

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 026441

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2017.04.28

(51) Int. Cl. G01N 21/958 (2006.01)

(21) Номер заявки
201290998

(22) Дата подачи заявки
2011.03.28

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО АНАЛИЗА ОПТИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПРОЗРАЧНОЙ ПОДЛОЖКИ

(31) 1052477

(56) US-A1-2006158664

(32) 2010.04.01

FR-A1-2898969

(33) FR

US-A-5175601

(43) 2013.03.29

(86) PCT/FR2011/050675

(87) WO 2011/121219 2011.10.06

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
СЭН-ГОБЭН ГЛАСС ФРАНС (FR)

(72) Изобретатель:
Пишон Мишель, Давенн Франк (FR)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Устройство (1) анализа прозрачной поверхности подложки (2) содержит миру (10), располагаемую напротив поверхности измеряемой подложки. Мира сформирована на носителе (11) с малой и большой протяженностями. Предусмотрена камера (3) для получения по меньшей мере одного изображения миры, деформированного измеряемой подложкой. С камерой (3) связаны система (4) освещения миры и средства (5) цифровой обработки изображения и анализа. Носитель (11) имеет вытянутую форму, мира является однонаправленной и представляет собой рисунок (10), расположенный вдоль наименьшей протяженности носителя. Рисунок (10) является периодическим поперечно к малой протяженности, и камера является линейной.

B1

026441

026441

B1

Изобретение касается устройства анализа оптического качества прозрачной подложки, обеспечивающего, в частности, обнаружение деформирующих оптических дефектов, присутствующих либо на поверхности этой подложки, либо в ее массе.

Оптические дефекты прозрачных подложек характеризуются оптическими деформациями, создаваемыми ими, когда эти подложки находятся в ситуации использования, например, такие как автомобильные стекла, окна зданий, плазменные или жидкокристаллические экраны и т. д.

Обнаружение оптических дефектов этих подложек в конце производственного процесса хотя и может быть эффективным с точки зрения контроля качества часто является очень дорогим, так как его производят на готовом к поставке законченном изделии. Более предпочтительно обнаруживать эти дефекты как можно раньше, то есть во время формования подложки, которая будет использована для производства готового изделия.

Поскольку часто эти подложки выполняют при помощи процессов вытяжки или экструзии в виде сплошной ленты, необходимо располагать инструмент контроля, который можно адаптировать на производственной линии к сплошной ленте для всестороннего контроля и без необходимости внесения изменений в производственную линию.

В случае флоат-стекла, получаемого посредством вытяжки, дефекты, приводящие к оптическим деформациям, появляются в одном направлении, параллельном краям листа и соответствующем характеристическим признакам формовочного процесса. При этом интенсивность этих дефектов является более или менее значительной в зависимости от качества формования.

Обычно технологии, применяемые для обнаружения и оценки дефектов, состоят либо в визуальном отслеживании дефектов при помощи технологий, использующих теневой метод на линии, состоящий в освещении листа при помощи точечного и мощного светового источника и в сборе светового потока на экране после пропускания через подложку. Визуальный анализ этого изображения в большинстве случаев позволяет обнаруживать дефекты, имеющие большой градиент, то есть узкие и интенсивные дефекты, которые дают достаточно контрастное изображение, чтобы его можно было наблюдать, но не дает точной информации об интенсивности этих дефектов. Поэтому необходимо исследовать образцы либо в регулярном отборе стеклянного образца большого размера и в его анализе за пределами линии, либо в отборе образцов небольшого размера, которые можно измерить при помощи соответствующих измерительных устройств.

Эти технологии контроля являются малоэффективными, не всесторонними и неточными, требуют наличия большого количества персонала и сказываются, в частности, на стоимости производства. Они являются малоэффективными в случае дефектов средней или низкой интенсивности. Измеряемую интенсивность практически невозможно проверить.

Кроме того, в коммерческой практике существуют технологии контроля прозрачной подложки, которые позволяют обнаруживать оптические дефекты посредством измерений на пропускание, основанных на наблюдении равномерных мир через подложку.

