



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012117666/28, 27.04.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.04.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.04.2012

(45) Опубликовано: 10.11.2013 Бюл. № 31

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **БОЙКО В.М. и др. Методы оптической диагностики в аэрофизическом эксперименте.** - Новосибирск: НГУ, 2009, с.257-262. RU 2353961 C1, 27.04.2009. RU 2087021 C1, 10.08.1997. SU 1095032 A, 30.05.1984. DE 19942856 A1, 21.06.2000. US 7812967 B2, 12.10.2010. US 2012/0057013 A1, 08.03.2012.

Адрес для переписки:

630090, г.Новосибирск, ул. Институтская, 4/1,  
ФГБУН Институт теоретической и  
прикладной механики им. С.А.  
Христиановича Сибирского отделения РАН  
(ИТПМ СО РАН)

(72) Автор(ы):

**Павлов Александр Алексеевич (RU),  
Павлов Алексей Александрович (RU),  
Голубев Максим Павлович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

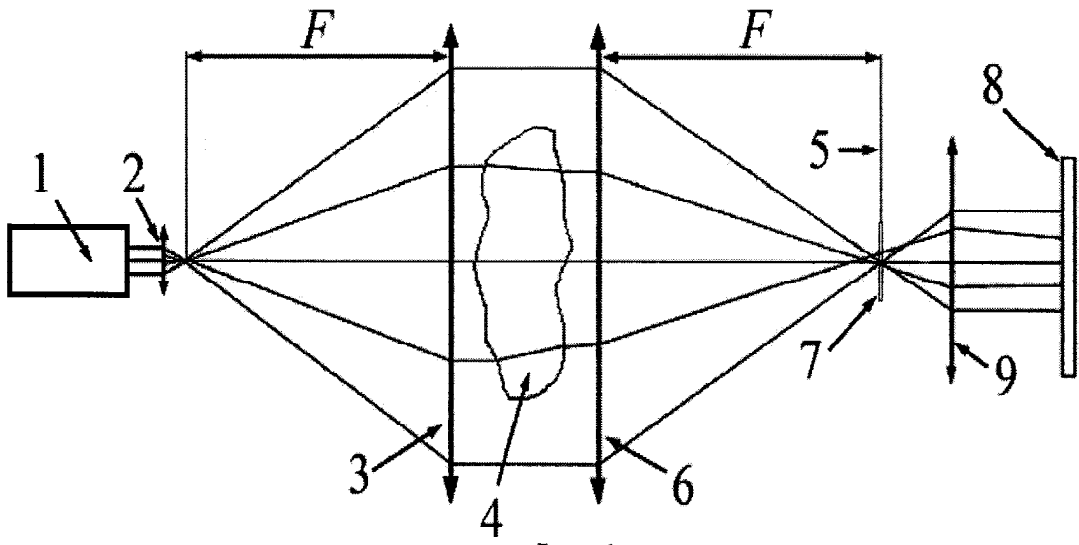
**Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт теоретической и  
прикладной механики им. С.А.  
Христиановича Сибирского отделения  
Российской академии наук (ИТПМ СО  
РАН) (RU)**

**(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ФАЗОВЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к оптике для визуализации фазовых (прозрачных) объектов и может быть использовано при исследовании газовых потоков, контроля качества оптических элементов. Устройство содержит одномодовый лазер, объектив, самонаводящийся фильтр Цернике, установленный в задней фокальной плоскости объектива, систему регистрации изображений. Самонаводящийся фильтр Цернике выполнен в виде слоя поглощающего вещества толщиной, не превышающей длины перетяжки сфокусированного пучка зондирующего излучения, обладающего свойством

уменьшения коэффициента поглощения под действием излучения в результате эффекта просветления. В качестве источника излучения используют лазер непрерывного действия или импульсный лазер с возможностью включения излучения на заданный промежуток времени, при этом импульс излучения включают с опережением начала времени экспозиции на время, необходимое для наведения фильтра, и выключают после окончания времени экспозиции регистрирующего устройства. Изобретение обеспечивает возможность использования фазоконтрастного метода на установках, характеризующихся наличием вибраций. 3 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G02B 27/50* (2006.01)  
*G01N 21/45* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012117666/28, 27.04.2012

