

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 531.714.7

УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОВМЕЩЕНИЯ МИКРОСТРУКТУР НА ДВУХ ПОДЛОЖКАХ С МИКРОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТЬЮ

© 2020 г. А. Р. Гейвандов, И. В. Касьянова

Поступила в редакцию 13.04.2020 г.

После доработки 22.05.2020 г.

Принята к публикации 23.05.2020 г.

DOI: 10.31857/S0032816220060075

Новые перспективные исследования физики микро- и наноструктур требуют создания прототипов с высокой точностью сборки. Готовые решения в данной экспериментальной области, обеспечивающие высокую точность позиционирования, не учитывают всех потребностей экспериментаторов, оказываются громоздкими, затрудняют манипуляции с совмещенными структурами, а некоторые исследования делают невозможными. Например, для измерения дифракционных свойств в широком диапазоне углов необходимо обеспечить соответствующую апертуру.

С необходимостью создания описываемого ниже устройства авторы столкнулись в ходе исследований новых устройств на основе жидких кристаллов (ж.к.). Электрооптические свойства ж.к. определяют использование этих материалов как в производстве дисплеев, так и для создания перспективных фотонных устройств с возможностью переключения, таких как управляемые дифракционные решетки, делители луча, плоские линзы с перестраиваемым фокусным расстоянием и многое другое.

Для лабораторного прототипирования ж.к.-устройств используются так называемые ж.к.-ячейки, которые представляют собой две плоские подложки, изготовленные из дисплейного стекла, с зазором фиксированной толщины порядка нескольких микрометров, заполненным ж.к.-материалом. На внутренней поверхности каждой подложки располагается электрод (как правило, это слой ИТО (Indium Tin Oxide) толщиной 100–200 нм), покрытый тонкой полимерной пленкой, задающей ориентацию ж.к.

При сборке ячеек со сплошными электродами и однородными ориентирующими покрытиями экспериментатор не встречает особых проблем и может использовать стандартную методику, отработанную десятилетиями. Однако в некоторых исследованиях возникает необходимость

точного взаимного позиционирования микро-структур, расположенных на подложках.

Подобная задача встретилась авторам в ходе разработки ж.к.-ячейки, в которой для управления электрическим полем применяются встречно-штыревые электроды микронного периода [1, 2]. Для достижения быстрого переключения вместе с сохранением максимальной апертуры требуется параллельное совмещение электродов на верхней и нижней подложках. Другой пример – разработка мягких фотонных ж.к.-металповерхностей. Создание на ориентирующих покрытиях полосчатых текстур с периодом в несколько микрометров приводит к образованию в слое ж.к. пространственно-периодических структур с выраженными дифракционными свойствами [3]. Расчеты показывают, что при создании текстур на обеих подложках эффективность дифракции значительно возрастает [4].

В обоих представленных случаях для создания действующих прототипов необходимо устройство, позволяющее с высокой точностью совмещать поверхностные структуры на верхней и нижней подложках. Помимо этого, устройство должно обеспечивать возможность задавать микрозазор между подложками, заполняемый жидким кристаллом, а после фиксации краев ячейки клеем, возможность извлекать ее из рамки для дальнейших исследований, в частности для измерения дифракционных характеристик в широком диапазоне углов.

За основу юстировочного узла взят микрометрический винт с шаровой головкой модели SM13 производства Newport (Франция) [5]. Этот винт оснащен шкалой с точностью 1 мкм и обладает диапазоном перемещения 13 мм.