В документе US 6509967 описан способ обнаружения оптических дефектов, основанных на анализе деформаций двухмерной миры, наблюдаемой при пропускании. В случае наличия дефектов изображение миры деформируется, и деформацию множества точек изображения измеряют для определения после предварительной калибровки оптической мощности в двух направлениях, значения которой характеризуют присутствие или отсутствие, а также серьезность упомянутых дефектов. Этот документ настаивает на необходимости согласования между мирой и камерой, предназначенной для получения изображений при пропускании. Каждая линия миры должна точно соответствовать целому числу строк пикселей камеры.

Однако способ по этому американскому документу предполагает знание или адаптацию характеристик миры (ее размеров, ее форм, ее положения) и камеры (числа пикселей, расстояния до миры, ...) для обеспечения приемлемого совмещения рисунка миры с пикселями камеры, что представляет собой сложность и редко осуществимо в промышленных условиях (плохая равномерность миры, расширение миры в зависимости от температурных колебаний в течение суток, вибрации пола и т. д.).

В документе US 6208412 предложен другой способ измерения посредством наблюдения на пропускание одномерной миры. Измерительное устройство согласно этому документу использует проектор для создания миры посредством формирования на экране большого размера, всегда превышающего размер измеряемого стекла (обычно 2×3 м), однонаправленного периодического и меняющегося во времени рисунка, а также матричную камеру, которая снимает миру через анализируемое стекло. Мира должна быть выполнена с постепенными уровнями серого, то есть не должна иметь повышенных локальных контрастов.

Это описанное в последнем документе устройство хотя и является удовлетворительным в лабораторных условиях или на границе производственной линии для контроля на образцах, невозможно использовать для контроля на линии на непрерывно движущейся ленте в рамках контроля, который должен быть всесторонним в отсутствие возможности моментальной остановки стекла.

Использование проектора или большеразмерного экрана на промышленной линии тоже не представляется возможным или желательным по причине недостаточного места. Кроме того, изображение,

создаваемое проектором, как правило, является неярким. Поэтому необходимо защитить экран от окружающего паразитного света при помощи объемного кожуха и даже покрасить пол в черный цвет.

Наконец, описанный способ измерения является способом, хорошо известным под названием "сдвига фаз", в рамках которого после остановки стекла последовательно проецируют несколько мир, как правило, четыре мира, смещенные в пространстве, и получают изображение для каждого положения мира. Эта последовательная съемка изображений занимает много времени и настолько же увеличивает время остановки стекла. Этот способ не совместим с измерением на непрерывно движущейся подложке.

Следовательно, устройство, описанное в US 6208412, и соответствующий способ измерения не совместимы с измерением на промышленной линии на непрерывно движущейся сплошной подложке и с соблюдением требования всестороннего контроля.

Заявитель поставил перед собой задачу создания устройства анализа оптического качества прозрачной подложки, не имеющего недостатков вышеупомянутых технических решений и позволяющего обнаруживать и количественно определять дефекты этой подложки при пропускании, причем легко, точно и многократно соответствуя требованиям внедрения в производственную линию с целью контроля стекла по всей его длине на непрерывно движущейся или неподвижной подложке, обеспечивая при этом, в частности, снижение стоимости контроля соответствия стекла нормам на производственной линии. Это новое устройство должно также позволять применять способы измерения, позволяющие оптимизировать время анализа.

В связи с этим объектом изобретения является устройство анализа прозрачной поверхности подложки, содержащее миру, сформированную на держателе, расположенном напротив поверхности измеряемой подложки, камеру для получения по меньшей мере одного изображения мира, деформированной измеряемой подложкой, систему освещения мира и средства обработки изображения и цифрового анализа, связанные с камерой, отличающееся тем, что держатель имеет вытянутую форму с большой и малой протяженностями, при этом мира является однонаправленной и состоит из рисунка, проходящего вдоль наименьшей протяженности держателя, при этом рисунок является периодическим поперечно к малой протяженности, и тем, что камера является линейной и расположенной для съемки линейного изображения мира при пропускании через подложку по большой протяженности держателя.