(24) Effective date for property rights:  
27.04.2012

Priority:

(22) Date of filing: 27.04.2012

(45) Date of publication: 10.11.2013 Bull. 31

Mail address:

630090, g.Novosibirsk, ul. Institutskaja, 4/1,  
FGBUN Institut teoreticheskoy i prikladnoj  
mekhaniki im. S.A. Khristianovicha Sibirskogo  
otdelenija RAN (ITPM SO RAN)

(72) Inventor(s):

**Pavlov Aleksandr Alekseevich (RU),  
Pavlov Aleksej Aleksandrovich (RU),  
Golubev Maksim Pavlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
uchrezhdenie nauki Institut teoreticheskoy i  
prikladnoj mekhaniki im. S.A. Khristianovicha  
Sibirskogo otdelenija Rossijskoj akademii nauk  
(ITPM SO RAN) (RU)**

(54) **APPARATUS FOR IMAGING PHASE NONUNIFORMITIES**

(57) Abstract:

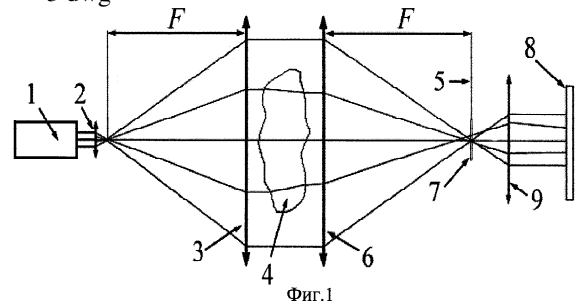
FIELD: physics.

SUBSTANCE: apparatus has a single-mode laser, a lens, a self-guided Zernike filter mounted in the back focal plane of the lens, and an image recording system. The self-guided Zernike filter is in form of a layer of absorbent substance whose thickness is not greater than the length of the neck of the focused beam of probing radiation, having a property of decreasing absorption coefficient under the action of the radiation as a result of the bleaching effect. The radiation source used is a continuous wave laser or a pulsed laser which can radiate over a given time interval, wherein the radiation pulse is turned on

ahead of exposure time by a time required to guide the filter, and turned off at the end of exposure time of the recording device.

EFFECT: enabling use of a phase-contrast method on apparatus characterised by presence of vibrations.

3 dwg



Изобретение относится к оптике для визуализации фазовых (прозрачных) объектов и может быть использовано при исследовании газовых потоков, контроля качества оптических элементов, для исследования биологических объектов и при решении иных задач подобного типа.

5 При прохождении фазового объекта световая волна претерпевает искажения, которые характеризуются изменением ее фазы. Для визуализации подобных объектов широко используются оптические методы, в частности различные модификации шпирных методов (Toepler A. Beobachtungen nach einer neuen optischen Methode - Ein Beitrag zur Experimentalphysik. M. Cohen & Son, Bonn, 1864) /1/. Наиболее распространённая схема включает в себя источник света, расположенный в фокальной плоскости объектива, формирующего плоскопараллельный пучок зондирующего излучения. После прохождения исследуемого объекта с помощью второго объектива излучение фокусируется в его фокальной плоскости, в которой расположена визуализирующая диафрагма. Наибольшее распространение получили схемы с диафрагмами в виде поглощающей полуплоскости (нож Фуко). Применяются и другие виды диафрагм, например в виде отверстия или поглощающего элемента, совпадающего по форме и по размеру с изображением невозмущенного источника света, фазовые и цветные диафрагмы и др. (Васильев Л.А. Теневые методы, М., 1968) /2/. Схема включает устройство регистрации изображения исследуемого объекта. Так как визуализирующая диафрагма расположена в фокальной плоскости приемного объектива, она, по сути, является фильтром пространственных частот.

