

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 028967

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2018.01.31

(51) Int. Cl. C03C 17/36 (2006.01)
B23K 26/30 (2014.01)
B23K 26/00 (2014.01)

(21) Номер заявки
201591601

(22) Дата подачи заявки
2014.02.27

(54) СПОСОБ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОКРЫТИЯ

(31) 1351840

(56) US-A1-2011053302

(32) 2013.03.01

EP-A2-1201610

(33) FR

WO-A1-2012120238

(43) 2016.03.31

DE-A1-3820809

(86) PCT/FR2014/050431

US-A-5840118

(87) WO 2014/132000 2014.09.04

US-A-5714207

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

FR-A1-2963342

(72) Изобретатель:

WO-A1-2010142926

Канова Лоренцо, Швайцер Жан
Филипп, Бражер Ксавье (FR)

US-A1-2006166537

(74) Представитель:

US-A1-2005121426

Медведев В.Н. (RU)

DE-A1-2735231

(57) Объектом изобретения является способ термической обработки покрытия (1), нанесенного по меньшей мере на одну часть первой стороны (F1) подложки (2), имеющей первую сторону (F1) и вторую сторону (F2), противоположную упомянутой первой стороне (F1), согласно которому упомянутое покрытие (1) обрабатывают лазерным излучением (3), сфокусированным на упомянутом покрытии (1) в виде лазерной линии (4), проходящей в первом направлении (D1), причем упомянутая термическая обработка такова, что она создает во втором направлении (D2), поперечном упомянутому первому направлению (D1), относительное перемещение между упомянутой подложкой (2) и упомянутой лазерной линией (4), причем упомянутый способ отличается тем, что локально нагревают упомянутую вторую сторону (F2) до температуры по меньшей мере 30°C в зоне (5) дополнительного нагрева, простирающейся по отношению к упомянутой лазерной линии (4) на длину по меньшей мере 10 см в упомянутом втором направлении (D2), с помощью по меньшей мере одного средства (6) дополнительного нагрева, установленного со стороны, противоположной упомянутой лазерной линии (4) относительно упомянутой подложки (2).

B1

028967

028967
B1

Изобретение относится к термической обработке подложек, снабженных покрытием, с помощью лазерного излучения.

В области микроэлектроники известна термическая обработка покрытий (например, из кремния), нанесенных на подложки с помощью фокусированных лазерных линий, обычно линий от эксимерных лазеров, излучающих в ультрафиолете. Эти способы широко применяются, чтобы получить поликристаллический кремний из аморфного кремния, путем локального плавления кремния и перекристаллизации при охлаждении. Традиционно отличная плоскость подложек, использующихся в микроэлектронике, их малый размер и производственная среда, типичная в промышленности этого типа, позволяют очень точно позиционировать подложку относительно фокуса лазера, чтобы однородно и оптимально обработать всю подложку. Низкие скорости обработки позволяют применять для перемещения подложек горизонтальные системы на воздушной подушке. При необходимости эти системы, позволяющие регулировать положение подложки относительно фокуса лазера, могут исправлять возможное отсутствие плоскости или наличие низкочастотных колебаний. Системы автоматического регулирования совместимы с применяющимися низкими скоростями обработки.

Обработка лазерной линией предусматривается также для термической обработки слоев на стекле или органической полимерной подложке в разных промышленных областях, в качестве примера можно назвать получение самоочищающихся оконных стекол, содержащих покрытия на основе TiO₂, получение низкоизлучательных остеклений, содержащих стеклянную подложку, покрытую многослойной системой, содержащей по меньшей мере один слой серебра, описанное в заявке WO 2010/142926, или получение подложек большого размера для фотоэлементов, содержащих прозрачные и проводящие тонкие слои (TCO), описанное в заявке WO 2010/139908.

Промышленный и экономический контекст здесь совершенно разный. Типично, обрабатываемые подложки могут представлять собой очень большие листы стекла площадью порядка 6×3 м², поэтому их плоскость невозможно точно контролировать (например, с погрешностью менее ±1 мм), перемещаемые с большой скоростью (иногда порядка 10 м/мин или больше) на промышленных конвейерах на выходе установок осаждения (например, катодным распылением), т.е. в промышленной среде, создающей вибрации, которые могут быть значительными. Поэтому положение каждой точки обрабатываемого покрытия относительно фокальной плоскости лазера может значительно колебаться, что приводит к сильной неоднородности обработки. Высокие скорости перемещения подложек делают чрезвычайно сложным и даже невозможным размещение механических сервосистем, отслеживающих положение подложки.

Авторам изобретения удалось установить, что при прохождении под лазерной линией подложка немного деформировалась в ограниченной зоне, обычно в зоне размерами порядка десятка сантиметров в направлении движения. Эта деформация, хотя и очень незначительная, например порядка нескольких сотен микрон в направлении лазерной линии, смещает покрытие относительно фокуса лазера, что усиливает дефекты плоскости и вибрации из-за транспортировки. Не желая связывать себя какой-либо научной теорией, авторы считают, что тепло, созданное лазерной линией, рассеивается в подложку на глубину нескольких десятков микрон, при этом образующийся градиент температуры приводит к тем более значительному моменту изгиба, чем меньше толщина подложки.

Задачей настоящего изобретения является устраниТЬ эту проблему.

С этой целью объектом изобретения является способ термической обработки покрытия, нанесенного по меньшей мере на одну часть первой стороны подложки, имеющей первую сторону и вторую сторону, противоположную упомянутой первой стороне, согласно которому упомянутое покрытие обрабатывают лазерным излучением, сфокусированном на упомянутом покрытии, в виде лазерной линии, проходящей в первом направлении, причем упомянутая термическая обработка такова, что она создает во втором направлении, поперечном упомянутому первому направлению, движение относительного перемещения между упомянутой подложкой и упомянутой лазерной линией, причем упомянутый способ отличается тем, что локально нагревают упомянутую вторую сторону до температуры по меньшей мере 30°C в зоне дополнительного нагрева, проходящей напротив упомянутой лазерной линии на длину по меньшей мере 10 см в упомянутом втором направлении, с помощью по меньшей мере одного средства дополнительного нагрева, расположенного со стороны, противоположной упомянутой лазерной линии относительно упомянутой подложки.