Согласно частным вариантам выполнения устройство имеет один или несколько следующих отличительных признаков, взятых отдельно или в любых технически возможных комбинациях:

соотношение между большой протяженностью держателя и малой протяженностью держателя, например, превышает или равно 10, предпочтительно превышает или равно 20;

рисунок содержит по меньшей мере одну линию, имеет по малой протяженности держателя ширину, заключенную между 0,1 мм и 5 см, предпочтительно между 1 и 2 мм;

рисунок состоит из чередующейся последовательности светлых и темных линий;

держатель мира состоит из панели с обратным освещением при помощи системы освещения;

на уровне своей стороны, находящейся напротив измеряемого стекла, держатель является светопроницаемым и рассеивающим, таким как пластина из белого пластика;

система освещения состоит из множества электролюминесцентных диодов;

подложку располагают между миром и камерой для измерения на пропускание;

держатель мира установлен подвижно относительно подложки и перпендикулярно к плоскости движения подложки;

устройство содержит механическую систему подъема и опускания для приближения и удаления держателя мира относительно подложки с сохранением достаточной четкости изображения мира, снимаемой камерой;

устройство содержит память, в которой записаны программы, адаптированные для съемки при помощи линейной камеры линейного изображения при пропускании освещенной мира, при этом подложку или миру перемещают относительно друг друга в одном направлении движения, параллельном направлению дефектов и линиям мира;

(1) считывания строки пикселей линейного изображения, снимаемого вдоль большой протяженности мира без перемещения камеры относительно мира;

(2) применения цифровой обработки к считываемой строке пикселей для вычисления по каждому пикселю характеристической величины влияния подложки на свет, передаваемый подложкой, например оптической мощности каждого пикселя;

(3) сохранения в памяти значений этой величины для каждого пикселя строки и отображения изображения строки пикселей, в котором цвет каждого пикселя характеризует эту величину;

многократного и периодического повторения цикла считывания-обработки-отображения (1) (2) (3) и объединения изображений строк пикселей с целью воссоздания изображения части подложки;

анализа посредством цифровой обработки воссозданного изображения для определения положения дефектов и количественного определения их серьезности;

период считывания строк превышает продолжительность считывания каждой строки, например, на 0,1 с или более;

каждую строку отображают после каждого этапа (2), чтобы воссозданное изображение части под-

ложки моделировало эффект непрерывного движения, который будет соответствовать отображению в режиме реального времени двухмерной картографии дефектов;

подложка является сплошной стеклянной лентой.

Можно напомнить, что линейная камера содержит только один видеодатчик, выдающий в качестве выходного сигнала только одну строку пикселей. Датчик содержит только один приемник, состоящий из нескольких расположенных рядом чувствительных элементов, соответствующих пикселям выходного сигнала, при этом чувствительные элементы выровнены на одной строке. Линейные камеры являются малогабаритными и обеспечивают быстрое считывание.

Вытянутая форма держателя миры в сочетании с применением линейной камеры позволяет уменьшить зону, занимаемую мирой, и ограничить, таким образом, место, необходимое для устройства на производственной линии.

Разумеется, величину рисунков миры и положение миры, стекла и камеры адаптируют для каждого типа измерения, причем это устройство можно адаптировать как для контроля образцов шириной в несколько сантиметров, так и для контроля стеклянной ленты шириной в несколько метров, находящейся в непрерывном движении. В этом последнем случае следует объединить несколько систем камера/мира для охвата всей ширины анализируемой ленты. Для более мелких подложек большая протяженность держателя может соответствовать ширине измеряемой подложки.

Соотношение между большой протяженностью подложки и малой протяженностью подложки, например, превышает или равно 10, предпочтительно превышает или равно 20.

Известно также, что деформации, выраженные в виде оптического увеличения и воспринимаемые неподвижным наблюдателем, находящимся с одной стороны, наблюдаемой в подложке при пропускании, меняются в зависимости от расстояния, отделяющего подложку от миры, которая играет роль оптически действующего объекта. Необходимо отметить, что, как известно, оптическую мощность определяют как величину, обратную фокусному расстоянию эквивалентной оптической линзы, которая, если ее разместить на месте дефекта, давала бы то же увеличение, которое воспринимает наблюдатель.

Таким образом, чтобы адаптировать чувствительность устройства, то есть чтобы увеличить или уменьшить деформирующий эффект данного оптического дефекта, можно изменять расстояние, отделяющее мирю от этого дефекта, то есть от подложки. Этот эффект можно реализовать при помощи механической системы подъема и опускания, которая удаляет или приближает мирю относительно подложки, сохраняя при этом достаточную четкость изображения миры, снимаемой камерой. Поскольку наше устройство не требует очень точной фокусировки камеры на мирю, можно легко удвоить чувствительность этого устройства, увеличивая расстояние между мирью и подложкой примерно в два раза. При этом можно быстро поменять конфигурацию устройства без дополнительных оптических регулировок, чтобы адаптировать его к новому ряду дефектов, характеризующемуся другими значениями оптической мощности.