25 Чувствительность теневых методов с ножом Фуко в первом приближении обратно пропорциональна размеру изображения источника света в фокальной плоскости приемного объектива. Однако уменьшение размеров источника приводит к уменьшению рабочего диапазона прибора, росту шумов, связанных с дифракцией на кромке ножа. Растет влияние вибраций и случайных сдвигов оптических элементов. Это затрудняет использование метода для исследования слабых неоднородностей, особенно на крупногабаритных установках, таких как аэродинамические трубы. Другим ограничением является тот факт, что реализующиеся в аэродинамических трубах газовые неоднородности зачастую характеризуются наличием слабых, тем не менее, значимых для понимания процесса возмущений на фоне более сильных. Это требует высокой чувствительности метода наряду с широким рабочим диапазоном прибора, что недостижимо для подобных схем.

40 Указанные проблемы в некоторой степени удается решить, используя метод фазового контраста (Zernike F. Das Phasenkontrastverfahren bei der mikroskopischen Beobachtung. Zs. Techn. Phys. 16, 454, 1935; Phys. Zs. 36, 848, 1935) /3/. Метод основан на применении в качестве визуализирующей диафрагмы фазовой пластины, иначе фильтра Цернике. Фазовая пластина изготовлена в виде нанесенного на стеклянную подложку пятна из прозрачного, частично поглощающего свет вещества (собственно фазовая пластина), совпадающего по форме и размеру с изображением источника света. При прохождении через фазовую пластину излучение с нулевой пространственной частотой частично поглощается и приобретает сдвиг фазы. Результат можно представить как добавление волны с нулевой пространственной частотой, сдвинутой по фазе относительно волны, прошедшей через исследуемую неоднородность. В результате регистрируемые изображения аналогичны интерферограммам в бесконечных полосах.

50 Метод фазового контраста наряду с высокой чувствительностью имеет достаточно широкий рабочий диапазон, позволяющий визуализировать слабые возмущения на

фоне более сильных. Однако, так же как и при использовании методов с ножом Фуко, при малых размерах изображения источника света необходима тщательная юстировка прибора для совмещения фазовой пластины с изображением источника. Случайные смещения оптических элементов прибора и вибрации, сопутствующие работе установок, приводят к смещению изображения источника света относительно фазовой пластины. Это затрудняет, а иногда делает невозможным использование метода. Поэтому основное распространение фазоконтрастные методы получили в микроскопии и при исследованиях на установках, не подверженных вибрациям.

В настоящее время известны фазоконтрастные устройства с фильтрами пространственных частот, работающими аналогично обычным фильтрам Цернике, но не требующими тщательной юстировки. В качестве такого фильтра используется тонкий слой фототропного вещества, изменяющего свои оптические свойства (цвет, коэффициент пропускания и/или коэффициент преломления) под действием излучения. Изменение оптических свойств веществ является нелинейным оптическим эффектом. Поэтому существенные изменения оптических свойств возникают при интенсивности излучения выше определенного значения. Для большинства объектов, исследуемых с помощью фазоконтрастных методов, основная доля энергии излучения, фокусируемого в фокальной плоскости приемного объектива, локализована в области нулевой пространственной частоты. Это позволяет регулировкой мощности источника света добиться значимых изменений оптических свойств фототропного слоя только в данной области. В результате образуется самонаведенный фильтр пространственных частот, локализованный в области фокусировки невозмущенной волны зондирующего излучения.

Известна конструкция фазоконтрастного устройства, в котором в качестве самонаводящегося фильтра Цернике используется пленка бактериородопсина толщиной 50 мкм (Gastillo M.D.I., Sanchez-de-la-liave D., Garcia R.R., Olivos-Perez L.I., Gonzales L.A. and Rodriguez-Ortiz M. Real-time self-induced nonlinear optical Zernike-type filter in a bacteriorhodopsin film // Opt. Eng. 2001, v.40, №11, p.2367-2368) /4/. В данном фильтре оптическая нелинейность обусловлена каскадными фотохимическими процессами в молекулах бактериородопсина. В качестве источника света используется одномодовый лазер мощностью около 10 мВт. Недостатком устройства является сложность и высокая стоимость изготовления пленки бактериородопсина и большое время наведения и релаксации фильтра, что не позволяет использовать данное устройство на установках, работа которых характеризуется наличием вибраций.

