

Р. Г. Зонов, В. М. Стяпшин, Г. М. Михеев

## ГОНИОМЕТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛОВЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ОПТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТКЛИКА В ПРОВОДЯЩИХ ПЛЕНКАХ

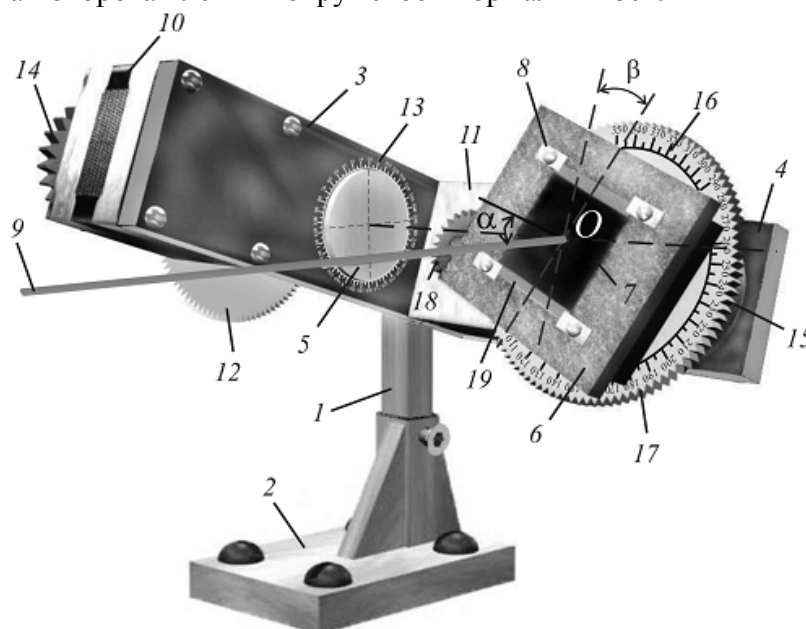
Представлено гониометрическое устройство для исследования ориентационных зависимостей оптоэлектрического отклика в проводящих пленках. Разработанное устройство позволяет плавно изменять углы наклона пленки и ее поворота вокруг своей нормали относительно направления пучка лазера без смещения зоны лазерного облучения на поверхности пленки.

**Ключевые слова:** гониометрическое устройство, проводящие пленки, оптоэлектрический сигнал, угловая зависимость.

При проведении физического эксперимента с применением лазеров часто возникает необходимость в различных приспособлениях и юстировочных устройствах, многие из которых можно найти в арсенале специализированных фирм по производству и продаже лабораторного оборудования. Между тем авторами установлено, что в графитных [1, 2] и серебропалладиевых резистивных пленках [3] под действием импульсного лазерного излучения

наносекундной длительности возникает импульсное электрическое напряжение, амплитуда которого существенно зависит от угла падения луча ( $\alpha$ ) и угла поворота пленки ( $\beta$ ) вокруг своей нормали. Для получения достоверных экспериментальных данных, характеризующих пространственно-ориентационные зависимости этого явления в широком диапазоне изменения углов  $\alpha$  и  $\beta$ , возникает необходимость в специальном гониометрическом устройстве, аналога которого отсутствуют в ассортименте производителей оптического оборудования. Следует отметить, что в рентгентехнике подобные устройства хорошо известны [4]. Они входят в состав многих серийно выпускаемых рентгентехнических приборов, а также имеются в продаже отдельно (см., например, каталог фирмы „Huber“, Германия). Однако имеющиеся на рынке образцы дóроги, нуждаются в некоторой доработке и сложны при самостоятельном изготовлении. Из реализованных в лабораторных условиях вариантов следует выделить гониометрическое устройство, описанное в работе [5]. Но это устройство, при значительной сложности изготовления, обеспечивает изменение угла наклона исследуемого образца лишь в диапазоне  $\pm 60^\circ$ .

В настоящей статье представлено описание разработанного и изготовленного простого гониометрического устройства, функционирующего в диапазонах угла падения лазерного излучения  $\pm 90^\circ$  и угла поворота пленки вокруг своей нормали  $\pm 180^\circ$ .