Другим объектом изобретения является способ получения подложки, снабженной покрытием по меньшей мере на части первой стороны, включающий этап осаждения упомянутого покрытия на упомянутую первую сторону с последующим этапом термической обработки упомянутого покрытия описанным выше способом

Другим объектом изобретения является устройство для осуществления способа по изобретению, содержащее по меньшей мере один лазерный источник, устройства придания формы и перенаправления, выполненные с возможностью генерировать лазерное излучение, сфокусированное на покрытии, нанесенном на первую сторону подложки, в виде лазерной линии, проходящей в первом направлении, средства перемещения, выполненные с возможностью создавать при работе движение относительного пере-

мешения между упомянутой подложкой и упомянутой лазерной линией, и средства дополнительного нагрева, расположенные со стороны, противоположной упомянутой лазерной линии относительно упомянутой подложки, выполненные с возможностью локально нагревать вторую сторону упомянутой подложки до температуры по меньшей мере 30°C в зоне дополнительного нагрева, проходящей в сторону упомянутой лазерной линии на длину по меньшей мере 10 см в упомянутом втором направлении.

Авторам изобретения удалось установить, что одновременно с обработкой лазером внесение умеренного дополнительного нагрева во вполне определенную зону (называемую "зоной дополнительного нагрева") стороны, противоположной обрабатываемой стороне по отношению к лазерной линии, но размерами намного больше, чем размер лазерной линии, позволяет уменьшить и даже предотвратить вышеупомянутую термомеханическую деформацию. Под выражением "по отношению к" предпочтительно понимается, что зону дополнительного нагрева пересекает, по меньшей мере, расположенная близко к ней нормаль к подложке, через которую проходит лазерная линия (причем самая передняя часть зоны дополнительного нагрева удалена не более чем на несколько сантиметров, обычно на 5 см, даже на 1 см от этой нормали). Под выражением "средство дополнительного нагрева" понимается, что используется не лазер, а другое нагревательное средство. В частности, нагревательное средство не может быть образовано в результате отражения части лазерного излучения, прошедшего через подложку, как описано в заявке WO 2012/120238.

Предпочтительно способ согласно изобретению обладает по меньшей мере одним из следующих предпочтительных признаков, взятых в любых возможных комбинациях:

первое направление (направление лазерной линии) предпочтительно перпендикулярно второму направлению (которое будет называться также направлением перемещения); скорость движения относительного перемещения между подложкой и лазерной линии составляет по меньшей мере 4 м/мин, в частности 5 и даже 6, или 7, или же 8 и даже 9 или 10 м/мин;

локально нагревают вторую сторону в зоне дополнительного нагрева, простирающейся по отношению к лазерной линии на длину по меньшей мере 20 см, в частности 30 и даже 35 см во втором направлении (направление перемещения). Эта длина предпочтительно не превышает 80 см, в частности не больше 60 и даже не больше 50 см. Действительно, оказалось бесполезным нагревать слишком большую зону;

нагревают локально вторую сторону на зоне, простирающейся по отношению к лазерной линии на ширину, равную длине лазерной линии, в первом направлении;

зона дополнительного нагрева имеет в первом направлении ширину, равную длине лазерной линии, а во втором направлении имеет длину по меньшей мере 20 см, в частности 30 и даже 35 см, но не более 80 см, в частности не более 60 и даже не более 50 см;

зона дополнительного нагрева такова, что отношение ее площади, проходящей ниже от лазерной линии, к ее площади, проходящей выше от лазерной линии, составляет от 40:60, в частности от 50:50, до 80:20 и даже до 90:10. Под выражением "ниже" понимается зона подложки, обработанная лазерной линией, другими словами, находящаяся после лазерной линии в направлении процесса. Действительно, именно в этой зоне деформация является самой большой, и необходимо ее по максимуму компенсировать;

длина лазерной линии составляет по меньшей мере 0,8 или 1 м, в частности 2 и даже 3 м;

средняя ширина лазерной линии составляет по меньшей мере 35 мкм, в частности от 40 до 100 или от 40 до 70 мкм;

вторую сторону локально нагревают до температуры по меньшей мере 40 и даже до 50°C в зоне дополнительного нагрева;

максимальная температура, которой подвергается каждая точка покрытия во время термической обработки, составляет по меньшей мере 300°C, в частности 350, даже 400 и даже 500 или 600°C. Максимальная температура обычно достигается в момент, когда рассматриваемая точка покрытия проходит под лазерной линией. Обычно в данный момент времени только точки поверхности покрытия, находящиеся под лазерной линией и в непосредственной близости от него (например, на расстоянии менее 1 мм), нагреваются до температуры по меньшей мере 300°C. Для расстояний от лазерной линии (измеряемых во втором направлении) больше 2 мм, в частности 5 мм, в том числе ниже лазерной линии, температура покрытия обычно не превышает 50°C и даже меньше 40 или 30°C;

каждая точка покрытия подвергается термической обработке (или доводится до максимальной температуры) в течение периода от 0,05 до 10 мс, в частности от 0,1 до 5 или от 0,1 до 2 мс. Эта продолжительность устанавливается одновременно шириной лазерной линии и скоростью движения относительного перемещения между подложкой и лазерной линией;

разность $\Delta T = (T_2 - T_1)$ между средней температурой T_2 второй стороны подложки в зоне дополнительного нагрева и средней температурой T_1 покрытия в зоне такой же площади, что и упомянутая зона дополнительного нагрева, и расположенной точно напротив упомянутой зоне дополнительного нагрева, составляет по меньшей мере 0, в частности 5°C, даже 10 или 15°C, в частности, для толщин подложки от 3 до 5 мм. Разность ΔT предпочтительно составляет по меньшей мере 15°C, в частности 20 или же 30°C,

в частности, для толщин подложки от 1 до 3 мм. Разность ΔT предпочтительно не превышает 100°C, в частности не больше 50°C. Температуры обычно измеряют с помощью инфракрасной камеры в разных точках покрытия или второй стороны, например в 5 или 10 точках, чтобы определить среднее арифметическое. Типично, для средней температуры T_1 примерно 30°C температура T_2 второй стороны будет составлять по меньшей мере 38 или 40°C.

Упомянутое одно или каждое средство дополнительного нагрева предпочтительно выбрано из средств радиационного нагрева, средств конвективного нагрева, средств нагрева за счет проводимости или любой их комбинации.

Из средств радиационного нагрева можно назвать, в частности, средства нагрева инфракрасным излучением, например, инфракрасные лампы.

Из средств конвективного нагрева можно назвать, в частности, насадки, проводящие горячий газ, обычно горячий воздух.

Из средств нагрева за счет проводимости можно назвать, в частности, горячую поверхность, например, нагретый ролик, в контакте с которым будет находиться вторая сторона подложки. Ролик может быть нагрет разными способами, например в результате омического нагрева, или он может быть нагрет лазерным излучением, прошедшим через подложку, т.е. без внесения дополнительной энергии. Горячая поверхность может также быть покрытием, обычно поглощающим, например из графита, нанесенного на вторую сторону подложки и косвенно нагреваемого лазерным излучением. Для этого можно отражать, посредством рассеяния, часть лазерного излучения, прошедшего через подложку.

