



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005115612/28, 23.05.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.05.2005

(45) Опубликовано: 27.02.2007 Бюл. № 6

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: Письма в ЖТФ. 2002, том. 28, вып.19,
сс.71-72. Коллоидный журнал, 2001, №6, сс.735-
741. J. Applied Physics. 1998, vol.83, №.11,
pp.5658-5664. Кремлевский П.П. Расходомеры и
счетчики количества. Справочник. Изд.4. - Л.:
Машиностроение, 1989, сс.617-621. RU 36895
U1, 27.03.2004.

Адрес для переписки:

625003, г.Тюмень, ул. Семакова, 10, Тюменский
государственный университет

(72) Автор(ы):

Иванова Наталья Александровна (RU),
Безуглый Борис Антонович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

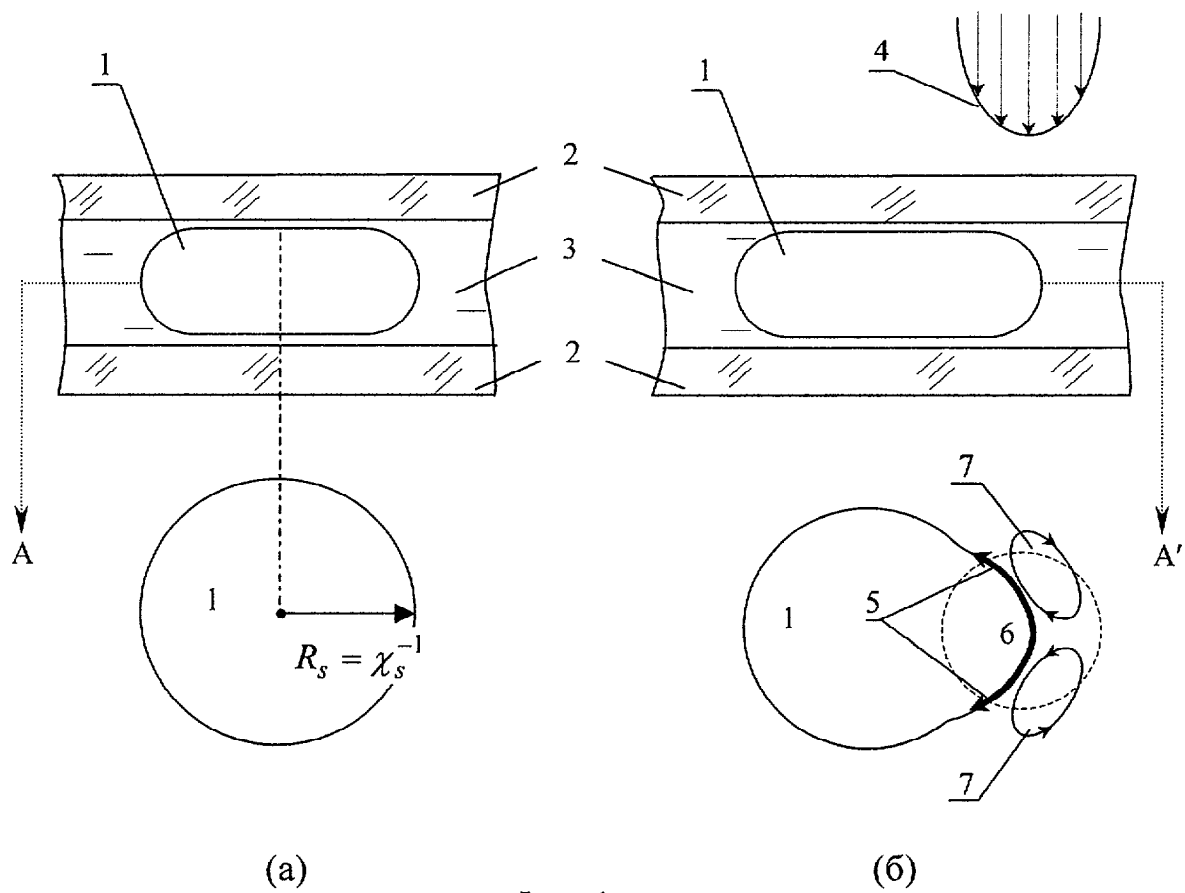
ГОУ ВПО "Тюменский государственный
университет" (RU)

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ТЕРМОКАПИЛЛЯРНОГО ТЕЧЕНИЯ У БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ШАЙБОВИДНОГО ПУЗЫРЬКА