Основными частями гониометрического устройства (см. рисунок) являются штатив 1, установленный на опорном столике 2, монтажный угольник, состоящий из двух платформ 3 и 4, ориентированных перпендикулярно друг к другу, два несущих стержня (на рисунке показан только первый стержень 5), а также диэлектрический держатель 6, предназначенный для фиксации на его поверхности исследуемой проводящей пленки 7 с помощью четырех прижимных лапок-электродов 8. Поворот монтажного угольника вокруг несущего стержня 5 обеспечивает изменение угла падения  $\alpha$  лазерного луча 9 на поверхность пленки, а вращение держателя вокруг второго стержня обеспечивает изменение угла  $\beta$ , характеризующего поворот пленки вокруг своей нормали. С обратной стороны держателя 6 размещен коаксиальный разъем (на рисунке не показан) для вывода оптоэлектрического сигнала на осциллограф или другое измерительное устройство. Для автоматизации измерений устройство может быть дополнительно оснащено двумя шаговыми электродвигателями 10 и 11, закрепленными соответственно на платформах 3 и 4 монтажного угольника.

Штатив жестко соединен с несущим стержнем 5. На одном конце стержня 5 на подшипники установлена платформа 3, а на другом его конце жестко закреплено зубчатое колесо 12,

относительно которого происходит вращение монтажного угольника с лимбом 13, отмеряющим угол  $\alpha$ . При работе шагового двигателя 10 с шестерней 14 происходит вращение монтажного угольника вокруг оси несущего стержня 5 и тем самым обеспечивается плавное изменение угла  $\alpha$ .

На платформе 4 под прямым углом жестко закреплен второй несущий стержень (на рисунке не показан). На нем с помощью подшипников установлена втулка 15, на которой закреплены держатель 6 и зубчатое колесо 17, приводимое во вращение шаговым двигателем 11 через шестерню 18. На зубчатом колесе 17 нанесен лимб 16, отмеряющий угол  $\beta$  (точка отсчета на рисунке не показана). Поверхность площадки держателя для размещения пленки устанавливается перпендикулярно оси втулки и соответственно оси второго стержня. Таким образом, при работе шагового двигателя 11 обеспечивается поворот втулки вокруг своей оси и, следовательно, вращение держателя пленки вокруг нормали к его поверхности. Тем самым достигается изменение угла  $\beta$ .

Исследуемая проводящая пленка с нанесенными на ее поверхность измерительными электродами 19 крепится на диэлектрическом держателе с помощью проводящих прижимных лапок, попарно электрически соединенных между собой. В свою очередь, прижимные лапки закрепляются на поверхности держателя с помощью винтов в точках, расположенных вблизи концов измерительных электродов. Этим достигается возможность проведения экспериментов при углах  $\alpha \approx 90^\circ$ , когда луч лазера практически „скользит“ вдоль поверхности пленки.

Для получения достоверных экспериментальных результатов гониометрическое устройство должно обеспечивать неподвижность центра зоны лазерного облучения относительно измерительных электродов при изменении углов  $\alpha$  и  $\beta$ . Это достигается путем установки двух несущих стержней (относительно которых происходит наклон и вращение исследуемого образца) таким образом, чтобы их оси пересекались в точке  $O$ , расположенной на поверхности пленки. Только в случае когда пучок лазера проходит через эту точку, изменения углов  $\alpha$  и  $\beta$  не будут приводить к смещению центра зоны лазерного облучения относительно измерительных электродов. Конструктивно это достигается за счет точного сопряжения платформ 3 и 4 при изготовлении устройства. Однако при проведении экспериментов часто используются проводящие пленки (на подложках), имеющие разную толщину. В связи с этим предусмотрена возможность перемещения второго стержня вдоль его оси в небольших пределах (5 мм). Это обеспечивается ввинчиванием указанного стержня по резьбе посадочного отверстия в платформе 4 на необходимую глубину и последующей его фиксацией при помощи контргайки.

В конструкции измерительного устройства целесообразно за точку отсчета угла  $\alpha$  использовать такое положение пленки, при котором обеспечивается нормальное падение луча на пленку. Отсчет угла  $\beta$  следует производить при таком положении, когда электроды расположены перпендикулярно плоскости падения луча при наклонном падении луча лазера на поверхность пленки. В ходе экспериментов луч лазера выравнивался по горизонтали, а лимбы углов наклона и поворота пленки юстировались по уровню. Точность установки углового положения образца определяется минимальным шагом, который обеспечивает шаговый двигатель совместно с зубчатой передачей (в ручном режиме — точностью нониусной шкалы, определяющей углы  $\alpha$  и  $\beta$ ). В разработанном устройстве точность задания углового положения составляет не хуже  $0,5^\circ$  при шаге двигателя  $1,8^\circ$  за счет зубчатой передачи с передаточным отношением 3,6.