Изометрическая модель и сечение юстировочного устройства показаны на рис. 1а, 1б. Устройство состоит из держателя нижней подложки 1, юстировочного узла 2 и держателя 3 верхней подложки 5. Нижняя подложка 4 фиксируется в держателе 1, например, при помощи двустороннего

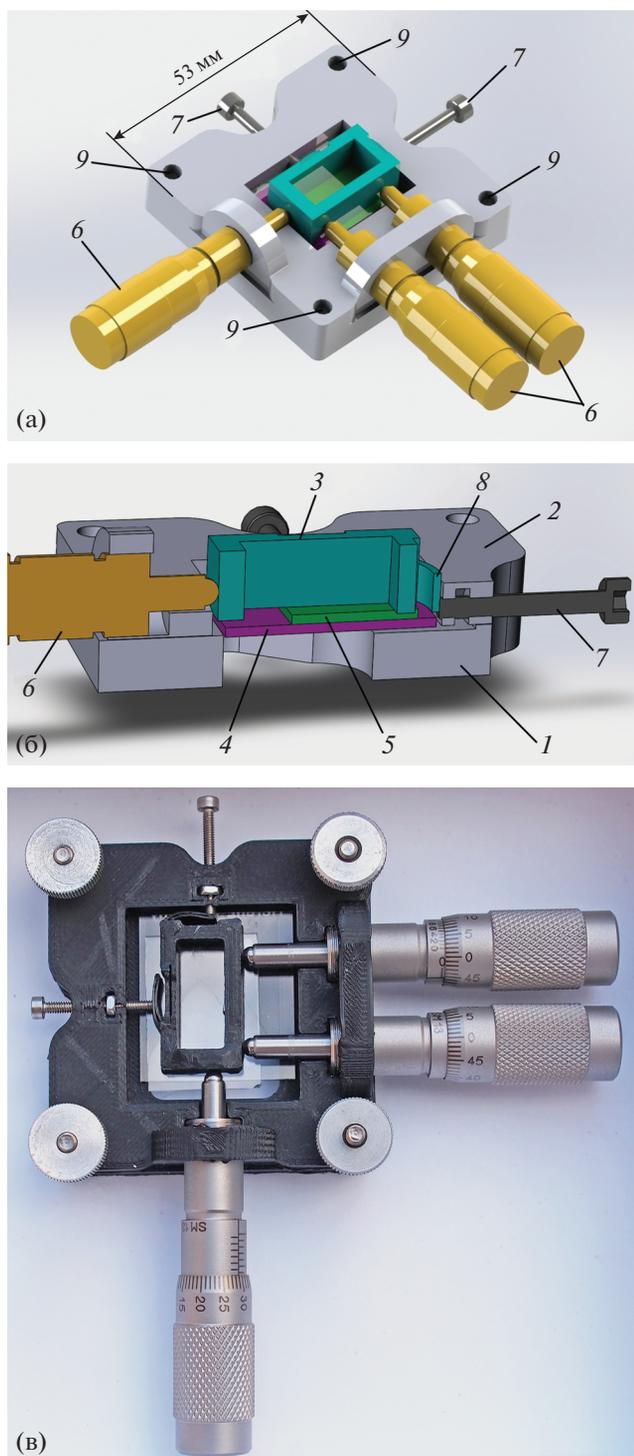


Рис. 1. Устройство для совмещения микроструктур: **а** – общий вид 3D-модели, **б** – сечение, **в** – внешний вид модели. 1 – держатель нижней подложки; 2 – юстировочный узел; 3 – держатель верхней подложки; 4 – юстировочный узел; 5 – держатель верхней подложки; 6 – микрометрический винт; 7 – контрвинт; 8 – лепестковая пружина; 9 – отверстия под фиксирующие винты.

скотча. Верхняя подложка 5 закрепляется на держателе 3 так, чтобы края подложки выступали за его периметр.

После этого на нижнюю подложку напыляются пластиковые шарики, задающие между верхней и нижней подложками постоянный зазор в несколько микрометров. Сверху устанавливается верхняя подложка с держателем 3, затем юстировочный узел 2.

Держатель 3 имеет на стороне, обращенной к контрвинту 7, лепестковую пружину 8, которая позволяет плавно перемещать держатель в оба направления подачи винта 6. Поджим верхней подложки к нижней для обеспечения точного зазора осуществляется двумя неодимовыми магнитами, размещенными сверху и снизу от подложек.

