двум координатам, стол в генераторах изображений, экспонирующих большие площади, передвигается только в одном направлении, а выходная линза передвигается в перпендикулярном направлении. Это позволяет уменьшить габариты и стоимость установок.

Примером такого лазерного генератора для экспонирования большой площади являются растровые сканирующие системы фирмы Микроник (Швеция, www.micronic.se). В них сканирование осуществляется движением выходной линзы оптической системы вдоль направления x и одновременным сканированием лазерных лучей с помощью акустооптического дефлектора вдоль Y (рис.1). После прохождения полосы по X подложка вместе со столом перемещается на ширину полосы по Y . Оптический луч управляется акустооптическим модулятором, включающим и выключающим луч, и дефлектором, сканирующим луч в направлении Y . Управляющий компьютер преобразует графическую информацию в аппаратные коды акустооптических устройств, управляющие лазерным лучом, а на пластине получается светокопия литографического слоя. Луч лазера разбивается на несколько, что позволяет, не увеличивая скорость подвижного стола и быстродействие аппаратуры, повысить производительность. Информация для каждого луча при этом обрабатывается своим процессором.

Фирма Микроник разработала и поставляет на рынок серию систем LRS для изготовления высококачественных хромовых шаблонов для тонкопленочных транзисторных матриц и цветных фильтров для жидкокристаллических (TFT-LCD) дисплеев.

Установки модификации LRS11000 позволяют изготавливать шаблоны размером 1100x1100мм и 900x1200мм. Установки модификации LRS15000 предназначены для изготовления шаблонов размером 1300x1500мм. Эти системы оптимизированы под различные типы дисплеев.

Системы LRS модификации TFT2 обеспечивают формирование элементов с минимальным размером 1,5 мкм при производительности экспонирования 1000мм²/мин, и предназначены для экспонирования элементов тонкопленочных транзисторов и цветных фильтров. Системы LRS модификации TFT3 обеспечивают получение меньшего минимального размера 0,75 мкм, но с более низкой производительностью 750 мм²/мин. Лучшее разрешение данной серии и более точное совмещение позволяют с их помощью дополнительно обеспечить получение серо-

тоновых шаблонов (gray-scale mask - GSM) для получения заданного рельефа фоторезиста и шаблонов для низкотемпературной обработки поликремния на больших площадях.

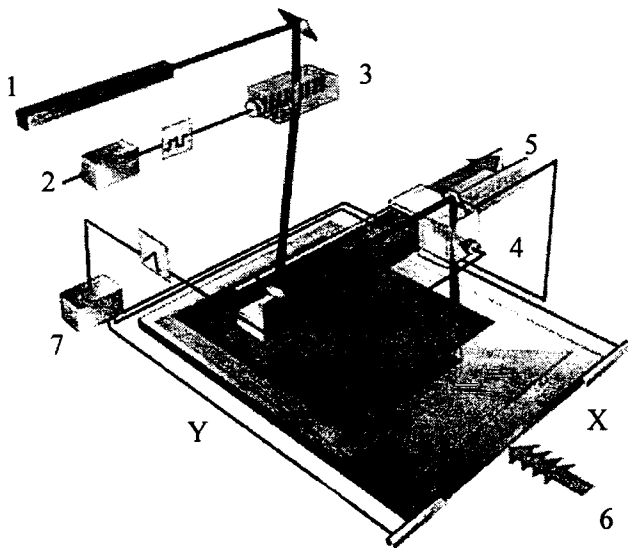


Рис.1 Схема установки лазерного экспонирования для систем с большой площадью, используемая в производстве шаблонов для дисплеев. (1- лазер, 2- графические данные, 3- акустооптический модулятор, 4- акустооптический дефлектор, 5- направление движения выходной линзы оптической системы, 6- движение координатного стола с установленным на нем шаблоном, 7- интерферометр)

В этих установках имеется возможность контроля дисторсии оптических систем экспонирования и совмещения, что обеспечивает точное совмещение и повторное экспонирование. Функция контроля дисторсии делает возможным подогнать координатную систему рисунка. Это может быть использовано чтобы компенсировать систематические отклонения в любом процессе производства дисплеев, например, дисторсию оптики совмещения. Возможность совмещения может быть использована, чтобы экспонировать второй слой на фотошаблоне точно подогнанным под первое экспонирование.

В установке LRS15000-TFT3 имеется возможность z-коррекции для устранения ошибок из-за неплоской поверхности шаблона. Ошибки устраняются для каждого шаблона индивидуально, обеспечивая лучшее наложение в пределах набора шаблонов по всей основной площади.

Изготовление шаблонов с помощью систем LRS позволяет в значительной мере устранить дефекты мура и фактически сделало эти системы стандартными в производстве плоскопанельных дисплеев.