Предпочтительно подложка, которая обычно расположена, по существу, горизонтально, перемещается на конвейере относительно линии или каждой лазерной линии, причем эта линия или каждая лазерная линия является неподвижной и проходит в первом направлении, по существу, перпендикулярном направлению перемещения (второе направление). Линия или каждая лазерная линия может находиться выше и/или ниже подложки. Что касается средств дополнительного нагрева, они находятся со стороны, противоположной лазерной линии относительно подложки. Типично, лазерную линию располагают сверху подложки, а средства дополнительного нагрева снизу подложки.

Разумеется, возможны и другие варианты осуществления. Например, подложка может быть неподвижной, а линия или каждая лазерная линия и средства дополнительного нагрева могут перемещаться относительно подложки, в частности, с помощью по меньшей мере одного подвижного моста. Линия или каждая лазерная линия может также распространяться не перпендикулярно направлению перемещения, а наискось, под любым возможным углом. Подложка также может перемещаться в плоскости, являющейся не горизонтальной, а вертикальной, или в любой другой возможной ориентации.

Лазерное излучение предпочтительно создается модулями, содержащими один или несколько лазерных источников, а также оптическую схему придания формы и перенаправления.

Лазерные источники обычно являются диодными лазерами или волоконными или дисковыми лазерами. Диодные лазеры позволяют экономично получать высокие плотности энергии по сравнению с обеспечиваемыми электропитанием, при этом при малых габаритах.

Размеры волоконных лазеров еще меньше, а полученная линейная мощность может быть еще выше, однако при более высокой стоимости.

Излучение, испускаемое лазерами, предпочтительно является непрерывным.

Длина волны излучения линии или каждой лазерной линии предпочтительно составляет от 800 до 1100 нм, в частности от 800 до 1000 нм. Особенно хорошо подходящими проявили себя мощные диодные лазеры, излучающие на длине волны, выбранной из 808, 880, 915, 940 или 980 нм.

Оптическая схема придания формы и перенаправления предпочтительно содержит линзы и зеркала и используется как средство позиционирования, гомогенизации и фокусирования излучения.

Средства позиционирования предназначены для того, чтобы при необходимости направлять по одной линии излучение, испущенное лазерными источниками. Они предпочтительно содержат зеркала. Средства гомогенизации предназначены для суперпозиции пространственных профилей лазерных источников, чтобы получить однородную линейную мощность по всей длине линии. Средства гомогенизации предпочтительно содержат линзы, позволяющие разделять падающие пучки на вторичные пучки и объединять упомянутые вторичные пучки в однородную линию. Средства фокусирования излучения позволяют сфокусировать излучение на подлежащем обработке покрытии, в виде линии желаемой длины и ширины. Средства фокусирования предпочтительно содержат собирающую линзу.

Когда используется одна лазерная линия, длина линии предпочтительно равна ширине подложки. Эта длина обычно составляет по меньшей мере 1 м, в частности 2 и даже 3 м. Можно также использовать несколько линий, разъединенных или нет, но расположенных так, чтобы обрабатывать всю ширину подложки. В этом случае длина каждой лазерной линии предпочтительно составляет по меньшей мере 10 или 20 см, в частности от 30 до 100 см, в частности от 30 до 75 см, даже от 30 до 60 см.

Под длиной линии понимается наибольший размер линии, измеряемый на поверхности покрытия в первом направлении, а под шириной понимается размер во втором направлении. Как принято в области лазеров, ширина в линии соответствует расстоянию (в этом втором направлении) между осью линии

(где интенсивность излучения максимальна) и точкой, где интенсивность излучения в e^2 раз ниже максимальной интенсивности. Если продольную ось лазерной линии обозначить x , можно определить распределение ширин по этой оси, обозначенное $w(x)$.

Средняя ширина линии или каждой лазерной линии предпочтительно составляет по меньшей мере 35 мкм, в частности от 40 до 100 или от 40 до 70 мкм. Во всем настоящем тексте под средним понимается среднее арифметическое. На всей длине линии распределение по ширине является узким, чтобы избежать гетерогенности обработки. Таким образом, разница между наибольшей шириной и наименьшей шириной предпочтительно не будет превышать 10% от значения средней ширины. Эта разница предпочтительно не превышает 5 и даже не превышает 3%.

Оптические средства придания формы и перенаправления, в частности средства позиционирования, могут регулироваться вручную или с помощью исполнительных механизмов, позволяющих регулировать их позиционирование на расстоянии. Эти исполнительные механизмы (обычно двигатели или пьезоэлектрические клинья) могут управляться вручную и/или автоматически. В последнем случае исполнительные механизмы предпочтительно будут соединены с датчиками, а также с контуром обратной связи.

По меньшей мере часть лазерного модуля и даже весь модуль целиком предпочтительно устанавливают в герметичный ящик, предпочтительно охлаждаемый, в частности вентилируемый, чтобы обеспечить его термическую стабильность.

Лазерные модули предпочтительно устанавливают на жесткую конструкцию, называемую мостом, на основе металлических деталей, обычно из алюминия. Конструкция предпочтительно не содержит мраморных пластин. Мост предпочтительно позиционируют параллельно конвейерным средствам, чтобы фокальная плоскость линии или каждой лазерной линии оставалась параллельной поверхности обрабатываемой подложки. Предпочтительно мост содержит по меньшей мере четыре ноги, высота которых может корректироваться индивидуально, чтобы обеспечить параллельное позиционирование в любых условиях. Корректировка может обеспечиваться двигателями, расположенными на уровне каждой ноги, вручную или автоматически, в сочетании с датчиком расстояния. Высоту моста можно подбирать (вручную или автоматически) так, чтобы учесть толщину обрабатываемой подложки и обеспечить также совпадение плоскости подложки с фокальной плоскостью единственного или каждого лазерного луча.

Линейная мощность лазерной линии предпочтительно составляет по меньшей мере 300 Вт/см, благоприятно 350 или 400 Вт/см, в частности 450, даже 500 и даже 550 Вт/см. Она предпочтительно составляет по меньшей мере 600 Вт/см, в частности 800, даже 1000 Вт/см. Линейную мощность измеряют в месте, где линия или каждая лазерная линия сфокусирована на покрытии. Ее можно измерить, помещая датчик мощности вдоль линии, например, калориметрический измеритель мощности, как, в частности, измеритель мощности Beam Finder S/N 2000716 от фирмы Coherent Inc. Мощность предпочтительно распределяется однородно по всей длине линии или каждой линии. Предпочтительно разница между максимальной и минимальной мощностью должна быть меньше 10% от средней мощности.

