

БЕСКОНТАКТНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИНЫ СТЕКЛА

Елена Юрьевна Кутенкова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, ст. преподаватель кафедры фотоники и приборостроения, тел. (383)361-07-45, e-mail: kutenkova.elena@yandex.ru

Татьяна Вячеславовна Ларина

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, ст. преподаватель кафедры фотоники и приборостроения, тел. (383)361-07-45, e-mail: kaf.metrol@ssga.ru

В статье представлено описание оптического бесконтактного измерителя толщины листового стекла, принцип действия которого основан на сравнении оптических сигналов, полученных тремя фотодиодами от одинаковых излучателей. При этом, через исследуемое стекло проходят два световых потока, один из которых падает на контролируемый образец под углом, второй направлен перпендикулярно поверхности стекла. Третий же поток не проходит через образец. Прибор, работающий по такому принципу, позволит осуществлять оперативный контроль качества стекла в процессе его изготовления. Использование опорного канала в схеме позволит получить наиболее достоверные данные с учетом влияния различных внешних факторов.

Ключевые слова: оптоэлектронный метод, толщина листового стекла, источники и приемники энергии.

NON-CONTACT MEASUREMENT OF THE GLASS THICKNESS

Elena Yu. Kutenkova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Senior Lecturer, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (383)361-07-45, e-mail: kutenkova.elena@yandex.ru

Tatiana V. Larina

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Senior Lecturer, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (383)361-07-45, e-mail: kaf.metrol@ssga.ru

This article describes an optical non-contact sheet glass thickness meter, whose principle of operation is based on the comparison of optical signals obtained by three photodiodes from the same sources. In this case, two light beams pass through the glass, one of which falls on the controlled sample at an angle, the second is directed perpendicular to the surface of the glass. The third beam does not pass through the sample. The device will allow carry in out operational quality control of glass in the process of its manufacture. Using of the reference channel in the scheme will provide the reliable data, taking into account the influence of various external factors.

Key words: optoelectronic method, sheet glass thickness, sources and photoreceivers.

Введение

В оптическом производстве широко используются кратные заготовки (дроты, штабики, листовое стекло) для изготовления оптических деталей. От качества этих заготовок зависит трудоемкость и себестоимость технологического процесса, поэтому рационально обеспечить необходимые характеристики еще на стадии изготовления заготовок.

Одним из основных показателей качества листового стекла является разнотолщинность – это отклонение толщины листа стекла, которое нормируется для разных категорий стекла и которое необходимо свести к минимуму в процессе производства, не прерывая его.

В статье представлена усовершенствованная конструкция бесконтактного толщиномера листового стекла [1, 2] на основе оптоэлектронного метода, который широко используется для контроля различных параметров веществ и материалов [3–21].

Описание устройства

Предлагаемое устройство измерителя толщины стекла (рис. 1) имеет упрощенную конструкцию устройства и позволяет повысить точность измерений.

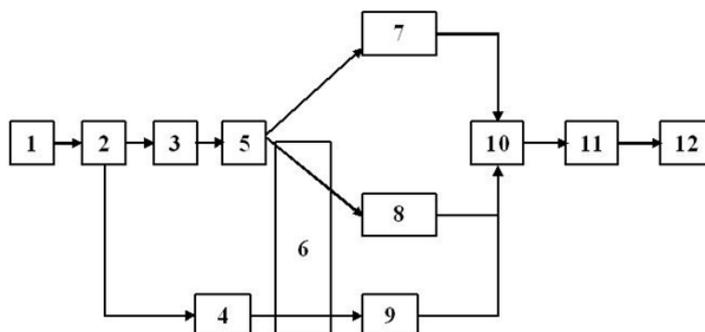


Рис. 1. Принципиальная схема устройства для контроля толщины стекла

Предложенное устройство рассматривается в виде принципиальной схемы, которое в дальнейшем планируются реализовать в качестве модели для проведения экспериментального подтверждения высказанной идеи.

