

# ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 535.3, 535.4

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КЛИНОВИДНОСТИ ПЛАСТИН ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

© 2011 г. Б. Е. Мошкин, канд. техн. наук; С. В. Максименко

Институт космических исследований РАН, Москва

E-mail: bmoshkin@mtu-net.ru

Описано простое устройство для определения с высокой точностью клиновидности прозрачных пластин по смещению интерференционных колец.

**Ключевые слова:** клиновидность пластины, интерференция, Фурье-спектрография.

Коды OCIS: 120.4630, 220.4840, 120.2650.

Поступила в редакцию 14.07.2010.

В оптических приборах часто применяются плоскопараллельные прозрачные пластины, используемые в качестве светофильтров и компенсаторов, фазосдвигающих пластин, окон, светофильтров и т. д. В процессе их изготовления и при эксплуатации необходимо измерять и знать реальный угол клиновидности таких пластин. Для этого используются гoniометры [1], предназначенные для измерения углов с точностью до угловых секунд. Кроме того, известны интерферометрические методы контроля клиновидности пластин с помощью интерферометра Физо [1, 2]. Во всех этих случаях используется дорогая стационарная аппаратура, которая имеется далеко не везде. Ниже описано простое устройство, позволяющее измерять клиновидность пластин с высокой точностью, иногда превышающей возможности гoniометров, причем техника измерений при этом значительно проще, а время измерений значительно меньше. Немаловажное преимущество – это возможность фотографической регистрации результатов измерений.

В основе конструкции устройства лежит способ определения клиновидности, описанный в статье [3].

Суть этого способа состоит в следующем. При освещении пластины расходящимся пучком лазерного излучения на плоском экране наблюдается интерференционная картина, образованная сложением волновых фронтов от перед-

ней и задней поверхностей пластины, отраженных обратно в сторону экрана. Интерференционная картина представляет собой систему почти круговых колец, центр которыхмещен в направлении увеличения толщины пластины.

Линейное смещение центра колец  $S$  на экране определяется искомой клиновидностью пластины  $\alpha$  и зависит от показателя преломления  $n$ , толщины пластины  $h$  и расстояния  $l$  между передней поверхностью пластины и задним фокусом линзы, совпадающим с плоскостью экрана.

Конкретный вид зависимости искомой клиновидности от измеренного смещения описывается следующей формулой, полученной в [3] в результате математического моделирования:

$$\alpha = hS / (2l^2 n^2). \quad (1)$$

Для практической реализации этой методики было изготовлено портативное устройство, изображенное на рис. 1. Все его элементы закреплены на вертикальной фанерной плите. Вдоль боковых краев плиты расположены откидывающиеся ножки для установки устройства на столе. В качестве источника излучения используется лазерная указка, закрепленная в дюралевом корпусе. Внутренняя полость корпуса имеет такую форму, что при повороте лазерной указки вокруг своей оси на  $90^\circ$  ее кнопка фиксируется в нажатом состоянии. Излучение ла-