Плотность энергии, подаваемой к покрытию, предпочтительно составляет по меньшей мере 20 и даже 30 Дж/см².

Лазерное излучение частично отражается обрабатываемым покрытием, а частично проходит через подложку. Из соображений безопасности предпочтительно размещать на пути этого пропущенного и/или отраженного излучения средства задержки излучения. Обычно имеются в виде металлические корпуса, охлаждаемые циркуляцией жидкости, в частности воды. Чтобы избежать повреждения лазерных модулей отраженным излучением, направление распространения линии или каждой лазерной линии образует предпочтительно ненулевой угол с нормалью к подложке, обычно угол, заключенный между 5 и 20°.

Для повышения эффективности обработки предпочтительно, чтобы по меньшей мере часть лазерного излучения (основная), пропущенная через подложку и/или отраженная покрытием, перенаправлялась в направлении упомянутой подложки, чтобы образовать по меньшей мере одно вторичное лазерное излучение, которое предпочтительно падает на подложку в том же месте, что и основное лазерное излучение, предпочтительно с той же глубиной фокусировки и с тем же профилем. Создание единственного или каждого вторичного лазерного излучения предпочтительно осуществляют, используя оптическую схему, содержащую только оптические элементы, выбранные из зеркал, призм и линз, в частности, оптическую схему, состоящую из двух зеркал и одной линзы, или призмы и линзы. Собирая по меньшей мере часть потерянного основного излучения и перенаправляя его к подложке, значительно улучшают термическую обработку. Выбор того, использовать ли часть основного излучения, прошедшего через подложку (режим "пропускания"), или часть основного излучения, отраженного покрытием (режим "отражения"), или, возможно, использовать оба эти режима, зависит от природы слоя и длины волны лазерного излучения.

Когда подложка движется, в частности, поступательно, она может приводиться в движение с помощью любых механических конвейерных средств, например с помощью ленточного конвейера, роликов, подвижных плит. Конвейерная система позволяет контролировать и регулировать скорость перемещения. Средство перемещения предпочтительно содержит жесткую раму и множество роликов. Расстояние между роликами предпочтительно составляет от 50 до 300 мм. Ролики предпочтительно содержат металлические обода, обычно из стали, покрытые шинами из пластмассы. Ролики предпочтительно установлены

ны на подшипники с уменьшенным зазором, обычно из расчета три ролика на подшипник. Чтобы обеспечить идеальную горизонтальность плоскости транспортировки, положение каждого ролика предпочтительно можно регулировать. Ролики приводятся в движение предпочтительно с помощью шестерен или цепей, предпочтительно тангенциальных цепей, управляемых по меньшей мере одним двигателем.

Скорость движения относительного перемещения между подложкой и линией или каждой лазерной линией предпочтительно составляет по меньшей мере 4 м/мин, в частности 5 и даже 6 или 7, или же 8 и даже 9, или 10 м/мин. Согласно некоторым вариантам осуществления, в частности, когда поглощение покрытием на длине волны лазера является высоким или когда покрытие можно наносить с высокой скоростью осаждения, скорость движения относительного перемещения между подложкой и линией или каждой лазерной линией составляет по меньшей мере 12 или 15 м/мин, в частности 20 и даже 25 или 30 м/мин. Чтобы гарантировать, что обработка будет как можно более однородной, скорость движения относительного перемещения между подложкой и линией или каждой лазерной линией меняется во время обработки не более чем на 10%, в частности не более чем на 2% и даже на 1% от ее名义ального значения.

Устройство термической обработки согласно изобретению может быть встроено в линию осаждения слоев, например линию осаждения катодным распылением с поддержкой магнитным полем (магнетронный способ), или в линию химического осаждения из паровой фазы (CVD), в частности, с поддержкой плазмой (PECVD), химического осаждения в вакууме или при атмосферном давлении (APPECVD). Линия обычно содержит устройства манипулирования с подложками, установку осаждения, устройства оптического контроля, устройства складирования. Подложки движутся, например, на конвейерных роликах, последовательно мимо каждого устройства или каждой установки.

Устройство термической обработки согласно изобретению предпочтительно находится сразу после установки осаждения покрытия, например, на выходе установки осаждения. Таким образом, подложка с покрытием может обрабатываться в линии после нанесения покрытия, на выходе установки осаждения и перед устройствами оптического контроля или после устройств оптического контроля и перед устройствами складирования подложек.

Устройство термической обработки может быть также встроено в установку осаждения. Например, лазер можно ввести в одну из камер установки осаждения катодным распылением, в частности, в камеру с разреженной атмосферой, в частности, находящуюся под давлением от 10^{-6} до 10^{-2} мбар. Устройство термической обработки может также располагаться вне установки осаждения, но так, чтобы обрабатывать подложку, находящуюся в упомянутой установке. Для этого достаточно предусмотреть окно, прозрачное для длины волны использующегося излучения, через которое лазерное излучение будет поступать для обработки слоя. Таким образом, можно обработать один слой (например, слой серебра) перед последующим осаждением другого слоя в той же установке.

Независимо от того, находится ли устройство термической обработки снаружи или встроено в установку осаждения, эти способы обработки на линии предпочтительнее способа с доработкой, в котором было бы необходимо укладывать стеклянные подложки друг на друга между этапом осаждения и термической обработкой.

Однако способы с доработкой могут представлять интерес в случаях, когда термическую обработку согласно изобретению осуществляют не в том месте, где проводилось осаждение, например в месте, где осуществляется преобразование стекла. Следовательно, устройство термической обработки может быть установлено в других линиях, а не в линии осаждения слоев. Оно может, например, быть установлено в линию изготовления стеклопакетов (в частности, однокамерных или двухкамерных стеклопакетов), в линию изготовления многослойных стекол или же в линию изготовления моллированного и/или закаленного стекла. Многослойные стекла, а также моллированные или закаленные стекла могут с равным успехом использоваться в качестве остекления зданий или автомобилей. В этих разных случаях термическая обработка согласно изобретению предпочтительно проводится перед получением стеклопакета или многослойного стекла. Однако термическая обработка может проводиться после получения стеклопакета или многослойного стекла.

Устройство термической обработки предпочтительно установлено в закрытую камеру, что позволяет обезопасить персонал, избегая любого контакта с лазерным излучением, и предотвратить загрязнение, в частности, подложки, оптики или зоны обработки.

Осаждение многослойной системы на подложку может быть осуществлено способом любого типа, в частности способами, создающими в основном аморфные или нанокристаллические слои, такими как способ катодного распыления, в частности, с поддержкой магнитным полем (магнетронный способ), способ плазмо-химического осаждения из паровой фазы (PECVD), способ выпаривания в вакууме или способ золь-гель.