Устройство, изображенное на рис. 1, состоит из источника импульсного питания 1, который вырабатывает импульсы прямоугольной формы, коммутатора (триггера) 2, который разделяет прямоугольные импульсы на две равные части одинаковых импульсов, двух лазерных диодов ЛД₁ (3) и ЛД₂ (4), светоделительной прямоугольной призмы 5, приемников оптического излучения (ПОИ) 7, 8 и 9, блока обработки фотоэлектрического сигнала 10, усилителя 11 и измерительного прибора (ИП) 12. Контролируемое стекло представлено на схеме в виде плоскопараллельной пластины 6.

Разделенные коммутатором 2 импульсы, поданные генератором 1, попадают на лазерные диоды ЛД₁ (3), которые используются как измерительные, и ЛД₂ (4), выступающий в качестве опорного. Наличие в схеме опорного оптрона, позволяет не учитывать поглощение света в исследуемом образце. Опорный канал необходим, чтобы была возможность фиксировать различия трех сигналов, два из которых проходят через контролируемое стекло: один из них падает на контролируемый образец под углом, второй – перпендикулярно поверхности образца, а третий не проходит через образец.

Поток излучения от измерительного лазерного диода ЛД₁ (3) делится на две равные части с помощью светоделительной прямоугольной призмы 5, одна из которых не проходит через измеряемое стекло 6 и попадает на фотодиод ПОИ₁ (7), другая половина светового потока падает на исследуемый образец 6 под определенным углом, и проходя через него подается на аналогичный фотодиод ПОИ₂ (8). Пучок лучей при прохождении через образец 6 смещается на величину d , параллельно самому себе. Величина этого смещения напрямую зависит от толщины стекла, при этом даже при весьма небольшом изменении величины толщины стекла изменяется размер освещаемой части площади фотоприемника, а значит и величина выходного сигнала. Излучение опорного лазерного диода ЛД₂ (4), проходя через измеряемое листовое стекло перпендикулярно, фиксируется аналогичным фотодиодом ПОИ₃ (9).

Затем эти электрические сигналы поступают в блок обработки фотоэлектрического сигнала БОФС 10, где происходит сравнение электрических импульсных сигналов, которые поступили от ПОИ₁ (7) и ПОИ₂ (8) и определяется их разница, далее находится отношение этой разности с сигналом ПОИ₃ (9). Затем величина соотношения подается в усилитель 11. Выходной сигнал, который заранее был отградуирован в зависимости от исходной величины толщины образца, попадает на измерительный прибор ИП (12).

На рис. 2 рассмотрена принципиальная электрическая схема, на которой представлены: К – коммутатор; R₁, R₂ – переменные сопротивление для регулирования тока ЛД₁ и ЛД₂; R₃, R₄, R₅ – шунтирующие нагрузки на ПОИ₁, ПОИ₂ и ПОИ₃ соответственно; БОФС – блок обработки фотоэлектрического сигнала.

Допустим, что из ЛД₁ идет излучение, например, под углом α , половина которого под таким же углом α попадает на ПОИ₁, вторая идентичная часть падает под углом α на первую поверхность контролируемого листового стекла в точке А, преломляется, проходит расстояние АС, попадает на ПОИ₂ под углом r , который равен углу α . Световой поток из ЛД₂ падает перпендикулярно к первой поверхности листового стекла, проходит расстояние EF в исследуемом образце, попадает на ПОИ₃. Пучок лучей, падающий под углом, при прохождении через образец 6 толщиной H не изменяет своего направления, но смещается параллельно самому себе на величину d . При этом $i = i_1 = i''$, кроме того $\alpha = r = i'$, в данном случае получается следующая зависимость:

$$d = \frac{H \sin(i' - i'')}{\cos i''}. \quad (1)$$

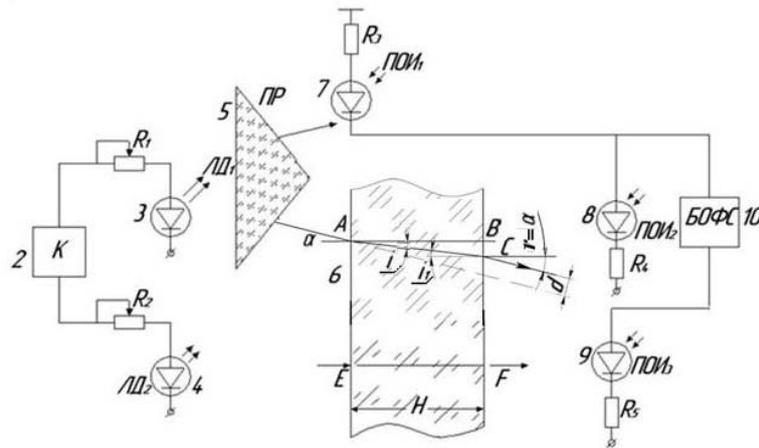


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема устройства для контроля толщины стекла

Используя выражение (1), можно найти величину H :

$$H = \frac{d \cos i''}{\sin(i' - i'')} \quad (2)$$

Из соотношения (2) очевидно, что толщина исследуемого образца H прямо пропорциональна $d \cos i''$, и это служит доказательством, что размер освещаемой площадки $ПОИ_2$ изменяется в зависимости от толщины исследуемого образца, а значит, имея показания измерительного прибора 12, можно определить H .

Известна конструкция измерителя толщины стекла, в которой имеется блок сканирования светового луча, выполненный в виде зеркального барабана, закрепленного на валу электродвигателя; в оптической схеме предусмотрены непрозрачный фильтр с окнами; фотоэлектрические преобразователи и оптико-электронный блок, выполненный в виде линзы [22]. Недостатками этого устройства являются: низкая точность: из-за непрозрачного фильтра и сканера, луч света преломляется не точно и сложная конструкция. Данные недостатки устранены в рассматриваемом толщиномере.

Заключение

Существенным преимуществом предлагаемой схемы является то, что контроль можно осуществлять тогда, когда стекло находится в горячем состоянии при отливке или прокатке, при этом использование других способов контроля затруднено. Использование опорного канала в схеме позволит получить наиболее достоверные данные с учетом влияния различных внешних факторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оптоэлектронный бесконтактный толщиномер листового стекла / Н. Р. Рахимов, О. К. Ушаков, Е. Ю. Кутенкова, Т. В. Ларина // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2012. – Т. 78, № 9. – С. 43–44.
2. Пат. № 2429447 Российская Федерация, МПК 51G01В 11/06 Бесконтактный измеритель толщины листового стекла / Рахимов Н. Р., Ушаков О. К., Кутенкова Е. Ю., Ларина Т. В.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная геодезическая академия». – № 2009105547/28; заявл. 17.02.09; опубл. 20.09.2011. Бюл. № 26. – 6 с.: 2 ил.
3. Оптоэлектронный анализатор цвета полупрозрачных жидкостей / Н. Р. Рахимов, О. К. Ушаков, Е. Ю. Кутенкова и др. // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск : СГГА, 2009. Т. 5, ч. 1. – С. 123–128.
4. Оптоэлектронный метод анализа физико-химических параметров нефти и нефтепродуктов / Н. Р. Рахимов, Е. Ю. Кутенкова, Т. В. Ларина и др. // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск : СГГА, 2010. Т. 5, ч. 1. – С. 173–179.
5. Кутенкова Е. Ю. Разработка оптоэлектронного фотоколориметра для автоматического анализа жидких сред // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 5, ч. 1. – С. 191–195.
6. Исследование МДП-структур и разработка оптоэлектронных приборов на их основе / Н. Р. Рахимов, О. К. Ушаков, Е. Ю. Кутенкова и др. // Изв. АндГУ. – 2012. – № 1. – С. 14–17.
7. Исследование волокон оптического тракта и создание логических элементов на их основе / Н. Р. Рахимов, А. Н. Серьезнов, Р. У. Алиев, Т. В. Ларина, А. А. Мирзаалимов // Изв. АндГУ. – 2011. – № 1. – С. 20–24.
8. Анализатор цвета поверхности твердых материалов / Б. Н. Рахимов, О. К. Ушаков, Т. В. Ларина, Е. Ю. Кутенкова // Приборы и техника эксперимента. – 2012. – № 3. – С. 131–132.
9. Ларина Т. В., Рахимов Б. Н., Шамирзаев С. Х. Оптоэлектронный неразрушающий метод контроля усталости металлических конструкций // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 111–115.
10. Рахимов Н. Р., Ларина Т. В., Сатволдиев И. А. Расчет основных параметров приемников оптического излучения для создания оптрона открытого канала // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 132–137.
11. Разработка ПОИ с внутренним инжекционным усилением тока на основе поликристаллического кремния / Р. У. Алиев, Н. Р. Рахимов, С. Р. Алиев, Е. Ю. Кутенкова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 45–50.
12. Математическая модель оптоэлектронного преобразователя для мониторинга жидких сред / Рахимов Н. Р., Кутенкова Е. Ю., Исломов Д. Д. и др. // Автоматика и программная инженерия. – 2012. – № 2 (2). – С. 36–41.

