



*Двенадцатая Международная научно-техническая конференция
«Оптические методы исследования потоков»
Москва, 25 — 28 июня 2013 г.*

УДК 533.6.08

Мьо Мьинт Ньен, Н.М.Скорнякова

*Национальный исследовательский университет «МЭИ», Россия,
111250, Москва, Красноказарменная ул., 14, E-mail: nmskorn@mail.ru*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА СТЕКЛЯННОЙ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ ТЕНЕВЫМ ФОНОВЫМ МЕТОДОМ

АННОТАЦИЯ

Экспериментально и теоретически показана возможность контроля качества стеклянных плоскопараллельных пластин теневым фоновым методом. Представлена методика определения наличия в пластинах пузырьков воздуха, свилей, царапин.

ТЕНЕВОЙ ФОНОВЫЙ МЕТОД, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ, НЕОДНОРОДНОСТИ, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все актуальнее становится вопрос автоматизации процессов промышленного изготовления. В частности, это относится и к производству оптических деталей. Однако, при конвейерном производстве необходимо в реальном масштабе времени отслеживать качество получаемых деталей. На помощь могут прийти оптические методы диагностики.

Один из таких методов – теновой фоновый метод (в англоязычной литературе – Background Oriented Shclieren method) [1]. Теновой фоновый метод (ТФМ) сравнительно молодой, но бурно развивающийся метод. Так как в этом методе основной упор делается на компьютерную обработку, то с его помощью вполне возможно разработать автоматизированную систему контроля качества оптических деталей.

Области применения тенового фонового метода различны. Например, были произведены исследования турбулентности, возникающей от винта реактивного или сверхзвукового самолета [2], звуковой волны от ружейного выстрела, исследованы задачи естественной конвекции в жидкости [3]. Результаты, полученные в этих областях, подчеркивают перспективу будущей применимости этой техники во многих областях науки и техники. ТФМ предлагает не только возможность качественных и количественных теновых исследований, но также и имеет потенциал для определения плотности потока, путем интегрирования измеренного градиента поля.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Оптическая неоднородность – это области с другим показателем преломления, чем окружающая среда. Неоднородности воздуха искривляют путь проходящего через них света.

Так как воздух распределяется в пространстве не абсолютно однородно, свет от объекта (фоновый экран) преломляется различным образом и мы видим искаженное изображение.

Нарушение оптической однородности среды выражается в неодинаковости по её объёму преломления показателя n . Часто оптическими неоднородностями в средах являются дефекты структуры вещества или включения одного вещества в другое, с иным показателем преломления n (туманы, дымы, суспензии, эмульсии, коллоидные растворы, молочные стёкла и прочее). Оптические неоднородности могут быть в чистых веществах – при хаотическом тепловом движении частиц в большом числе микрообъёмов среды плотность, концентрация (в растворах) и оптическая анизотропия, обусловленная преимущественной ориентацией молекул, претерпевают кратковременные отклонения от средних значений (флуктуации), в результате чего в этих микрообъёмах меняется n .

Рефракцией называют искривление направления распространения световых волн из-за неоднородности среды (оптической неоднородности, изменений температуры, диэлектрической проницаемости). Степень преломления света зависит от коэффициента преломления среды/материала. Этот коэффициент равен отношению скорости света в вакууме к скорости света в среде/материале. Как правило, чем выше плотность среды/материала, тем больше коэффициент.

На основе описанных выше явлений и построен принцип измерений с помощью теневого фонового метода. Его особенностью является то, что измеряет он не саму величину, а только градиент ее изменения. Градиентом называется вектор, ориентированный по направлению наиболее быстрого возрастания функции и имеющий длину, пропорциональную максимальной скорости возрастания. Другими словами, в областях, где показатель преломления увеличивается с максимальной скоростью, градиент будет положительным и максимальным, а в областях, где максимально быстро уменьшается – будет отрицательным и минимальным.

Таким образом, возможно визуально, путем построения векторного поля градиентов показателя преломления, увидеть качество оптической детали.

МОДЕЛИРОВАНИЕ

Рассмотрим прохождение света через плоскопараллельную пластину с показателем преломления n_2 , находящуюся в среде с n_1 . Схема представлена на рис. 1.