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано для
диагностики течения жидкостей в канале
микрофлюидного насоса или оптического
переключателя. Термокапиллярное течение
возбуждают пучком света. Измеряют статическую
кривизну и суммарную кривизну наблюдаемой

визуально боковой поверхности шайбовидного
пузырька, деформация которой вызвана
термокапиллярным течением. По результатам
измерения находят скорость этого течения.
Изобретение обеспечивает упрощение диагностики
течения в микромасштабе. 3 ил., 1 табл.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

G01P 5/20 (2006.01)**G01F 1/704** (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2005115612/28, 23.05.2005**(24) Effective date for property rights: **23.05.2005**(45) Date of publication: **27.02.2007 Bull. 6**

Mail address:

**625003, g.Tjumen', ul. Semakova, 10,
Tjumenskij gosudarstvennyj universitet**

(72) Inventor(s):

**Ivanova Natal'ja Aleksandrovna (RU),
Bezuglyj Boris Antonovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**GOU VPO "Tjumenskij gosudarstvennyj
universitet" (RU)**

(54) **METHOD FOR DETERMINING SPEED OF THERMO-CAPILLARY FLOW NEAR SIDE SURFACE OF WASHER-SHAPED VIAL**

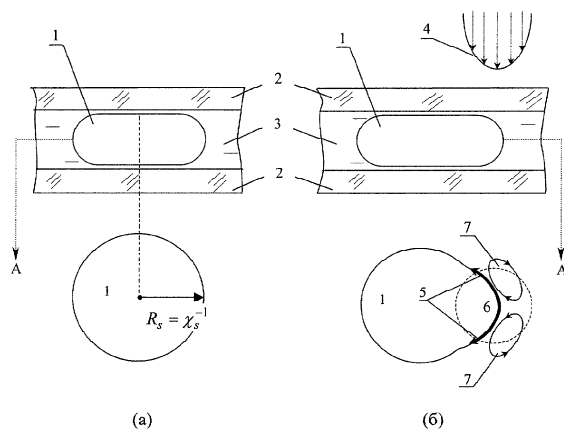
(57) Abstract:

FIELD: possible use for diagnostics of flow of liquids in the channel of micro-fluid pump or optical switch.

SUBSTANCE: in accordance to method, thermo-capillary flow is excited by means of a light beam. Static curvature and total curvature of visually observed side surface of washer-shaped vial are measured, deformation of which surface is caused by thermo-capillary flow. On basis of results of measurement, speed of the flow is determined.

EFFECT: simplified diagnostics of current in micro-scale.

5 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к области бесконтактных методов диагностики течения жидкостей в микромасштабе и может быть использовано для определения скорости течения у поверхности пузырька, движущегося в канале микрофлюидного насоса или оптического переключателя [1-2].

Известен способ [3] измерения скорости течения жидкости, состоящий в следующем: жидкий поток засевают трассерными частицами меченными флюоресцирующим красителем, затем поперечное сечение потока облучают последовательными импульсами лазерного света сфокусированного цилиндрической линзой в лист и, одновременно с подачей импульсов, выполняют видеозахват изображений. Далее, на основе этих изображений, с помощью компьютерной программы фиксируют положение выбранной частицы на последовательности кадров и измеряют ее смещение за период между двумя импульсами, затем вычисляют скорость.

Однако в микрофлюидике этот метод имеет ряд недостатков. Выбор трассерных частиц критичен для каждого изучаемого случая. С одной стороны, частицы должны быть достаточно малыми, чтобы отслеживать линии тока и не блокировать течение, а с другой стороны - достаточно большими, чтобы демпфировать броуновское движение, которое вносит погрешность в измерения скорости. Кроме того, сложный алгоритм обработки данных требует специализированной компьютерной программы.

При диагностике течения индуцируемого малыми (до 10°C) локальными тепловыми возмущениями (например, конвекция в микромасштабе вызванная тепловым действием пучка света [1, 4]), применение этого способа налагает ограничения на выбор длины волны индуцирующего излучения, которое не должно нагревать трассерные частицы и интерферировать на них.

Целью данного изобретения является упрощение способа определения скорости термокапиллярного течения у поверхности шайбовидного пузырька.

Цель достигается путем измерения статической кривизны и суммарной кривизны наблюдаемой визуально боковой поверхности пузырька, деформация которой вызвана термокапиллярным течением индуцированным пучком света. При этом суммарная кривизна наблюдаемой визуально деформированной поверхности пузырька находится согласно принципу суперпозиции кривизн [5, 6].