13. Ларина Т. В., Рахимов Н.Р., Алижанов Д. Д. Разработка оптоэлектронного датчика для исследования процесса усталости образца металлических конструкций // Автоматика и программная инженерия. – 2012. – № 2 (2). – С. 31–35.
14. Особенности получения координатно-чувствительного приемника оптического излучения на основе полупроводниковых пленок с аномальным фотонапряжением / Рахимов Н. Р., Минин О. В., Минин И. В. и др. // Автоматика и программная инженерия. – 2012. – № 2 (2). – С. 48–47.
15. Пат. 2413201. Российская Федерация, МПК51 G01N 21/03. Оптоэлектронный фотокориметр / Рахимов Б. Н., Ушаков О. К., Кутенкова Е. Ю., Ларина Т. В.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная геодезическая академия». – № 2009146659/28; заявл. 15.12.2009; опубл. 27.02.11. Бюл. № 6. – 4 с. : ил.
16. Пат. 2485484. Российская Федерация, МПК51 G01N 21/03. Оптоэлектронный многопараметровый колориметр / Рахимов Б. Н., Кутенкова Е. Ю., Мадумаров Ш. И., Алижанов Д. Д.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная геодезическая академия». – № 2011153209/28; заявл. 26.12.2011; опубл. Бюл. № 17. – 7 с. : ил.
17. Оптоэлектронный автоматический колориметр / Б. Н. Рахимов, О. К. Ушаков, Е. Ю. Кутенкова, Т. В. Ларина // Приборы и техника эксперимента. – 2011. – № 5. – С. 161–162.
18. Кутенкова Е. Ю. Оптоэлектронный многопараметровый автоматический колориметр // Датчики и системы. – 2012. – № 4 (155). – С. 37–39.
19. Ушаков О. К., Кутенкова Е.Ю., Серьезнов А.Н. Автоматический колориметр на основе оптоэлектронных преобразователей // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 146–151.
20. Рахимов Н. Р., Кутенкова Е. Ю., Серьезнов А. Н. Принципы построения оптоэлектронных устройств для контроля параметров жидких сред // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2013». Дифракционные и интерференционные системы и приборы : сб. материалов (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. – С. 296–301.
21. Математическая модель работы устройства измерения оптических параметров жидких сред / Е. Ю. Кутенкова, Т. В. Ларина и др. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2014» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 104–109.
22. Авторское свидетельство СССР № 376656 М кл. G 01b 19/38, Бесконтактный измеритель толщины листового стекла / Бялик А. А., Кадлец С. И. ; заявитель и патентообладатель Киевский филиал Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-конструкторского института по автоматизации предприятий промышленности строительных материалов. – заявлено 19. VIII.1971 (№ 1689743/25-28), опубликовано 05.IV.1973. Бюллетень № 17. Дата опубликования описания 29.V.1973, с. 2.

© Е. Ю. Кутенкова, Т. В. Ларина, 2019