Габаритные размеры устройства составляют  $132 \times 170$  мм, высота устройства в начальном положении 130 мм и может плавно меняться до 160 мм. При этом лазерный пучок должен проходить на высоте 80—120 мм относительно оптического стола. Такая конструкция устройства позволяет исследовать пленки на подложках толщиной до 5 мм и размером до  $40 \times 40$  мм.

Описанное устройство использовалось для определения ориентационных зависимостей амплитуды импульсной ЭДС, возникающей в нанографитных и серебропалладиевых резистивных пленках при облучении их импульсным излучением мощного наносекундного YAG:Nd<sup>3+</sup>-лазера, в диапазоне углов  $\alpha \pm 90^\circ$  и  $\beta \pm 180^\circ$  [1—3]. Размер исследуемых пленок составлял 25×25 мм. Нанографитные пленки, полученные методом плазмохимического осаждения, имели толщину вместе с подложкой около 0,5 мм [1, 2]. Измерительные электроды шириной 3 мм наносились на нанографитные пленки методом термического напыления меди и золота в вакууме. Толщина серебропалладиевых пленок вместе с керамической подложкой составляла 2 мм. Они снабжались двумя параллельными измерительными пленочными электродами, выполненными из серебра и расположенными между диэлектрической подложкой и резистивной пленкой.

Данное устройство применялось также для исследования влияния поляризации лазерного излучения на оптоэлектрический отклик в нанографитных пленках при ориентации измерительных электродов перпендикулярно и параллельно плоскости падения лазерного излучения [6].

Работа выполнена по государственному контракту № 02.513.11.3048 от 22.03.2007 г. (шифр „2007-3-1.3-07-01-095“), при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-02-96017-р\_урал\_a) и Президиума Уральского отделения РАН (грант для молодых ученых).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михеев Г. М., Зонов Р. Г., Образцов А. Н., Свирко Ю. П. Оптическое выпрямление в углеродных нанопленках // ЖЭТФ. 2004. Т. 126, № 5. С. 1083—1088.
2. Михеев Г. М., Зонов Р. Г., Образцов А. Н. и др. Быстродействующий фотоприемник мощного лазерного излучения на основе нанографитной пленки // ПТЭ. 2005. № 3. С. 84—89.
3. Михеев Г. М., Зонов Р. Г., Александров В. А. Светоиндуцированная ЭДС в серебропалладиевых резистивных пленках // Письма в ЖТФ. 2010. Т. 36, вып. 14. С. 79—87.
4. Березка В. Н., Ганенко В. Б., Головкин Н. Г. и др. Гониометрическая установка „Кристалл-2“ с автоматизированной системой управления // ПТЭ. 1991. № 3. С. 188—192.
5. Копанев В. Д., Дравин В. А., Седелников А. Э., Спицин А. В. Прецизионный трехосевой вакуумный гониометр с дистанционным управлением // Там же. 1987. № 4. С. 207—210.
6. Михеев Г. М., Стяпшин В. М., Образцов П. А. и др. Зависимость оптоэлектрического выпрямления в нанографитных пленках от поляризации лазерного излучения // Квантовая электроника. 2010. Т. 40, № 5. С. 425—430.

#### Сведения об авторах

- Руслан Геннадьевич Зонов** — канд. физ.-мат. наук; Институт прикладной механики, Уральское отделение РАН, Ижевск; ст. науч. сотрудник; E-mail: ZNV@udman.ru
- Василий Михайлович Стяпшин** — Институт прикладной механики, Уральское отделение РАН, Ижевск; мл. науч. сотрудник; E-mail: vms@udman.ru
- Геннадий Михайлович Михеев** — д-р физ.-мат. наук, профессор; Институт прикладной механики, Уральское отделение РАН, Ижевск; гл. науч. сотрудник; E-mail: mikheev@udman.ru

Рекомендована Ученым советом  
Института

Поступила в редакцию  
25.11.10 г.