Известно фазоконтрастное устройство, содержащее источник когерентного одномодового излучения, по крайней мере, один объектив, в задней фокальной плоскости которого установлен фильтр Цернике в виде кюветы с жидкой средой, работающий на тепловой нелинейности (Бубис Е.Л., Каменский В.А., Матвеев А.З. Фазоконтрастное устройство для визуализации прозрачных объектов // Патент RU на изобретение №2353961) /5/. Среды в кювете обладают достаточно большой величиной потерь на поглощение излучения. В результате частичного поглощения света в ней формируется неоднородный профиль температуры. Формирование тепловой линзы в кювете приводит к расфазировке пространственных частот, что позволяет визуализировать прозрачные объекты. К недостаткам устройства можно отнести относительно большое время наведения и релаксации тепловой линзы, что при наличии вибраций приводит к увеличению ее эффективных размеров до величин, сравнимых с амплитудой вибрационных смещений изображения источника света, и, как следствие, к уменьшению чувствительности. К увеличению размеров тепловой

линзы приводит также растекание тепла и довольно большая толщина рабочего слоя (около 1 мм), существенно превышающая длину перетяжки сфокусированного излучения в фокальной плоскости объектива.

5 Известно устройство с использованием в качестве самонаводящегося фильтра слоя фототропного стекла, меняющего коэффициент поглощения под действием излучения (Павлов А.А., Павлов Ал.А., Голубев М.П. Использование фототропных материалов в качестве адаптивных визуализирующих транспарантов в теневых приборах. Труды IX международной научно-технической конференции Оптические методы  
10 исследования потоков ОМИП-2007 (Москва, 26-29 июня 2007 г.), изд. МЭИ, М., 2007, стр.170-173) /6/ и (Бойко В.М., Оришич А.М., Павлов А.А., Пикалов В.В. Методы оптической диагностики в аэрофизическом эксперименте. Новосибирск, НГУ, 2009. 450 с.) /7/. Устройство содержит одномодовый лазерный источник света, объектив для  
15 формирования плоскопараллельного пучка зондирующего излучения и приемный объектив. В задней фокальной плоскости приемного объектива установлен самонаводящийся фильтр пространственных частот (АВТ - адаптивный визуализирующий транспарант), работающий на изменении коэффициента поглощения под действием излучения. Устройство содержит систему регистрации, включающую в себя ПЗС камеру. Использовались слои толщиной в диапазоне 2÷3 мм.  
20 Максимальное поглощение доходило до 80% и слабо менялось при увеличении толщины слоя при мощности излучения лазера  $P \approx 5$  мВт. Это связано с достаточно сильной зависимостью индуцированного коэффициента поглощения от интенсивности света и ее быстрым уменьшением вне области перетяжки, в результате чего область преимущественного поглощения локализуется в основном только в ее окрестности.  
25 Время самонаведения фильтра составляло около 0.5 с. Время релаксации после выключения лазерного излучения - несколько секунд.

30 Данное устройство по технической сущности наиболее близко к предлагаемому и выбрано в качестве прототипа. Недостатками прототипа, так же как и упомянутых выше устройств, являются относительно большие времена включения и выключения фильтра, что при наличии вибраций ведет к увеличению поперечных размеров затемненной области. Для достижения поглощения порядка 80% необходимо использовать слои толщиной более 1 мм, что также ведет к увеличению размеров  
35 затемненной области. Следствием этого является снижение чувствительности метода и эффективности его использования на установках, характеризующихся наличием вибраций.

40 Задачей, на решение которой направлено данное изобретение, является разработка удобного в настройке устройства для визуализации фазовых неоднородностей с самонаводящимся фильтром Цернике на нелинейной зависимости показателей поглощения и преломления от интенсивности излучения из дешевого, широко известного и доступного материала, работающего при мощностях излучения  
45 несколько мВт, с временами релаксации  $\tau \sim 10^{-8} \div 10^{-4}$  с, для обеспечения возможности использования фазоконтрастного метода на установках, характеризующихся наличием вибраций.