Согласно отличительному признаку рисунок миры состоит из чередующейся последовательности светлых и темных линий, предпочтительно сильно отличающихся по контрасту (например, белых и черных) и соответственно имеющих одинаковую ширину. Ширину линий, образующих каждый рисунок, по сути адаптируют к условиям измерения и к ширине дефектов. Ширина линий может составлять от 0,1 до 10 мм, предпочтительно от 1 до 2 мм.

Кроме того, если систему освещения непосредственно объединяют с мирью, например, при обратном освещении, панель-носитель миры может не превышать 5 см шириной, что позволяет существенно сократить размеры, необходимые для установки заявленного устройства, по сравнению с известными устройствами.

При использовании панели с обратным освещением эта панель является светопроницаемой и рассеивающей на уровне своей стороны, находящейся напротив измеряемой подложки. Речь идет, например, о пластине из белого пластика. Речь может также о прозрачной подложке, на которую методом печати наносят мирю. В этом случае вторая светопроницаемая пластина, связанная с освещением, обеспечивает световой фон, необходимый для более или менее равномерного обратного освещения миры, хотя эта равномерность и не является критической.

Предпочтительно и, в частности, в случае обратного освещения система освещения содержит множество электролюминесцентных диодов. Это освещение можно соответствующим образом модулировать по интенсивности во времени, чтобы, например, увеличить срок службы системы или чтобы адаптировать его для пропускания через более или менее поглощающую подложку.

Для обеспечения измерения на пропускание подложку располагают между мирью и камерой.

Объектом изобретения является также способ анализа прозрачной или зеркальной поверхности подложки при помощи устройства, содержащего мирю, сформированную на держателе вытянутой формы с большой и малой протяженностями, линейную камеру для получения по меньшей мере одного изображения миры, деформированной измеряемой подложкой, систему освещения миры и средства обработки изображения и цифрового анализа, связанные с камерой, при этом способ содержит следующие этапы:

при помощи линейной камеры снимают линейное изображение при пропускании освещенной миры, при этом подложку или мирю перемещают относительно друг друга в одном направлении движения, па-

параллельном направлению дефектов и линиям миры;

1) считывают строку пикселей линейного изображения, снимаемого вдоль большой протяженности миры без перемещения камеры относительно миры;

2) применяют цифровую обработку к считываемой строке пикселей для вычисления по каждому пикселю характеристической величины влияния подложки на свет, передаваемый подложкой, например оптической мощности каждого пикселя;

3) сохраняют в памяти значения этой величины для каждого пикселя строки и отображают изображение строки пикселей, в котором цвет каждого пикселя характеризует эту величину;

многократно и периодически повторяют цикл считывания-обработки-отображения 1), 2), 3) и объединяют изображения строк пикселей с целью воссоздания изображения части подложки;

анализируют посредством цифровой обработки воссозданное изображение для определения положения дефектов и количественной характеристики их серьезности.

Согласно частным вариантам выполнения способ имеет один или несколько следующих признаков, взятых отдельно или в любых технически возможных комбинациях:

каждую строку отображают после каждого этапа (2), чтобы воссозданное изображение части подложки моделировало эффект непрерывного движения, который будет соответствовать отображению в режиме реального времени двухмерной картографии дефектов;

подложка является сплошной стеклянной лентой;

период считывания строк превышает продолжительность считывания каждой строки, например, на 0,1 с или более.

Частоту съемок каждой строки необходимо согласовывать со скоростью перемещения подложки относительно миры, чтобы не допускать любого перекрытия в направлении движения изображения одной строки пикселей со следующей. Для выигрыша времени можно допустить, чтобы время считывания одной строки было короче, чем время обработки, что позволит не регистрировать известный участок подложки.

В этом случае анализ будет касаться только дефектов при времени прохождения под камерой порядка одной секунды, а точечные дефекты при времени прохождения, как правило, равном одной десятой секунды, будут обнаруживаться только случайно.