Многослойную систему предпочтительно осаждают катодным распылением, в частности, с поддержкой магнитным полем (магнетронный способ).

Для большей простоты термическая обработка многослойной системы проводится предпочтительно на воздухе и/или при атмосферном давлении. Однако можно осуществлять термическую обработку многослойной системы в самой камере вакуумного осаждения, например, перед следующим осаждением.

Подложка предпочтительно состоит из стекла или стеклокерамики. Она предпочтительно является прозрачной, бесцветной (в таком случае говорят о прозрачном или экстрапрозрачном стекле) или окрашенной, например, в синий, серый, зеленый или бронзовый цвет. Стекло предпочтительно является известково-натриевым стеклом, но это может быть также боросиликатное или алюмосиликатное стекло. Подложка предпочтительно имеет размер больше или равный 1 м, даже больше или равный 2 или же 3 м. Толщина подложки обычно варьируется от 0,1 до 19 мм, предпочтительно от 0,7 до 9 мм, в частности от 1 до 6 мм, даже от 2 до 4 мм. Так как деформация подложки тем существеннее, чем меньше ее толщина, способ согласно изобретению особенно хорошо подходит для стеклянных подложек, толщина которых составляет от 0,1 до 4 мм, в частности от 0,5 до 3 мм.

Стеклянная подложка предпочтительно является флоат-стеклом, т.е. стеклом, которое получено способом, состоящим в выливании расплавленного стекла на ванну жидкого олова ("флоат"-ванна). В этом случае подлежащее обработке покрытие может быть нанесено как на "оловянную", так и на "атмосферную" сторону подложки. Под "оловянной" и "атмосферной" сторонами основы понимаются соответственно стороны, находившихся в контакте с атмосферой, царящей во флоат-ванне, и в контакте с жидким оловом. Оловянная сторона имеет незначительное поверхностное содержание олова, продиффундировавшего в структуру стекла. Стеклянная подложка может быть также получена прокаткой между двумя валками, что технически позволяет, в частности, напечатать рисунки на поверхности стекла.

Предпочтительно подложка не имеет покрытия на второй стороне.

Термическая обработка предпочтительно предназначена для улучшения степени кристаллизации покрытия, в частности, путем увеличения размера кристаллов и/или количества кристаллической фазы. Термическая обработка может также предназначаться для окисления слоя металла или оксида металла, подстехиометрического по кислороду, что, возможно, облегчает рост особой кристаллической фазы.

Предпочтительно этап термической обработки проводится без плавления, даже частичного, покрытия. В случае, когда целью обработки является улучшение кристалличности покрытия, термическая обработка позволяет внести энергию, достаточную для облегчения кристаллизации покрытия по физико-химическому механизму роста кристаллов вокруг затравочных кристаллов, уже присутствующих в покрытии, оставаясь в твердой фазе. Эта обработка не включает механизм кристаллизации через охлаждение расплавленного материала, так как, с одной стороны, это потребовало бы очень высоких температур, а с другой стороны, это могло бы изменить толщины или показатели преломления покрытия и, следовательно, его свойства, изменения, например, его внешний вид.

Термическая обработка согласно изобретению особенно хорошо подходит для обработки покрытий, плохо поглощающих излучение на длине волны лазера. Поглощение покрытием на длине волны лазера предпочтительно составляет по меньшей мере 5%, в частности 10%. Благоприятно она не превышает 90%, в частности 80 или 70%, и даже не превышает 60 или 50% и даже 40 или же 30%.

Обработанное покрытие предпочтительно содержит тонкий слой, выбранный из металлического слоя (в частности, имеющего в основе или состоящего из серебра или молибдена), слоя оксида титана и прозрачного электропроводящего слоя.

Прозрачные электропроводящие слои обычно имеют в основе смешанные оксиды олова и индия (называемые "ITO"), смешанные оксиды индия и цинка (называемые "IZO"), оксид цинка, легированный галлием или алюминием, оксид титана, легированный ниобием, станнант кадмия или цинка, оксид олова, легированный фтором и/или сурьмой. Особенностью этих разных слоев является то, что все они прозрачные и, тем не менее, являются проводниками или полупроводниками, они применяются во множестве систем, где необходимы эти два свойства: жидкокристаллические экраны (LCD), солнечные теплоуловители или фотоэлектрические датчики, электрохромные или электролюминесцентные устройства (в частности, LED, OLED) и т.д. Их толщина, обычно определяемая желаемым поверхностным сопротивлением, составляет, как правило, от 50 до 1000 нм, включая граничные значения.

Тонкие металлические слои, например, на основе металлического серебра, а также на основе металлических молибдена или ниobia способны проводить электричество и отражать инфракрасное излучение, поэтому они применяются в остеклениях с контролируемым пропусканием солнечного света, в частности солнцезащитных остеклениях (предназначенных для уменьшения количества входящей солнечной энергии) или низкоизлучательных остеклениях (предназначенных для уменьшения количества энергии, рассеиваемой наружу здания или автомобиля). Их физическая толщина обычно составляет от 4 до 20 нм (границы включены). Низкоизлучательные многослойные системы часто могут содержать несколько слоев серебра, обычно 2 или 3. Единственный или каждый слой серебра обычно окружен диэлектрическими слоями, защищающими его от коррозии и позволяющими скорректировать вид покрытия в отражении. Молибден часто используется в качестве материала электродов для фотоэлементов на основе $\text{CuIn}_{x}\text{Ga}_{1-x}\text{Se}_2$, где x варьируется от 0 до 1. Обработка согласно изобретению позволяет уменьшить его удельное сопротивление. Согласно изобретению могут быть обработаны и другие металлы, как, например, титан, в частности, чтобы окислить его и получить фотокаталитический слой оксида титана.

Когда подлежащее обработке покрытие является низкоизлучательной многослойной системой, оно предпочтительно содержит, в направлении от подложки, первое покрытие, содержащее по меньшей мере один первый диэлектрический слой, по меньшей мере один слой серебра, факультативно, верхний бл-

кирующий слой и второе покрытие, содержащее по меньшей мере один второй диэлектрический слой.

Предпочтительно физическая толщина единственного или каждого слоя серебра составляет от 6 до 20 нм.

Верхний блокирующий слой предназначен для защиты слоя серебра во время осаждения более позднего слоя (например, если последний осаждают в окислительной или нитрирующей атмосфере) и во время возможной термической обработки типа закалки или моллирования.

Слой серебра может быть также нанесен на и в контакте с нижним блокирующим слоем. Таким образом, многослойная система может содержать верхний блокирующий слой и/или нижний блокирующий слой, окружающие единственный или каждый слой серебра.