50 Указанный технический результат в заявляемом устройстве для визуализации фазовых неоднородностей достигается тем, что устройство содержит одномодовый лазер, по крайней мере, один объектив, самонаводящийся фильтр Цернике, установленный в задней фокальной плоскости объектива, систему регистрации изображений. Согласно изобретению самонаводящийся фильтр Цернике выполнен в виде слоя поглощающего вещества толщиной, не превышающей длины перетяжки

сфокусированного пучка зондирующего излучения, обладающего свойством уменьшения коэффициента поглощения под действием излучения в результате эффекта просветления, а в качестве источника излучения используют лазер непрерывного действия или импульсный лазер с возможностью включения излучения на заданный промежуток времени, при этом импульс излучения включают с опережением начала времени экспозиции на время, необходимое для наведения фильтра, и выключают после окончания времени экспозиции регистрирующего устройства.

С целью уменьшения вероятности образования тепловой линзы и предотвращения деградации активного слоя устройства в качестве источника излучения используют лазер, с возможностью включения излучения на заданный промежуток времени, при этом импульс излучения включают с опережением начала времени экспозиции регистрирующего устройства на время, необходимое для наведения фильтра, и выключают после окончания времени экспозиции.

Предлагаемое устройство, как и устройство-прототип, содержит одномодовый лазер, оптическую систему для формирования плоскопараллельного пучка зондирующего излучения и приемный объектив. В задней фокальной плоскости приемного объектива установлен самонаводящийся фильтр Цернике. Устройство может быть оснащено системой регистрации изображений.

Новым в разработанном устройстве для визуализации фазовых неоднородностей является то, что самонаводящийся фильтр Цернике выполнен в виде слоя толщиной, не превышающей длины перетяжки сфокусированного излучения в фокальной плоскости приемного объектива из твердого или жидкого поглощающего вещества, обладающего свойством уменьшения коэффициента поглощения при увеличении интенсивности падающего на среду излучения в результате эффекта просветления.

Известно несколько механизмов эффекта просветления вещества. Наиболее распространенный из них обусловлен насыщением поглощения и объясняется выравниванием населенностей двух уровней энергии квантовой системы под действием резонансного излучения. При увеличении интенсивности падающего излучения растет вероятность индуцированных квантовых переходов с нижнего уровня на верхний (поглощение). Скорость распада возбужденного уровня определяется безызлучательными релаксационными процессами и вынужденным излучением. Вероятность безызлучательных переходов определяется свойствами вещества и не зависит от интенсивности падающего излучения. Вероятность вынужденных переходов пропорциональна интенсивности падающего излучения. В результате с увеличением интенсивности излучения доля поглощаемой в среде энергии уменьшается - переход насыщается, а степень насыщения определяется соотношением скоростей индуцированных переходов и релаксационных процессов. При этом в стационарном режиме коэффициент поглощения  $\alpha$  определяется соотношением

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{(1 + I/I_H)},$$

где  $\alpha_0$  - начальный коэффициент поглощения (в слабом поле),  $I$  - интенсивность падающего излучения,  $I_H = Nh\nu/2\tau\alpha_0$  - интенсивность насыщения,  $N$  - полная плотность активных атомов (молекул),  $\nu$  - частота падающего излучения,  $\tau$  - время релаксации в однородно уширенной системе (Гиббс Х. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света. Пер. с англ. - М.: Мир, 1988. - 520 с.) /8/. При просветлении вещества наблюдается изменение и показателя преломления, связанное с уменьшением добавки, обусловленной поглощением.

Возможны и другие механизмы, приводящие к эффекту просветления, такие как

опустошение уровней энергии вблизи потолка валентной зоны и заполнение уровней вблизи дна зоны проводимости, штарковский сдвиг частоты квантового перехода в поле электромагнитной волны и др. Эффект просветления в той или иной степени наблюдается для любых прозрачных веществ, имеющих область резонансного поглощения на длине волны падающего излучения. Значение интенсивности излучения, необходимое для просветления вещества, зависит от типа вещества и механизма, лежащего в основе эффекта просветления, и может составлять величины от долей Вт/см<sup>2</sup> до сотен кВт/см<sup>2</sup> и более /8/.