Таким образом, благодаря устройству и способу в соответствии с изобретением можно осуществлять быстрый и надежный контроль на образце, характеризующем равномерно расположенные линии подложки. При этом можно быстро контролировать всю подложку, даже если промежутки между линиями не подвергать контролю. Если необходимо также контролировать промежутки между анализируемыми линиями, предпочтительно устройство дублируют, размещая одно или несколько идентичных устройств на выходе, которые синхронизируют между собой, чтобы анализировать другую часть подложки, то есть промежутки между линиями, анализируемые другими устройствами, при этом предпочтительно все устройства синхронизируют с одинаковой периодичностью съемки изображения.

Цифровую обработку каждой строки осуществляют известным образом. Например, речь идет о выделении локальных фаз строки пикселей, полученной при помощи линейной камеры, и о выведении на их основании фазовых колебаний, чтобы определить положение дефекта, а также количественно характеризовать их посредством измерения деформации линий миры, на основании которого при помощи оптической вычислительной модели можно определить размерную величину деформации или оптическую мощность, характеризующую дефект.

Следует отметить, что цифровую обработку выделения фаз можно производить при помощи хорошо известного метода преобразования Фурье.

Как представляется, способ в соответствии с изобретением дает удовлетворительные результаты на промышленных линиях, не требуя внесения в них изменений, при меньшей стоимости и обеспечивает намного более быстрый контроль, чем известные способы.

Устройство и способ в соответствии с изобретением можно применять для прозрачных подложек, таких как стекла, монолитные или многослойные, плоские или выгнутые, имеющие любые размеры и предназначенные для использования в разных целях (строительство, автомобильная промышленность, авиация, железные дороги). В частности, устройство и способ можно применять для плоской стеклянной ленты на производственной линии "флоат". Их можно также применять для плоских стекол, предназначенных для применения в зданиях, или для специальных стекол, предназначенных для применения в электронике (плазменные или жидкокристаллические экраны, ...), или для любой прозрачной подложки.

Далее следует описание изобретения на примерах, которые носят исключительно иллюстративный характер и не ограничивают объема изобретения, со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых

фиг. 1 - схематичный вид в разрезе устройства анализа в соответствии с изобретением для измерения на пропускание,

фиг. 2 - пример миры в соответствии с изобретением,

фиг. 3 - воссозданное изображение подложки, в центре которого виден дефект.

Для облегчения прочтения фигур они представлены без соблюдения масштаба.

Система 4 освещения может быть системой обратного освещения, если панель-носитель 11 являет-

ся светопроницаемой, такой как пластина из белого пластика. Предпочтительно в этом случае система 4 освещения состоит из множества электролюминесцентных диодов, которые располагают сзади светопроницаемой панели.

В варианте, если панель-носитель 11 является непрозрачной, система 4 освещения представляет собой источник света, находящийся спереди миры, например направленный фонарь, освещающий переднюю сторону панели-носителя миры.

Камера 3 является линейной; она генерирует съемочный кадр, который посредством цифровой обработки объединяют с предыдущими, чтобы сформировать общее двухмерное изображение движущейся подложки. Поскольку мира имеет небольшие размеры по сравнению с подложкой, что будет показано ниже, подложку 2 или миру можно перемещать относительно друг друга для обеспечения необходимого числа съемок на всей подложке. Частоту срабатывания камеры для каждой съемки регулируют по скорости движения.

Камеру располагают на расстоянии d , определяемом таким образом, чтобы охватывать всю или часть протяженности подложки, поперечного к направлению движения подложки или миры. Таким образом, если движение происходит в горизонтальной плоскости, камеру располагают вертикально.

Камеру 3 можно располагать под углом к вертикали, который определяют в зависимости от условий установки на производственной линии.

Мира 10, показанная на фиг. 2, выполнена на держателе 11 вытянутой формы. Она является однонаправленной и состоит из рисунка 10а.

Мира в соответствии с изобретением имеет малую протяженность небольшого размера по отношению к измеряемой подложке. Например, для измерения сплошной подложки шириной 0,8 м миру выполняют размером 5 см на 1 м.

Рисунок 10а миры проходит по наименьшей протяженности держателя периодически и поперечно к малой протяженности, то есть по большой протяженности держателя.