Блокирующие слои (нижний блокирующий и/или верхний блокирующий слой) обычно имеют в основе металл, выбранный из никеля, хрома, титана, ниобия, или сплав этих различных металлов. Можно назвать, в частности, сплавы никель-титан (в частности, сплавы, содержащие около 50 вес.% каждого металла) или сплавы никель-хром (в частности, содержащие 80 вес.% никеля и 20 вес.% хрома). Верхний блокирующий слой может также состоять из нескольких расположенных друг на друге слоев, например, в направлении удаления от основы: титан, затем сплав никеля (в частности, сплав никель-хром), или наоборот. Эти разные упомянутые металлы или сплавы могут также быть частично окисленными, в частности быть подстехиометрическими по кислороду (например, TiO_x или $NiCrO_x$).

Эти блокирующие слои (нижний блокирующий и/или верхний блокирующий слой) являются очень тонкими, обычно толщиной менее 1 нм, чтобы не влиять на светопропускание многослойной системы, и способны частично окисляться во время термической обработки согласно изобретению. Вообще говоря, блокирующие слои являются расходуемыми слоями, способными улавливать кислород из атмосферы или основы, предотвращая, таким образом, окисление слоя серебра.

Первый и/или второй диэлектрический слой обычно состоит из оксида (в частности, оксида олова) или предпочтительно из нитрида, в частности нитрида кремния (в частности, для второго диэлектрического слоя, наиболее удаленного от основы). Как правило, нитрид кремния может быть легирован, например, алюминием или бором, чтобы облегчить его осаждение методами катодного распыления. Степень легирования (соответствующая атомному процентному содержанию в расчете на количество кремния) обычно не превышает 2%. Функцией этих диэлектрических слоев является защита слоя серебра от химической или механической коррозии, они влияют также на оптические свойства, в частности в отражении, многослойной системы, благодаря явлениям интерференции.

Первое покрытие может содержать один диэлектрический слой или несколько диэлектрических слоев, обычно от 2 до 4. Второе покрытие может содержать один диэлектрический слой или несколько диэлектрических слоев, обычно 2-3. Эти диэлектрические слои предпочтительно выполнены из материала, выбранного из нитрида кремния, оксидов титана, олова или цинка или из любой их смеси или твердых растворов, например оксид олова и цинка или оксид титана и цинка. Независимо от того, находится ли он в первом покрытии или во втором покрытии, физическая толщина диэлектрического слоя или суммарная физическая толщина всех диэлектрических слоев предпочтительно составляет от 15 до 60 нм, в частности от 20 до 50 нм.

Первое покрытие предпочтительно содержит сразу под слоем серебра или под возможным нижним блокирующим слоем смачивающий слой, функцией которого является повысить смачивание и сцепление слоя серебра. В этом отношении особенно предпочтительным оказался оксид цинка, в частности, легированный алюминием.

Первое покрытие может также содержать непосредственно под смачивающим слоем сглаживающий слой, который представляет собой смешанный оксид, частично и даже полностью аморфный (т.е. имеющий очень низкую шероховатость), функцией которого является способствовать росту смачивающего слоя в предпочтительной кристаллографической ориентации, которая облегчает кристаллизацию серебра в результате эпитаксиального эффекта. Сглаживающий слой предпочтительно состоит из смешанного оксида по меньшей мере двух металлов, выбранных из Sn, Zn, In, Ga, Sb. Предпочтительным оксидом является оксид олова и индия, легированный сурьмой.

В первом покрытии смачивающий слой или факультативный сглаживающий слой предпочтительно осажден непосредственно на первый диэлектрический слой. Первый диэлектрический слой предпочтительно расположен прямо на подложке. Чтобы как можно лучше согласовать оптические свойства многослойной системы (в частности, вид в отражении), первый диэлектрический слой, альтернативно, может быть осажден на другой слой из оксида или нитрида, например из оксида титана.

Во втором покрытии второй диэлектрический слой может располагаться прямо на слое серебра или предпочтительно на верхнем блокирующем слое или же на других слоях из оксида или нитрида, предназначенных для адаптации оптических свойств многослойной системы. Например, слой оксида цинка, в частности, легированный алюминием, или же слой оксида олова может располагаться между верхним блокирующим и вторым диэлектрическим слоем, который предпочтительно состоит из нитрида кремния. Оксид цинка, в частности, легированный алюминием, позволяет улучшить адгезию между серебром и верхними слоями.

Таким образом, многослойная система, обработанная согласно изобретению, предпочтительно содержит по меньшей мере одну последовательность ZnO/Ag/ZnO. Оксид цинка может быть легирован алюминием. Нижний блокирующий слой может находиться между слоем серебра и нижележащим слоем. Альтернативно или дополнительно, верхний блокирующий слой может располагаться между слоем серебра и вышележащим слоем.

Наконец, на второе покрытие можно нанести верхний слой, называемый в технике "overcoat". Будучи последним слоем многослойной системы, т.е. слоем, находящимся в контакте с атмосферным воздухом, он предназначен для защиты системы от любых вредных механических (царапины и т.д.) или химических воздействий. Этот верхний слой обычно является очень тонким, чтобы не исказить вид системы в отражении (его толщина обычно составляет от 1 до 5 нм). Оно предпочтительно имеет в основе оксид титана или смешанный оксид олова и цинка, в частности, легированный сурьмой, нанесенный в подстехиометрической форме.

Многослойная система может содержать один или несколько слоев серебра, в частности два или три слоя серебра. Когда имеется несколько слоев серебра, описанная выше общая структура может повторяться. В этом случае покрытие, второе по отношению к данному слою серебра (т.е. находящееся выше этого слоя серебра), обычно совпадает с покрытием, первым относительно следующего слоя серебра.

Особенностью тонких слоев на основе оксида титана является то, что они способны к самоочистке, облегчая разложение органических соединений под действием ультрафиолетовых излучений и удаление минеральных загрязнений (пыли) под действием водяных струй. Их физическая толщина предпочтительно составляет от 2 до 50 нм, в частности от 5 до 20 нм, включая граничные значения.

Общим для упомянутых выше слоев является то, что некоторые из их свойств улучшаются, когда они находятся, по меньшей мере, в частично кристаллизованном состоянии. Обычно стремятся максимально повысить степень кристаллизации этих слоев (массовая или объемная доля кристаллизованного материала) и размер кристаллических зерен (или размер когерентных доменов дифракции, измеренных рентгеновскими методами) и в некоторых случаях даже способствовать образованию особой кристаллографической формы.

В случае оксида титана известно, что оксид титана, кристаллизованный в форме анатаза, намного более эффективен в отношении разложения органических соединений, чем аморфный оксид титана или оксид титана, кристаллизованный в форме рутила или брукита.