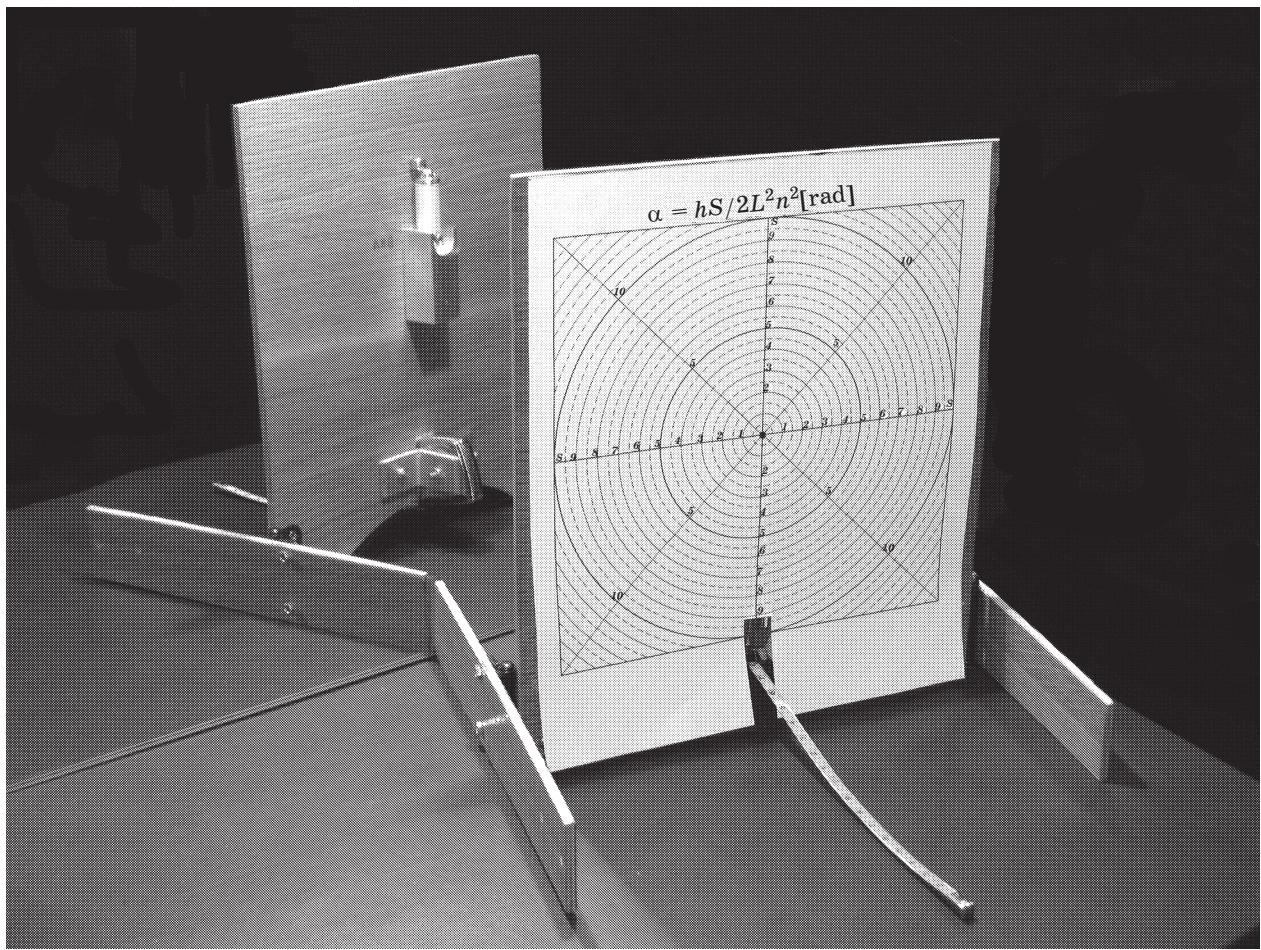


Рис. 1. Вид гониометра спереди и отражение в зеркале обратной стороны.

зера поворачивается призмой и расширяется линзой (установленными в нижней части корпуса) и через отверстие в центре плиты выходит в сторону измеряемой пластины. Используется линза с фокусным расстоянием 20 мм, создающая относительно малое расширение пучка, удобное для проверки пластин с клиновидностью меньше 1'. Для проверки пластин с большей клиновидностью используется линза с фокусным расстоянием 12 мм. Корпус установлен на задней поверхности плиты, а на ее передней поверхности закреплен экран. На экране нанесены концентрические окружности с шагом 5 мм и радиусы с шагом 45°. Снизу плиты закреплена рулетка с гибкой измерительной лентой длиной 1 м. Для удобства могут использоваться столик для размещения измеряемой пластины и цифровой фотоаппарат для регистрации изображения интерференционных колец, возникающих на экране.

На рис. 2 приведена фотография интерференционных колец, образованных при отра-

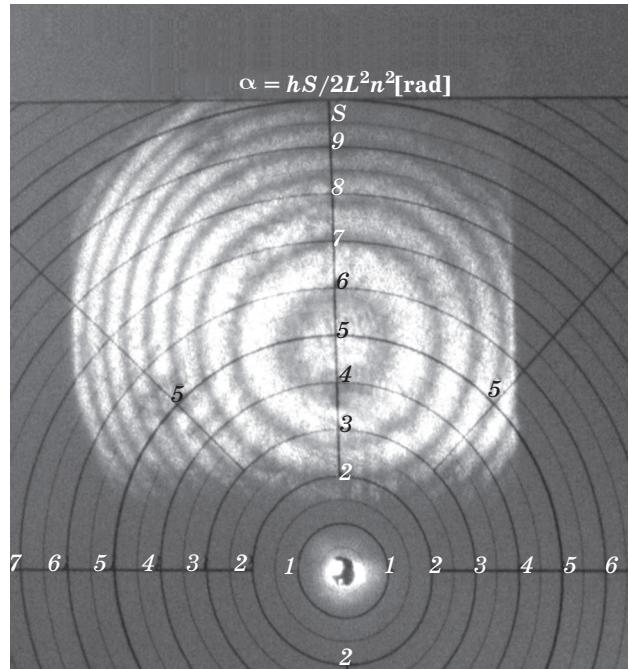


Рис. 2. Интерференционные кольца от флюоритовой пластины.

жении от флюоритовой пластины ( $n = 1,432$ ) толщиной 5,63 мм, расположенной на расстоянии 680 мм от фокуса линзы. Измеренное по первым трем кольцам смещение центра колец  $S = 48,5 \pm 1$  мм. Рассчитанный по (1) угол клина  $\alpha = 29,7'' \pm 0,6''$ . Направление клина оказалось строго параллельным боковой грани пластины (срез колец справа). Основная погрешность измерения угла клиновидности, как следует из формулы (1), зависит от относительной погрешности определения смещения центра колец и тем меньше, чем лучше плоскостность поверхностей пластины. Наименьшая полученная погрешность достигает нескольких десятых долей угловых секунд, что иллюстрируется рис. 2 и фотографиями, приведенными в работе [3].

Существенно, что положение центра колец не зависит от наклона пластины к оси пучка, поэтому нет необходимости в жесткой фиксации пластины.

Преимущество описанного метода состоит в простоте приборной реализации и возможности проведения экспресс-контроля: не вы-

пуская пластины из рук, можно сразу оценить направление клина и его величину, а по отклонению формы колец от окружностей оценить величину и характер неплоскостности поверхностей.

На первый взгляд, некоторое недоумение может вызвать сильное несоответствие высокой заявленной точности измерения простоте описанной установки. Дело в том, что установка используется только для визуализации интерференционной картины, которая создается непосредственно высококачественной измеряемой пластиной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технologа-оптика / Под ред. Окатова М.А. СПб.: Политехника, 2004. 679 с.
2. Малакара Д. Оптический производственный контроль / пер. с англ.; Под ред. Соснова А.Н. М.: Машиностроение, 1985. 400 с.
3. Мошкин Б.Е., Майоров Б.С. Интерферометрический метод измерения клиновидности пластин // Оптический журнал. 2007. Т. 74. № 2. С. 24–27.