Рисунок 10а состоит из чередующейся последовательности контрастных светлых и темных линий.

С камерой связаны средства 5 обработки и вычисления для осуществления математических обработок и анализов после последовательных съемок.

На фиг. 3 показано изображение, зарегистрированное камерой, при этом изображение миры является деформированным по причине наличия дефектов в одном направлении. Применение устройства заключается в

съемке при помощи линейной камеры линейного изображения при пропускании освещенной миры, при этом подложку или миру перемещают относительно друг друга в одном направлении движения, параллельном направлению дефектов и линиям миры;

1) считывании строки пикселей линейного изображения, снимаемого вдоль большой протяженности миры без перемещения камеры относительно миры;

2) применении цифровой обработки к считываемой строке пикселей для вычисления по каждому пикселю характеристической величины влияния подложки на свет, передаваемый подложкой, например, оптической мощности каждого пикселя;

3) отображении изображения строки пикселей, в котором цвет каждого пикселя характеризует эту величину;

многократном и периодическом повторении цикла считывания-обработки-отображения 1), 2), 3) и объединении изображений строк пикселей с целью воссоздания изображения части подложки;

анализе посредством обработки воссозданного изображения для определения положения дефектов и количественного определения их серьезности.

Считывание ряда из n строк пикселей во время движения подложки перед мирой позволяет за счет простого объединения строк сформировать единое двухмерное изображение. Заявитель установил, что этот тип миры представляет особый интерес по причине ее ограниченного габарита и эффективности обнаружения дефекта на сплошной ленте, обеспечиваемой устройством.

Для каждой считываемой строки можно вычислить интенсивность оптических дефектов. При данном способе нет необходимости знать состояние предыдущей строки или следующей строки.

Вместе с тем, чтобы анализировать серьезность дефекта, необходимо видеть его целиком и, следовательно, использовать изображение, состоящее из множества строк (дефект может длиться несколько минут и даже несколько часов). Поэтому каждую строку "конвертируют" в оптическую мощность, и двухмерную картографию этой оптической мощности подвергают обработке изображения с целью анализа серьезности дефектов. Таким образом, строку подвергают обработке сигнала, а картографию - обработке изображения, что является преимуществом. Наиболее простой обработкой изображения является простое определение порогов.

Мира является пространственно периодическим сигналом. Как известно, математический анализ состоит в характеристике этого сигнала при помощи его локальной фазы по модулю 2π на уровне одного пикселя камеры, и таким образом определяют двухмерную картографию фаз (что соответствует совокупности всех пикселей) двухмерного изображения, наблюдаемых при пропускании, и эта картография называется картой фаз.

Это выделение карты фаз по модулю 2π можно осуществить при помощи хорошо известного метода анализа с преобразованием Фурье.

Этот метод широко освещен в литературе. Он включает в себя
получение линейного изображения миры, деформированного образом;
вычисление трансформанты Фурье строки пикселей (одномерное преобразование);
автоматический поиск характеристического пика основной частоты f_0 миры;
полосовую фильтрацию этой основной частоты f_0 при помощи полосового фильтра Гаусса или другого фильтра.

Результатом этой фильтрации является удаление сплошного фона изображения миры и гармоник сигнала миры;

смещение фильтрованного спектра f_0 с целью приведения характеристического пика изображения миры к частоте 0. Это смещение приводит к исчезновению сетки миры и оставляет только деформации миры;

вычисление обратной трансформанты Фурье изображения по каждому столбцу пикселей. Полученное изображение позволяет выявить только деформации. Это изображение является комплексным изображением, содержащим реальную часть R и воображаемую часть I;

вычисление локальной фазы на уровне одного пикселя изображения по модулю 2π . Эту фазу получают посредством вычисления, пиксель за пикселем, значения $\arctg(I/R)$.

После завершения этапа вычисления фазы по модулю 2π изображения по каждому пикселю можно легко вывести карту производных фазы, называемую также картой градиентов. Это вычисление градиента фазы изображения производят посредством простого определения разности фазы пиксель за пикселем, при этом скачки фазы 2π легко устраняются. Это вычисление можно осуществлять после считывания каждой из строк или на группе строк.