На фиг.1 представлена схема устройства; на фиг.2, 3 приведены примеры использования устройства:

фиг.2 - визуализация пламени свечи, частично перекрытого микроскопным покровным стеклом 18×18 мм толщиной 0.17 мм. Источник света: полупроводниковый лазер  $\lambda=0.65$  мкм, импульсная подсветка. Мощность пучка зондирующего излучения около 5 мВт;

фиг.2,а - фильтр: поляризационный светофильтр (толщина поляроидной пленки 100 мкм). Время задержки экспозиции  $t_z=400$  мкс;

фиг.2,б - фильтр: 0.125% спиртовой раствор бриллиантового зеленого, толщина 50 мкм. Время задержки экспозиции  $t_z=20$  мкс;

фиг.2,в - водный раствор чернил для струйных принтеров Epson E0010 MCS (CYAN) в пропорции 1/64. Время задержки экспозиции  $t_z=30$  мкс;

фиг.3 - визуализация сверхзвукового газового потока, реализующегося при обтекании затупленной треугольной пластины с уступом 0.1×15 мм в аэродинамической трубе Т-325 ИТПМ СО РАН. Такой же уступ расположен на верхней стенке рабочей части трубы. Число Маха  $M=2$ , единичное число Рейнольдса  $Re_1=10^7$  м<sup>-1</sup>. Представлен фрагмент изображения вблизи уступа на поверхности. Для данной установки характерно наличие интенсивных вибраций, что не позволяет эффективно использовать стандартные теневые схемы. Фильтр: 0.5% спиртовой раствор Родамина 6G, толщина 50 мкм. Источник света: непрерывный лазер  $\lambda=0.53$  мкм, мощность около 10 мВт;

Устройство для визуализации фазовых неоднородностей содержит одномодовый лазерный источник излучения 1, оптический блок, включающий объективы 2 и 3, для формирования плоскопараллельного пучка зондирующего излучения, проходящего через исследуемый объект 4, приемный объектив 6, в фокальной плоскости 5 которого расположен самонаводящийся фильтр Цернике 7, систему регистрации изображений: 8 - матрица телекамеры; 9 - объектив.

Устройство для визуализации фазовых неоднородностей работает следующим образом.

Плоскопараллельный пучок света от одномодового лазера 1, сформированный объективами 2 и 3, проходит через исследуемый объект 4. Прошедшее излучение фокусируется в фокальной плоскости 5 приемного объектива 6, в которой расположен самонаводящийся фильтр Цернике 7. Изображение объекта фокусируется в плоскости регистрации 8 объективом 9. Фильтр Цернике выполнен в виде жидкого или твердого слоя прозрачного поглощающего вещества, обладающего свойством уменьшения коэффициента поглощения при увеличении интенсивности падающего на среду излучения в результате эффекта просветления, толщиной, не превышающей длину перетяжки сфокусированного лазерного излучения. Для слабых неоднородностей в плоскости фокусировки, где расположен фильтр Цернике, основная энергия зондирующего излучения сконцентрирована в области фокусировки неискаженной



волны (область фокусировки нулевой пространственной частоты). Именно в этой области происходит просветление фильтра, выражающееся в изменении комплексного показателя преломления. Это равносильно добавлению к исходной волне в плоскости изображения дополнительной плоской волны. В результате регистрируются

изображения, аналогичные интерферограммам в бесконечной полосе. Так как интенсивность излучения, необходимая для наведения фильтра, достаточно высока, то в результате поглощения может проявляться эффект образования тепловой линзы, используемый в работе /5/ для формирования самонаводящегося фильтра Цернике. Как отмечалось выше, данный эффект снижает чувствительность метода и увеличивает время выключения фильтра, что нежелательно при исследовании слабых неоднородностей и не позволяет эффективно использовать метод на установках, работа которых сопровождается высоким уровнем вибраций.

Для предотвращения образования тепловой линзы слой поглощающего вещества расположен между прозрачными пластинами, которые наряду с локализацией слоя для жидкого вещества обеспечивают отвод тепла от зоны преимущественного поглощения излучения. С этой же целью, а также для уменьшения лучевой нагрузки на активный слой и снижения вероятности его деградации возможно использование лазерного источника с включением излучения на заданный, регулируемый промежуток времени с регулируемой мощностью излучения в импульсе. При этом импульс лазерного излучения включают с опережением начала времени экспозиции регистрирующего устройства (телекамеры) на время  $t_z$ , необходимое для просветления фильтра, и выключают после окончания времени экспозиции.