Известно также, что слои серебра, имеющие повышенную степень кристаллизации и, следовательно, низкое остаточное содержание аморфного серебра, имеют более низкий коэффициент излучения и более низкое удельное сопротивление, чем преимущественно аморфные слои серебра. Таким образом, электропроводность и низкая излучательная способность этих слоев улучшаются.

Аналогично, вышеупомянутые прозрачные проводящие слои, в частности, на основе легированного оксида цинка, оксида олова, легированного фтором, или оксида индия, легированного оловом, имеют тем более высокую удельную электропроводность, чем выше их степень кристаллизации.

Предпочтительно, когда покрытие является проводником, его поверхностное сопротивление в результате термической обработки уменьшается по меньшей мере на 10, даже на 15 или же на 20%. Речь идет об относительном уменьшении по сравнению со значением поверхностного сопротивления перед обработкой.

Согласно изобретению можно обрабатывать и другие покрытия. В частности, можно назвать, без ограничений, покрытия на основе (или состоящие из) CdTe или халькопиритов, например, типа CuIn_xGa_{1-x}Se₂, где x варьируется от 0 до 1. Можно также назвать покрытия типа эмали (например, нанесенной трафаретной печатью), краски или лака (обычно содержащих органическую смолу и пигменты).

Подложки с покрытием, полученные согласно изобретению, могут использоваться в однослойных окнах, стеклопакетах или многослойных остеклениях, в зеркалах, стенных покрытиях из стекла. Если покрытие является низкоизлучательной слоистой системой, а в случае стеклопакета, содержащего по меньшей мере два стеклянных листа, разделенных промежутком, заполненным газом, предпочтительно, чтобы слоистая система располагалась на стороне, находящейся в контакте с упомянутой газовой прослойкой, в частности на стороне 2, считая снаружи (т.е. на стороне подложки в контакте со средой снаружи здания, которая противоположна стороне, обращенной наружу) или на стороне 3 (т.е. на стороне второй подложки, выходящей наружу здания и обращенной наружу). Если покрытие является фотокаталитическим слоем, оно предпочтительно располагается на стороне 1, т.е. в контакте со средой снаружи здания.

Подложки с покрытием, полученные согласно изобретению, могут также использоваться в фотоэлектрических элементах, или остеклениях, или в солнечных панелях, в таком случае покрытие, обработанное согласно изобретению, является, например, электродом на основе ZnO:Al или Ga в многослойных системах на основе халькопиритов (в частности, типа CIGS-CuIn_xGa_{1-x}Se₂, где x варьируется от 0 до 1), или на основе аморфного и/или поликристаллического кремния, или же на основе CdTe.

Подложки с покрытием, полученные согласно изобретению, могут также применяться в экранах визуализации типа LCD (Liquid Crystal Display, жидкокристаллический дисплей), OLED (Organic Light

Emitting Diodes, органические светодиоды) или FED (Field Emission Display, автоэлектронный диод), причем покрытие, обработанное согласно изобретению, представляет собой, например, электропроводящий слой из ITO. Эти подложки могут также использоваться в электрохромных остеклениях, при этом тонкий слой, обработанный согласно изобретению, является, например, прозрачным электропроводящим слоем, какой описан в заявке FR-A-2 833107.

Изобретение иллюстрируется с помощью фигуры и нижеследующих неограничивающих примеров осуществления.

На фигуре схематически в разрезе показан один вариант осуществления изобретения.

Подложка 2 (обычно из стекла или стеклокерамики) и покрытие 1, нанесенное на первую сторону F1, показаны в разрезе в очень большом увеличении по сравнению с остальной частью фигуры, поскольку обычно толщина подложки 2 (несколько миллиметров) и покрытия 1 (несколько десятков или сотен нанометров) очень малы по сравнению с длиной зоны 5 дополнительного нагрева.

Подложка 2, снабженная покрытием 1 на первой стороне F1, приводится в движение под лазерным источником 8 благодаря не показанным средствам перемещения, во втором направлении D2, обозначенном пунктиром, и в сторону, показанную стрелкой. Подложка 2 имеет две противолежащие (основные) стороны F1 и F2, соответственно первую и вторую сторону.

Лазерный источник 8 испускает лазерное излучение 3, сфокусированное на покрытии 1, в виде линии 4, проходящей в первом направлении D1 перпендикулярно направлению D2. Длина лазерной линии (в направлении D1) равна ширине подложки (в этом же направлении).

Учитывая направление перемещения, зона, находящаяся ниже лазерной линии 4, соответствует на фигуре зоне, находящейся слева от нормали к поверхности F1, через которую проходит лазерная линия 4. Эта зона соответствует частям покрытия 1, уже обработанным лазерной линией 4. Части, находящиеся справа от этой нормали, еще не были обработаны.

Средства 6 дополнительного нагрева (например, инфракрасные лампы) размещены со стороны, противоположной лазерной линии, они позволяют нагреть вторую сторону F2 в зоне 5 (зона дополнительного нагрева), проходящую относительно лазерной линии 4 в обоих направлениях D1 и D2, причем длина в направлении D2 составляет по меньшей мере 10 см, например 30 или 40 см.

В данном случае зона 5 дополнительного нагрева такова, что отношение ее площади, находящейся ниже лазерной линии, к ее площади, находящейся выше лазерной линии, равно примерно 65:35. Действительно, в зоне, расположенной ниже лазерной линии, подложка деформируется больше всего.

В зоне 7 такой же площадью, что и площадь зоны 5 дополнительного нагрева, и расположенной точно напротив нее, можно измерить среднюю температуру T_1 . Аналогично, можно измерить среднюю температуру T_2 в зоне 5 дополнительного нагрева. Предпочтительно разница температур $\Delta T = T_2 - T_1$ составляет по меньшей мере 8°C , например 10°C .

Примеры

Магнетронным катодным напылением на прозрачную стеклянную подложку площадью $600 \times 321 \text{ см}^2$ и толщиной 4 мм осаждают низкоизлучательную слоистую систему, содержащую слой серебра.

В табл. 1 указаны физические толщины каждого слоя системы, выраженные в нм. Первая строка соответствует слоям, наиболее удаленным от подложки, находящимся в контакте с атмосферным воздухом.

Таблица 1

ZnSnSbO _x	2
Si ₃ N ₄ :Al	43
ZnO:Al	5
Ti	0,5
Ag	15
ZnO:Al	5
TiO ₂	11
Si ₃ N ₄ :Al	14

В табл. 2 приведены параметры осаждения, использовавшиеся для различных слоев.