Размеры юстировочного узла, держателя 3 и самих подложек подобраны таким образом, что ячейка может быть заполнена жидким кристаллом непосредственно в устройстве, затем зафиксирована по периметру эпоксидным клеем и извлечена из устройства для дальнейших исследований. Внешний вид устройства в сборе показан на рис. 1в.

Корпус юстировочного узла (детали 1–3 на рис. 1б) выполнен из пластика PLA (полилактид) методом экструзионной печати на 3D-принтере Picaso 3D Designer [6]. Стальной контрвинт М3 × 20 мм (7) вкручивается в гайку (не показана на рисунке) и упирается в пружину держателя верхней подложки 8. Таким образом, держатель верхней подложки зажат с помощью винтов 6 и контрвинтов 7 и может перемещаться в плоскости конструкции при их настройке, в то время как юстировочный узел жестко фиксируется на держателе 1 нижней подложки при помощи гаек, которые навинчиваются на четыре винта, устанавливаемых в отверстия 9.

Для тестирования юстировочного устройства были изготовлены две стеклянные подложки, на которые были нанесены металлические метки: симметричный крест размером 25 × 25 мкм на одной (рис. 2а) и четыре квадрата размером 5 мкм на второй (рис. 2б).

Подложки были помещены в устройство, которое закреплялось на столике микроскопа ПОЛАМ-113, укомплектованного объективами 4-кратного и 10-кратного увеличения. Далее метки “крест” и “4 квадрата” были обнаружены и совмещены. Результат совмещения показан на рис. 2в, 2г.

Таким образом, устройство для сборки и юстировки ж.к.-ячейки позволяет проводить плавную юстировку с точностью до 1 мкм.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках выполнения

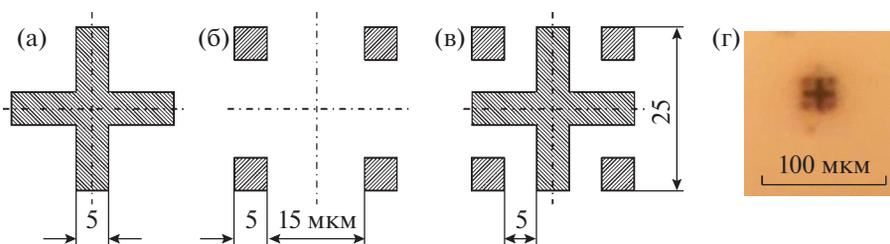


Рис. 2. Метки: а – “крест”, б – “4 квадрата”, в – схема их совмещения; г – вид совмещенных меток “крест” и “4 квадрата” в микроскопе (объектив $10\times$ с рабочим расстоянием 6 мм).

работ по Государственному заданию ФНИЦ “Кристаллография и фотоника” РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Palto S.P., Barnik M.I., Geivandov A.R., Kasyanova I.V., Palto V.S.* // J. Display Tech. 2016. V. 12. Issue 10. P. 992.
<https://doi.org/10.1109/JDT.2016.2574929>
2. *Гейвандов А.Р., Барник М.И., Палто В.С., Симдянкин И.В., Палто С.П.* // Кристаллография. 2018. Т. 63. Вып. 6. С. 928.
<https://doi.org/10.1134/S0023476118050132>
3. *Kasyanova I.V., Gorkunov M.V., Artemov V.V., Geivandov A.R., Mamonova A.V., Palto S.P.* // Optics Express. 2018. V. 26. Issue 16. P. 20258.
<https://doi.org/10.1364/OE.26.020258>
4. *Gorkunov M.V., Kondratov A.V., Kasyanova I.V., Artemov V.V., Mamonova A.V., Ezhov A.A., Palto S.P.* // Proc. META. 2019. P. 331.
5. <https://www.newport.com/p/SM-13>
6. <https://www.picaso-3d.com>

Адрес для справок: Россия, 119333, Москва, Ленинский просп. 59, Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова ФНИЦ “Кристаллография и фотоника” РАН. Тел.: +74953307847. E-mail: ageivandov@yandex.ru