Для подтверждения работоспособности устройства была проведена визуализация тестовых объектов с использованием твердых и жидких слоев с лазерными источниками света с длиной волны  $\lambda=0.65$  мкм и  $\lambda=0.53$  мкм. Характерные геометрические параметры оптической схемы составляли: диаметр входного зрачка приемного объектива  $D=125$  мм; фокусное расстояние  $F=1150$  мм; длина перетяжки  $\ell=100$  мкм; диаметр фокального пятна (перетяжки)  $\delta=5-10$  мкм; толщина самонаводящегося фильтра  $d\approx 50-70$  мкм. Апробировались различные виды прозрачных поглощающих веществ, в частности водные и спиртовые растворы красителей (бриллиантовый зеленый, родамин 6Ж, метиловый фиолетовый, чернила для струйных принтеров), поляризационные пленки, окрашенные полимерные пленки и др. Во всех случаях удалось осуществить эффективную визуализацию. Характерные мощности лазерного излучения, в зависимости от используемого вещества и загромождения сцены, составляли 5-20 мВт. Регулировкой толщины фильтра и мощности излучения обеспечивался оптимальный режим работы устройства. Возможно изготовление фильтров для любой длины волны излучения оптического диапазона.

#### Источники информации

1. Toepler A. Beobachtungen nach einer neuen optischen Methode - Ein Beitrag zur Experimentalphysik. M. Cohen & Son, Bonn, 1864.

2. Васильев Л.А. Теневые методы, М., 1968.

3. Zernike F. Das Phasenkontrastverfahren bei der mikroskopischen Beobachtung. Zs. Techn. Phys. 16, 454, 1935; Phys. Zs. 36, 848, 1935.

4. Gastillo M.D.I., Sanchez-de-la-liave D., Garcia R.R., Olivos-Perez L.I., Gonzales L.A. and Rodriguez-Ortiz M. Real-time self-induced nonlinear optical Zernike-type filter in a bacteriorhodopsin film // Opt. Eng. 2001, v.40, №11, p.2367-2368.

5. Бубис Е.Л., Каменский В.А., Матвеев А.З. Фазоконтрастное устройство для

визуализации прозрачных объектов // Патент на изобретение №2353961.

6. Павлов А.А., Павлов Ал.А., Голубев М.П. Использование фототропных материалов в качестве адаптивных визуализирующих транспарантов в теневых приборах. Труды IX международной научно-технической конференции. Оптические методы исследования потоков ОМИП-2007. Москва, 26-29 июня 2007 г. Изд. МЭИ, М., 2007, стр.170-173.