После получения карты фаз полного изображения, воссозданного на основании последовательности линейных изображений, снятых камерой, можно связать значение производной фазы в каждой точке изображения с оптической мощностью P_i дефектов стекла, являющихся причиной этих колебаний локальной фазы, при помощи оптической вычислительной модели, которая позволяет вычислить оптическую мощность P_i на основании производной этой фазы. Оценка оптической мощности и ее сравнение с пороговым значением позволяет количественно охарактеризовать дефект.

В варианте можно сравнить производную фаз с локальной калибровочной шириной и получить ширину деформации, тоже характеризующую объем дефекта.

Таким образом, количественная характеристика дефекта позволяет установить оптическое качество подложки непосредственно на производственной линии.

Следовательно, заявленный способ анализа подложки состоит в следующем:

при помощи линейной камеры получают последовательность линейных изображений единой узкой миры на упомянутой подложке при пропускании, не прибегая к точному согласованию между мирой и камерой, как в известных решениях, или к использованию проектора или большеразмерного экрана;

посредством цифровой обработки выделяют локальные фазы, вычисляют производную этих фаз и путем математического вычисления определяют профиль дефектов по интенсивности (предпочтительно посредством вычисления оптической мощности и ее сравнения с пороговым значением);

эти профили вертикально объединяют друг над другом на экране, чтобы построочно воссоздать изображение картографии дефектов подложки;

производят анализ этой картографии, чтобы автоматически обнаружить на ней присутствие дефектов, простирающихся за пределы допустимых границ, с использованием классических технологий обработки изображения, таких как обнаружение краев или динамическое определение порогов.

Наконец, предложенное измерительное устройство обеспечивает контроль по всей длине подложек, находящихся на производственной линии, без отбора образцов подложки, без остановки или замедления подложки, без изменения ее положения на конвейерной системе, без использования системы проекции последовательных мир, не прибегая к оптической или механической регулировке. Оно требует меньшей площади использования относительно размеров миры, которые могут быть намного меньше по сравнению с существующими; как правило, панель-носитель миры в соответствии с изобретением имеет длину 1 м и ширину 5 см.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство (1) анализа прозрачной поверхности подложки (2), содержащее миру (10), сформированную на держателе (11), расположенном напротив поверхности измеряемой подложки, камеру (3) для получения по меньшей мере одного изображения миры, деформированного измеряемой подложкой, систему (4) освещения миры и средства (5) обработки изображения и цифрового анализа, связанные с камерой (3), отличающееся тем, что держатель (11) имеет вытянутую форму с большой и малой протяженностями, при этом мира состоит из однонаправленного рисунка (10), содержащего по меньшей мере одну линию, который проходит вдоль наименьшей протяженности держателя, при этом рисунок (10) является

периодическим поперечно к малой протяженности, и тем, что камера является линейной и расположенной для съемки линейного изображения миры при пропускании через подложку по большой протяженности держателя, при этом устройство содержит память, в которой записаны программы, адаптированные для выполнения следующей последовательности операций:

съемки при помощи линейной камеры линейного изображения при пропускании освещенной миры, при этом подложка или мира являются перемещаемыми относительно друг друга в одном направлении движения, параллельном направлению дефектов и линиям миры;

1) считывания строки пикселей линейного изображения, снимаемого вдоль большой протяженности миры без перемещения камеры относительно миры;

2) применения цифровой обработки к считываемой строке пикселей для вычисления по каждому пикселю характеристической величины влияния подложки на свет, передаваемый подложкой, например оптической мощности каждого пикселя;

3) сохранения в памяти значений этой величины для каждого пикселя строки и отображения изображения строки пикселей, в котором цвет каждого пикселя характеризует эту величину;

многократного и периодического повторения цикла считывания-обработки-отображения 1), 2), 3) и объединения изображений строк пикселей с целью воссоздания изображения части подложки;

анализа посредством цифровой обработки воссозданного изображения для определения положения дефектов и количественного определения их серьезности.

2. Устройство (1) по п.1, в котором соотношение между большой протяженностью держателя (11) и малой протяженностью держателя (11), например, превышает или равно 10, предпочтительно превышает или равно 20.

3. Устройство (1) по п.1 или 2, в котором рисунок (10) содержит по меньшей мере одну линию, которая имеет вдоль малой протяженности держателя (11) ширину, заключенную между 0,1 мм и 5 см, предпочтительно между 1 и 2 мм.