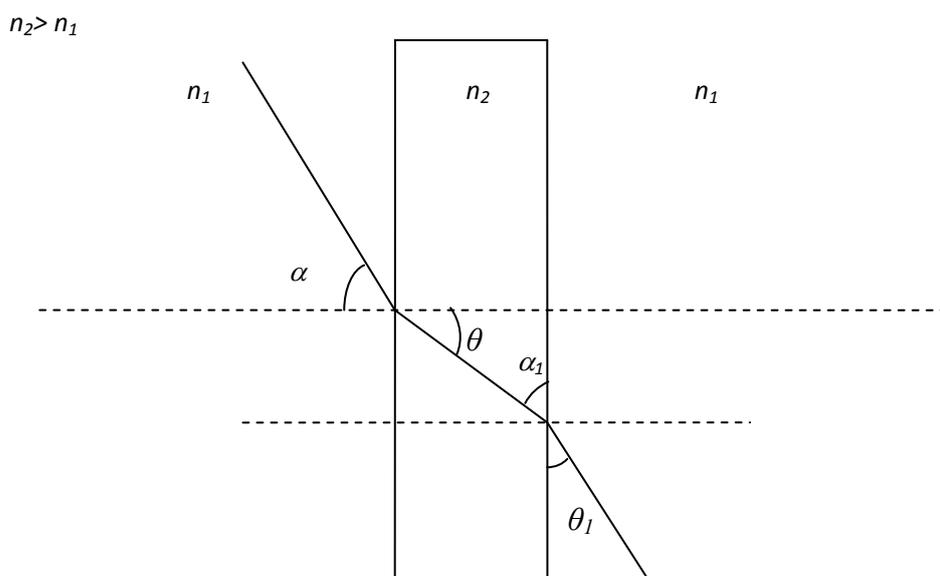


Рис. 1. Прохождение света через плоскопараллельную пластину

Промоделируем, каково будет смещение точки фонового экрана на его изображении при нахождении плоскопараллельной пластины между экраном и видеокамерой. Первую часть моделирования будем проводить при угле падения $\alpha = 30^\circ$. Тогда угол преломления θ будет составлять 19° . Зависимость смещения точки фонового экрана на изображении от толщины пластины представлена на рис. 2.

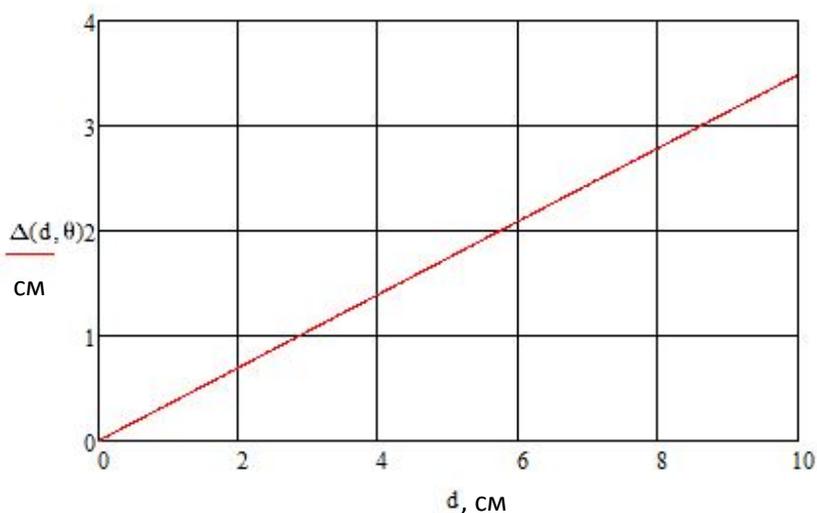


Рис. 2. Зависимость смещения точки фонового экрана на изображении от толщины пластины

Для второй части моделирования положим, что толщина пластины d равна 0,5 см. Рассмотрим, как будет зависеть смещение точки фонового экрана на изображении от угла падения луча (рис. 3).