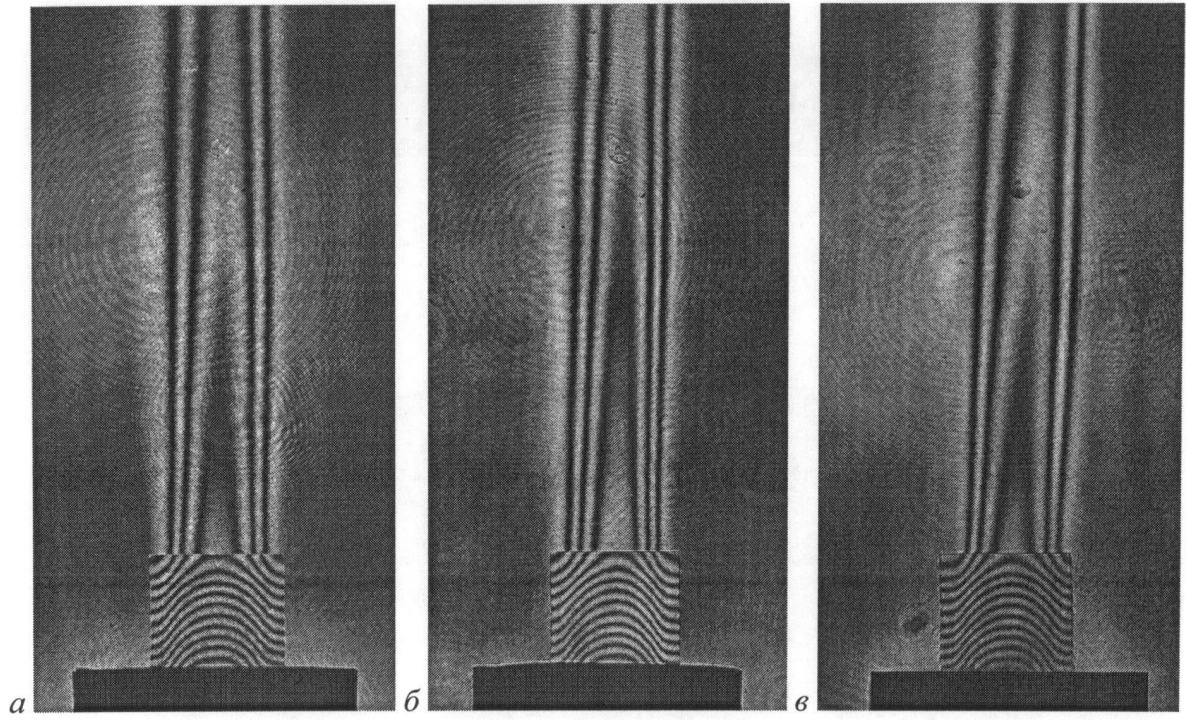
7. Бойко В.М., Оришич А.М., Павлов А.А., Пикалов В.В. Методы оптической диагностики в аэрофизическом эксперименте. Новосибирск, НГУ, 2009. 450 с. -

Прототип.

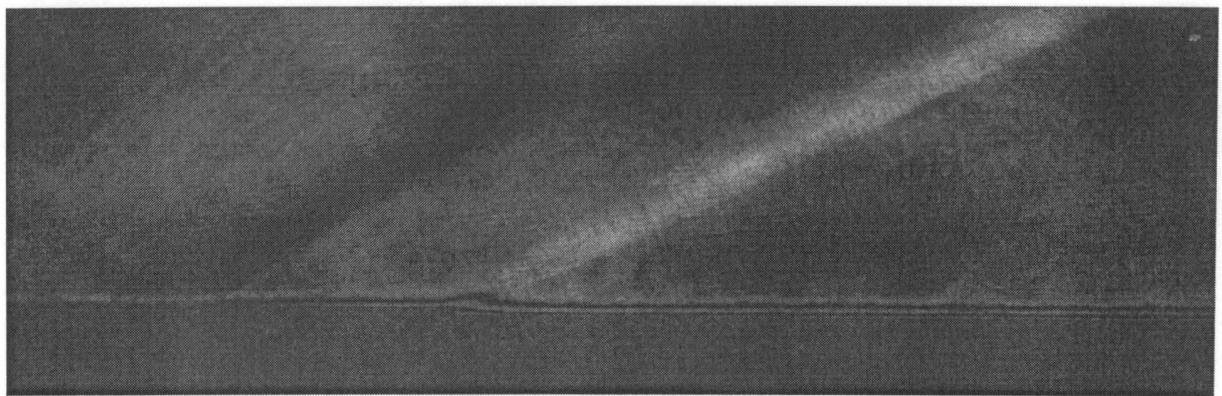
8. Гиббс Х. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света. Пер. с англ. - М.: Мир, 1988. - 520 с.

#### Формула изобретения

Устройство для визуализации фазовых неоднородностей, содержащее одномодовый лазер, по крайней мере, один объектив, самонаводящийся фильтр Цернике, установленный в задней фокальной плоскости объектива, блок регистрации изображений, отличающееся тем, что самонаводящийся фильтр Цернике выполнен в виде слоя поглощающего вещества, обладающего свойством уменьшения коэффициента поглощения при увеличении интенсивности падающего на среду излучения в результате эффекта просветления, а в качестве источника излучения используют лазер непрерывного действия или импульсный лазер с возможностью включения излучения на заданный промежуток времени, при этом импульс излучения включают с опережением начала времени экспозиции регистрирующего устройства на время, необходимое для наведения фильтра, и выключают после окончания времени экспозиции.



Фиг.2



Фиг.3