4. Устройство (1) по любому из предыдущих пунктов, в котором рисунок состоит из чередующейся последовательности светлых и темных линий.

5. Устройство (1) по любому из предыдущих пунктов, в котором держатель (11) миры состоит из панели с обратным освещением при помощи системы (4) освещения.

6. Устройство (1) по любому из предыдущих пунктов, в котором на уровне своей стороны, находящейся напротив измеряемой подложки, держатель (11) является светопроницаемым и рассеивающим, таким как пластина из белого пластика.

7. Устройство (1) по любому из предыдущих пунктов, в котором подложка (2) расположена между мирой (10) и камерой (3) для измерения на пропускание.

8. Устройство (1) по любому из предыдущих пунктов, в котором держатель (11) миры (10) установлен подвижным относительно подложки (2) и перпендикулярно к плоскости движения подложки (2).

9. Устройство (1) по п.8, содержащее механическую систему подъема и опускания для приближения и удаления держателя миры относительно подложки с сохранением достаточной четкости изображения миры, снимаемой камерой.

10. Устройство (1) по п.1, в котором период считывания строк превышает продолжительность считывания каждой строки, например, на 0,1 с или более.

11. Способ анализа прозрачной или зеркальной поверхности подложки (2) при помощи устройства по п.1, содержащего миру (10), сформированную на держателе (11) вытянутой формы с большой и малой протяженностями, линейную камеру (3) для получения по меньшей мере одного изображения миры, деформированной измеряемой подложкой, систему (4) освещения миры и средства (5) обработки изображения и цифрового анализа, связанные с камерой (3), при этом способ содержит следующие этапы:

при помощи линейной камеры снимают линейное изображение при пропускании освещенной миры, при этом подложку или миру перемещают относительно друг друга в одном направлении движения, параллельном направлению дефектов и линиям миры;

1) считывают строку пикселей линейного изображения, снимаемого вдоль большой протяженности миры без перемещения камеры относительно миры;

2) применяют цифровую обработку к считываемой строке пикселей для вычисления по каждому пикселю характеристической величины влияния подложки на свет, передаваемый подложкой, например оптической мощности каждого пикселя;

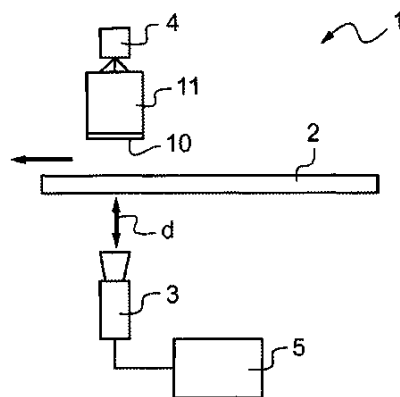
3) сохраняют в памяти значения этой величины для каждого пикселя строки и отображают изображение строки пикселей, в котором цвет каждого пикселя характеризует эту величину;

многократно и периодически повторяют цикл считывания-обработки-отображения 1), 2), 3) и объединяют изображения строк пикселей с целью воссоздания изображения части подложки;

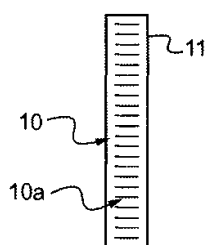
анализируют посредством цифровой обработки воссозданное изображение для определения положения дефектов и количественной характеристики их серьезности.

12. Способ по п.11, в котором каждую строку отображают после каждого этапа 2), чтобы воссозданное изображение части подложки моделировало эффект непрерывного движения, который будет соответствовать отображению в режиме реального времени двухмерной картографии дефектов.

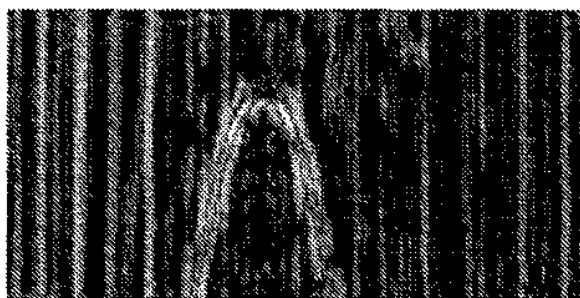
13. Способ по п.11 или 12, в котором подложка является сплошной стеклянной лентой.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2