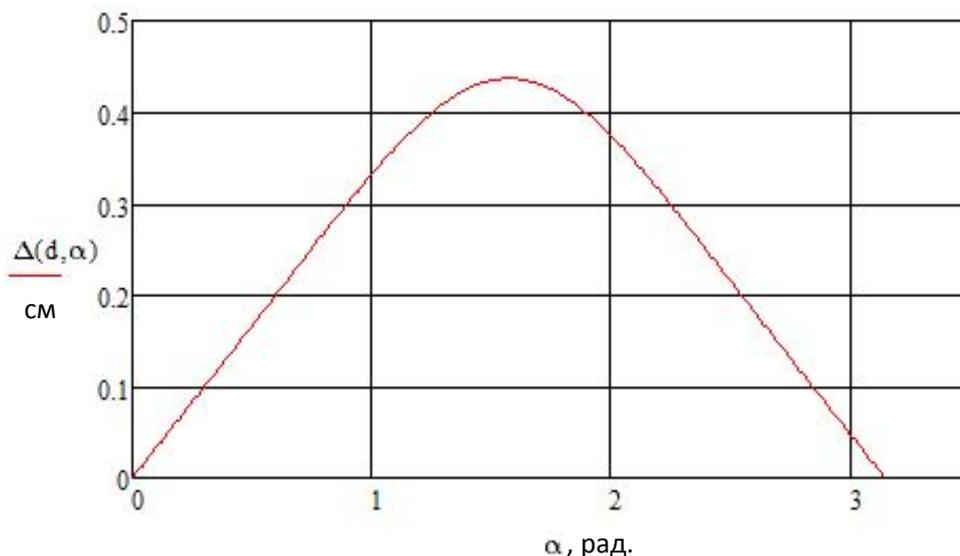
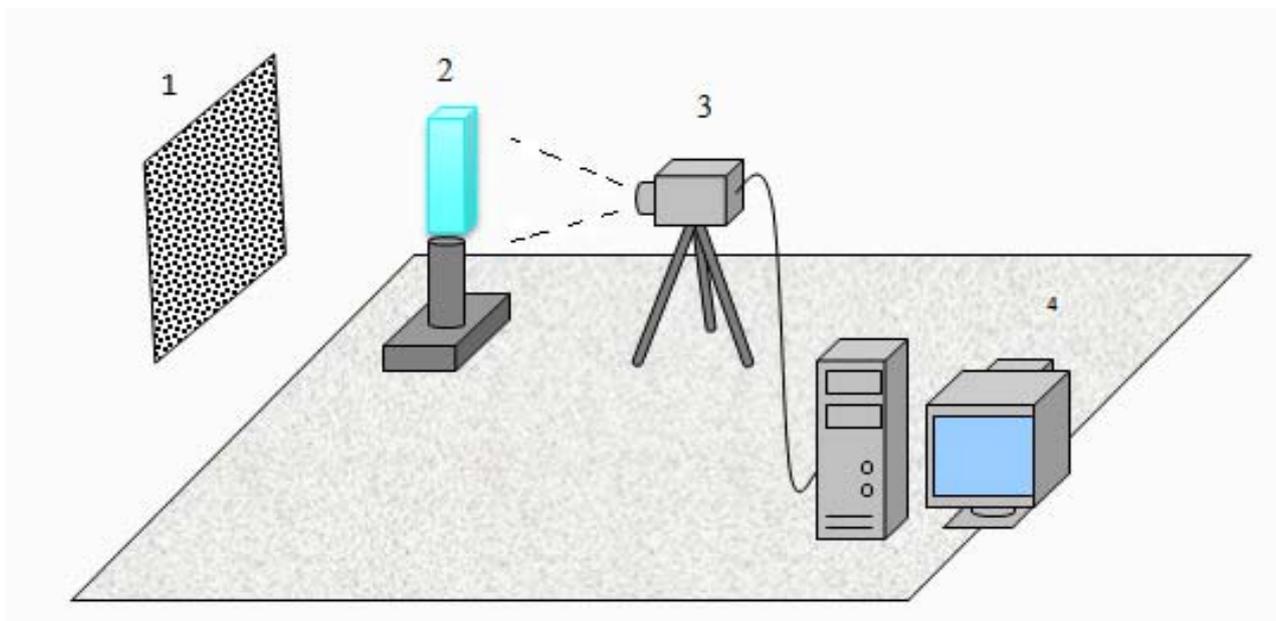