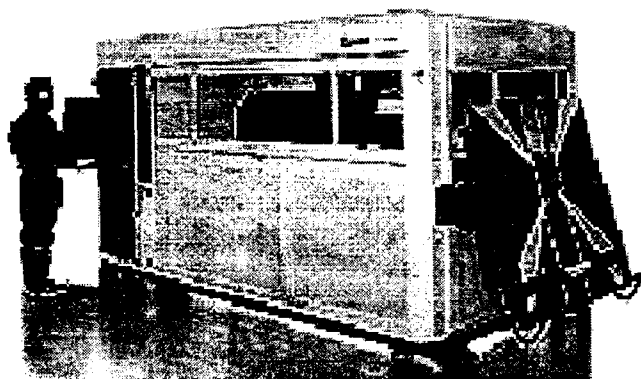


Рис.2. Системы серии LRS фирмы Микроник

Для следующих поколений дисплеев от 8 до 10 фирма Микроник разработала генераторы изображений Micronic Prexision (Prexision-8 и Prexision-10), в которых улучшены параметры выдерживания критического размера, совмещения и производства серотонных шаблонов, а также z-коррекции, компенсирующей искажения от загрязнений отдельными микрочастицами и от механических деформаций при загрузке, что еще более уменьшает эффекты мура. Эти системы выпускаются в двух конфигурациях – НА для высокой точности и НТ для высокой производительности. Увеличено количество экспонирующих пучков до 11, что позволило увеличить производительность НТ систем на 60% выше по сравнению LRS. При разрешении 0,75 мкм производительность НА-900мм²/мин, при разрешении 1,0 мкм производительность НТ-1200мм²/мин.

Новейшая разработка - система FPS5100 (Flexibility,Productivity,Stability) – уникальная комбинация большой производительности и высокого качества рисунка. Гибкость (Flexibility) обеспечивается тем, что система имеет три уровня аппаратуры и оптики с различным разрешением и производительностью, которые могут переключаться автоматически, в зависимости от типа изготавливаемого дисплея и технологической операции, В стандартной конфигурации размер подложки 813×813 мм, максимальный размер подложки 1100×1100 мм. Большая производительность достигается применением лазера большой мощности и многолучевым экспонированием. При минимальном размере 0,4, 1,2, 2,4 мкм производительность равна 550, 4000, 12000 мм²/мин. Дополнительные усовершенствования заключаются в том, что малые платы могут загружаться одновременно по нескольку штук и что система может выполнять до 10 операций в автоматическом режиме без вмешательства оператора. В результате усовершенствований значительно уменьшены дефекты мура.

Оборудование высокого качества для изготовления шаблонов большой площади с помощью лазерных генераторов изображений поставляется на рынок также фирмой – Хайдельберг инструмент микротехник – Heidelberg instrument mikrotechnik (Германия, www.himt.de). Установки могут использоваться для изготовления шаблонов а также и в бесшаблонной фотолитографии и в технологиях прямого лазерного экспонирования. Серия DWL 8000 лазерных генераторов изображений предназначена для изготовления двумерных и трехмерных структур микрооптики, МЭМС, цветowych фильтров, дисплеев и сенсоров. Подложки могут иметь размер до 800×800мм, производительность при разрешении 0,7 мкм достигает 340мм²/мин, при разрешении 1,7 мкм - 1650мм²/мин. Есть возможность совмещения, поддержка различных форматов данных (DXF,GIF,GDSII,Gerber,STL). При последующем усовершенствовании разработана новая система VPG1600 (Рис.3), пригодная для производства больших объемов изделий. Система конфигурируется под различные размеры подложек – 1600 мм×1400 мм, 1100 мм×1100 мм и 800 мм×800 мм. Мощность УФ лазера достигает 20 Вт. Имеется возможность мура-коррекции. При разрешении 1 мкм, 2мкм и 4 мкм производительность 1300 мм²/мин, 5000 мм²/мин и 17000 мм²/мин соответственно.

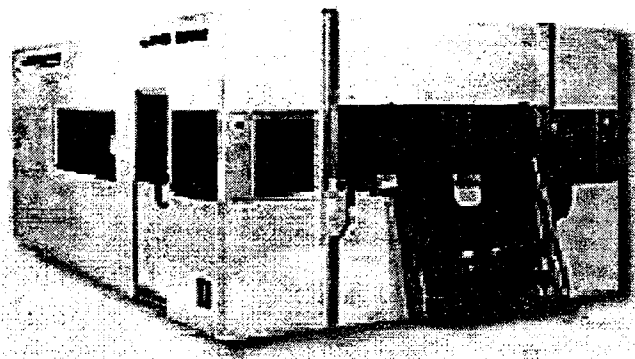


Рис.3. Системы VPG1600 фирмы Хайдельберг Инструмент Микротехник

Заключение

Таким образом, в настоящее время лазерные генераторы изображений в производстве дисплеев успешно применяются в основном для изготовления шаблонов большой площади. Постоянный рост размеров шаблонов, а также увеличение числа изготавливаемых на подложках панелей, в основном определяется достигнутым техническим уровнем оборудования фото-литографии. Это требует значительных инвестиций. Так фирмы Sony и Samsung для 8 поколения подложек размером 2200 мм×2500 мм инвестируют 1,9 млрд. долл.

LASER PATTERN GENERATORS IN DISPLAY PRODUCTION

I.L. BARANOV, A.G. CHERNYKH, A.S. TYMOSHCHIK, A.B. ZIMIN

Abstract

The using of laser pattern generators in thin film transistor liquid crystal display production for large area photomask manufacturing is considered. The working principle of the most used tools is considered. Laser pattern generators basic parameters of some foreign manufacturers are given.

Литература

1. *I.L. Baranov, V.D. Shakinko. // Proc. of the International Symposium "Advanced Display Technologies". 1998. Vol. 7. P. 162.*
2. *P. Burggraaf. // Semiconductor international. 1992. N 12. P. 2.*
3. *И.М. Глазков, Я.А. Райхман. Генераторы изображений в производстве интегральных микросхем. Минск, "Наука и техника", 1981.*