Таблица 2

Слой	Используемая мишень	Давление осаждения	Газ
Si ₃ N ₄	Si:Al=92:8 (вес.%)	$1,5 \cdot 10^{-3}$ мбар	Ar / (Ar+N ₂) = 45%
TiO _x	TiO _x , где x составляет около 1,9	$1,5 \cdot 10^{-3}$ мбар	Ar / (Ar+O ₂) = 95%
ZnSnSbO _x	SnZn:Sb=34:65:1 (вес.%)	$2 \cdot 10^{-3}$ мбар	Ar / (Ar+O ₂) = 58%
ZnO:Al	Zn:Al=98:2 (вес.%)	$2 \cdot 10^{-3}$ мбар	Ar / (Ar+O ₂) = 52%
Ti	Ti	$2 \cdot 10^{-3}$ мбар	Ar
Ag	Ag	$2 \cdot 10^{-3}$ мбар	Ar 100%

На выходе устройства магнетронного осаждения подложку, снабженную многослойной системой, транспортируют горизонтально со скоростью примерно 10 м/мин и проводят под лазерной линией, расположенной перпендикулярно направлению перемещения. Линия создана диодными лазерами, испускающими непрерывное излучение длиной волны 915 или 980 нм, сфокусированное на покрытии. Линейная мощность лазерной линии составляет 400 Вт/см, его средняя ширина равна 53 мкм. Линия проходит на длину, равную ширине подложки.

В этих условиях можно наблюдать деформацию по вертикальной оси примерно 1,2 мм и, таким образом, перемещение подложки вне фокальной плоскости лазерной линии, что вредно для обработки.

Средняя температура T₁, измеренная на первой стороне в зоне длиной примерно 40 см (в направлении перемещения) вокруг лазерной линии, составляет примерно 30°C. С учетом скорости транспортировки и ширины лазерной линии термическая обработка длится всего 1 мс (в том смысле, что каждая точка покрытия нагревается лишь в течение этого короткого периода). Таким образом, тепло не имеет времени для рассеяния вбок, так что зоны, расположенные вокруг лазера, даже на близком расстоянии, находятся почти при температуре окружающей среды.

Во втором опыте напротив второй стороны подложки устанавливали инфракрасные лампы, чтобы нагреть зону длиной примерно 40 см (в направлении перемещения) и шириной примерно 320 см (ширина подложки). Около 65% поверхности зоны дополнительного нагрева находилось ниже лазерной линии. Средняя температура (T₂) второй стороны в зоне дополнительного нагрева, измеренная инфракрасной камерой CEDIP JADE, снабженной детектором InSb, составила 40°C.

Благодаря дополнительному нагреву деформация не превысила 0,2 мм.

Таким образом, умеренный дополнительный нагрев зоны площадью намного больше, чем площадь лазерной линии, позволил очень существенно уменьшить деформацию подложки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ термической обработки покрытия (1), нанесенного по меньшей мере на одну часть первой стороны (F1) подложки (2), имеющей первую сторону (F1) и вторую сторону (F2), противоположную упомянутой первой стороне (F1), согласно которому упомянутое покрытие (1) обрабатывают лазерным излучением (3), сфокусированным на упомянутом покрытии (1) в виде лазерной линии (4), при этом подложка перемещается относительно лазерной линии в поперечном к ней направлении, отличающийся тем, что дополнительно локально нагревают упомянутую вторую сторону (F2) подложки до температуры по меньшей мере 30°C в зоне (5) дополнительного нагрева, расположенной напротив упомянутой лазерной линии (4) и имеющей в плоскости второй стороны подложки длину по меньшей мере 10 см, с помощью по меньшей мере одного средства (6) дополнительного нагрева, расположенного со стороны, противоположной упомянутой лазерной линии (4) относительно упомянутой подложки (2).

2. Способ по п.1, в котором подложка (2) выполнена из стекла или стеклокерамики.

3. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором подложка (2) не имеет покрытия на второй стороне (F2).

4. Способ по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что зона (5) дополнительного нагрева имеет в плоскости второй стороны длину по меньшей мере 20, предпочтительно 30 см.

5. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором вторую сторону (F2) локально нагревают до температуры по меньшей мере 40, предпочтительно 50°C в зоне (5) дополнительного нагрева.

6. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором относительная разница $\Delta T = (T_2 - T_1)$ между средней температурой T₂ второй стороны (F2) подложки в зоне (5) дополнительного нагрева и средней температурой T₁ покрытия (1) в зоне (7) такой же площади, что и упомянутая зона (5) дополнительного нагрева, и точно противоположной упомянутой зоне (5) дополнительного нагрева, составляет по мень-

шней мере 0, в частности 5°C.

7. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором длина лазерной линии (4) составляет по меньшей мере 0,8, в частности 1 м.

8. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором средняя ширина лазерной линии (4) составляет по меньшей мере 35 мкм.

9. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором по меньшей мере одно указанное средство или каждое средство (6) дополнительного нагрева выбрано из средств радиационного нагрева, средств конвективного нагрева, средств нагрева за счет проводимости или любой их комбинации.

10. Способ по предыдущему пункту, в котором средство (6) дополнительного нагрева является средством конвективного нагрева, в частности соплами, посылающими горячий газ.

11. Способ по п.9, причем упомянутое средство или каждое средство (6) дополнительного нагрева является инфракрасной лампой.

12. Способ по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что покрытие (1) содержит по меньшей мере один тонкий слой, выбранный из металлических слоев, в частности, на основе серебра или молибдена, слоев оксида титана и прозрачных электропроводящих слоев.

13. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором максимальная температура, воздействию которой подвергается каждая точка покрытия (1) во время термической обработки, составляет по меньшей мере 300, предпочтительно 400°C.

14. Способ получения подложки (2), снабженной покрытием (1) по меньшей мере на части первой стороны (F1), включающий этап осаждения упомянутого покрытия (1) на упомянутую первую сторону (F1) с последующим этапом термической обработки упомянутого покрытия (1) способом по одному из пп.1-13.

15. Устройство для осуществления способа по одному из пп.1-13, содержащее по меньшей мере один лазерный источник (8); средства придачи формы и перенаправления для фокусирования лазерного излучения (3) на покрытии (1), нанесенном на первую сторону (F1) подложки (2), в виде лазерной линии (4); средства перемещения, выполненные с возможностью создания при работе движения относительно перемещения между упомянутой подложкой (2) и упомянутой лазерной линией (4); и средства (6) дополнительного нагрева, расположенные со стороны, противоположной упомянутой лазерной линии (4) относительно упомянутой подложки (2), выполненные с возможностью локального нагрева второй стороны (F2) упомянутой подложки (2) до температуры по меньшей мере 30°C в зоне (5) дополнительного нагрева, расположенной напротив упомянутой лазерной линии (4) и имеющей в плоскости второй стороны подложки длину по меньшей мере 10 см.