Рис. 3. Зависимость смещения точки фонового экрана на изображении от угла падения луча

Из приведенных на рис. 2, 3 зависимостей видно, что наблюдается достаточно сильная зависимость смещения изображения точки фонового экрана от толщины пластины и угла падения луча. Это позволит с достаточной точностью производить диагностику качества оптических деталей.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для подтверждения физической реализуемости такого метода контроля были проведены экспериментальные исследования. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 4. Фоновый экран 1 представляет собой неструктурированное множество черных точек с нормальным статистическим распределением на белом фоне. Видеокамера 3 фокусируется на фоновом экране. Между фоновым экраном и видеокамерой располагается исследуемый объект 2. Информация с видеокамеры в реальном режиме времени передается на персональный компьютер 4, где и сохраняется. Обработка полученных изображений производится затем в специализированной программе.



1 – фоновый экран, 2 – стеклянная плоскопараллельная пластина,
3 – цифровая видеокамера ВИДЕОСКАН 485,
4 – компьютер с программным обеспечением для обработки результатов измерений.

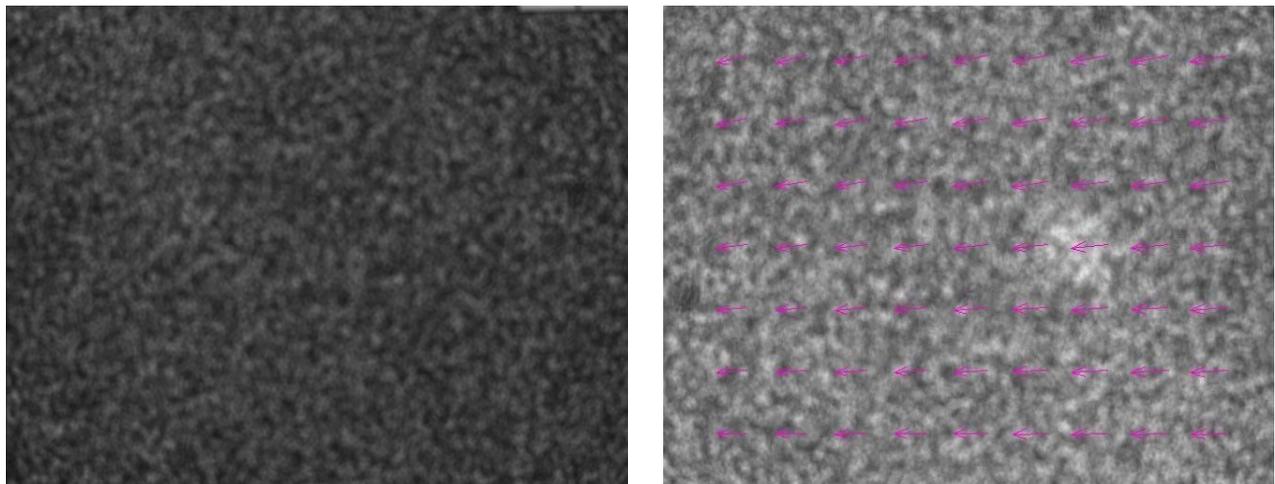
Рис. 4. Схема экспериментальной установки

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследований были взяты плоскопараллельная пластина с небольшими флуктуациями толщины и положительная линза. На рис. 5 представлены изображение фонового экрана через плоскопараллельную пластину без обработки и результат обработки.

На полученном векторном поле видно, что нижний ряд векторов строго горизонтален, как и должно быть по теоретическим предсказаниям и результатам моделирования. Верхние ряды векторов имеют заметный наклон вниз, что и характеризует изменение толщины плоскопараллельной пластины.

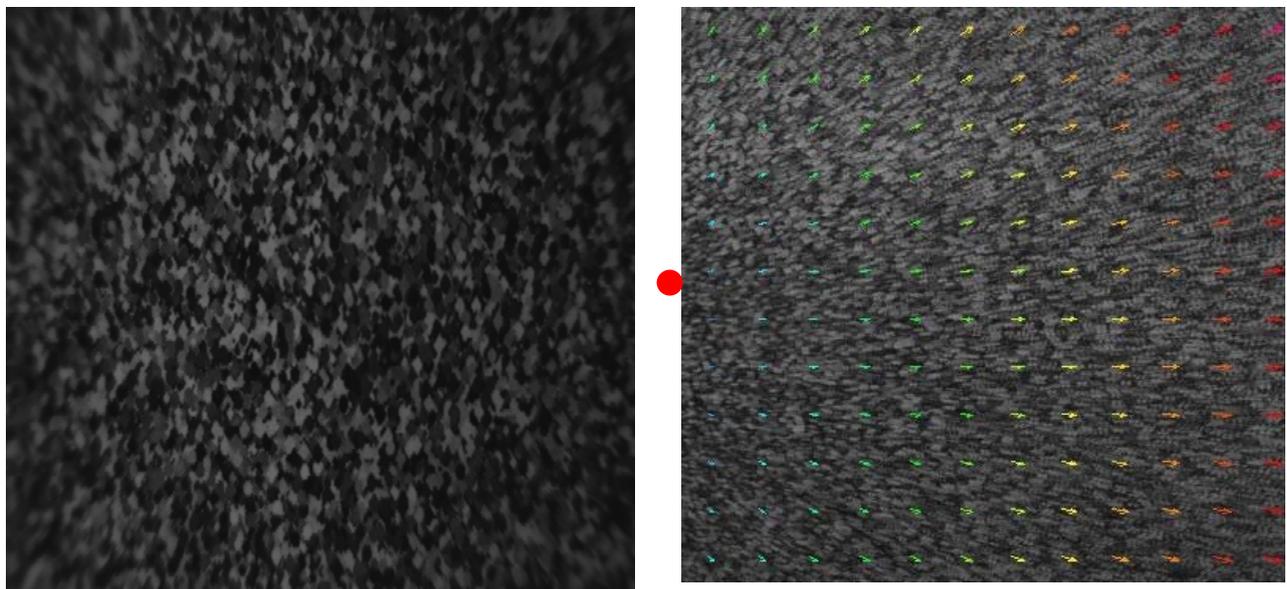
На рис. 6 представлены изображение фонового экрана через положительную линзу без обработки и результат обработки. Красной точкой отмечено положение центра линзы. Видно, что векторное поле имеет радиальный характер, то есть вектора идут по радиусу от центра линзы к ее краям и любое нарушение векторного поля может характеризовать наличие пузырьков воздуха, свилей, царапин



а)

б)

Рис. 5. Изображение фонового экрана через плоскопараллельную пластину без обработки (а) и результат обработки (б)



а)

б)

Рис. 6. Изображение фонового экрана через положительную линзу без обработки (а) и результат обработки (б)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретически и экспериментально показана возможность автоматизированного контроля качества оптических деталей с помощью теневого фонового метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Meier G. E. A.** Computerized background-oriented schlieren // Experiments in Fluids. 33. 2002. P. 181 – 187.
2. **Richard H., Raffel M., Rein M. and etc.** Demonstration of the applicability of a Background Oriented Schlieren (BOS) method // Proc. of the 10th int. symposium on applications of laser techniques to fluid mechanics, Lisbon. Springer, Berlin: Heidelberg: New York: 2000.
3. **Richard H., Raffel M., Rein M., Kompensans J., Meier G. E. A.** (2000) Demonstration of the applicability of a background oriented Schlieren (BOS) method. In Proc. Of the 10-th

Int. Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics, Lisbon. Springer, Berlin Heidelberg New York.

Myo Myint Nien, N.M. Skornyakova

*National research university «MPEI», Russia,
111250, Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14, E-mail: nmskorn@mail.ru*

**DEFINITION OF QUALITY GLASS WEDGES OF BACKGROUND ORIENTED
SCHLIEREN METHOD**

The ability to control the quality of plane-parallel glass plates by background oriented schlieren method is demonstrated experimentally and theoretically. The technique of determining of air bubbles in the plates, streaks, scratches is presented.

background ORIENTED SCHLIEREN METHOD, VISUALISATION, HETEROGENEITY,
CONTROL OF QUALITY