Детальный механизм формирования суммарной кривизны (Фиг.1) и вывод выражения для скорости следующие. Боковая поверхность шайбовидного пузырька 1, зажатого между двумя прозрачными для излучения пластинами 2 имеет постоянную статическую кривизну χ_s , Фиг.1(а). В момент, когда прилегающая к боковой поверхности пузырька 1, поглощающая жидкость 3 нагревается пучком света 4, Фиг.1(б), поверхностное натяжение на поверхности пузырька уменьшается, и возникает поле термокапиллярных сил 5, вызывающих унос жидкости из зоны облучения. Вследствие этого боковая поверхность пузырька приобретает динамическую кривизну χ_d , которая складывается по принципу суперпозиции [5, 6] с кривизной χ_s до облучения. В итоге, визуально наблюдаемая деформация 6 боковой поверхности пузырька 1 имеет суммарную кривизну [6]

$$\chi = \chi_d + \chi_s \quad (1)$$

Динамическая кривизна χ_d создает избыточное капиллярное давление в пузырьке $p_\sigma = \sigma \cdot \chi_d$ и возвратные потоки жидкости с динамическим напором $p_i = \rho u^2 / 2$, генерирующие два согласованных вихря 7 в жидкости [4]. Здесь u - искомая скорость термокапиллярного течения у поверхности шайбовидного пузырька, которая из условия баланса этих давлений и принципа суперпозиции (1) имеет вид

$$u = \sqrt{2\sigma(\chi - \chi_s) / \rho} \quad (2)$$

плотность ρ жидкости и ее коэффициент поверхностного натяжения σ являются табличными величинами.

Далее, скорость u термокапиллярного течения находят по результату измерения суммарной кривизны χ боковой поверхности пузырька и ее статической кривизны χ_s Фиг.1(а).

На Фиг.2 показана схема измерения кривизны χ . Используя снимок деформированного пузырька, полученный фотографированием или видеосъемкой, и считая, что деформированная поверхность б представляет собой участок некой окружности 8, в любом графическом редакторе достраивают эту окружность и измеряют радиус ее кривизны $R=\chi^{-1}$. Зная статическую кривизну пузырька $\chi_s=R_s^{-1}$, по формуле (2) вычисляют скорость термокапиллярного течения u .

На Фиг.3 приведены кадры пузырьков: (а) - пучок света спроецирован в смачивающую пленку под пузырьком и не оказывает теплового действия на боковую поверхность; (б) - пучок света нагревает приповерхностную область пузырька, что вызывает термокапиллярное течение, которое деформирует боковую поверхность пузырька. Здесь измерение кривизн проводили в редакторе MSWord, куда вставляли эти кадры и с помощью инструмента WordArt достраивали окружность и измеряли ее кривизну.

Пример. В таблице даны средние значения скорости термокапиллярного течения в разных жидкостях, возбуждаемого пучком света у поверхности пузырьков, полученные предлагаемым способом.

	Ацетон	Этанол	Бутанол	10% этанольно-водная смесь
u, мм/с	250	160	180	142

В опытах использовали пузырьки с R_s от 0.4 до 0.6 мм, зажатые в ячейке с зазором 50 мкм, заполняемой окрашенными жидкостями, которые облучали сфокусированным излучением ртутной лампы. Поглощаемая мощность жидкостей была одинаковой и равной 30 мВт.

Разница между значениями, полученными по предлагаемому способу и оцененными с помощью трассерных частиц, составляет менее 15%.

Таким образом, предлагаемый способ, отличаясь простотой, имеет ряд преимуществ: не требует засева трассерных частиц, дополнительных зондирующих пучков и оптики для них, а также не требует программного обеспечения для расчета скорости.

Способ можно использовать для определения скорости термокапиллярных течений, вызванных не только локальным действием пучка света на поверхность пузырька, но и за счет локального нагрева этой поверхности резистивными нагревателями. В этом случае необходимо лишь подсвечивать пузырек рассеянным светом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sato M., Horie M., Kitano N. et. al. Thermocapillary optical switch. // Hitachi Cable Review. 2001. №20. P.19-24.

2. Jun T.K., Kim C.-J. Valveless pumping using traversing vapor bubbles in microchannels. // J. Applied Physics. 1998. Vol.83. №.11. P.5658-5664.

3. URL: <http://www.lavison.de/download/educational/pivintroduction.pdf>

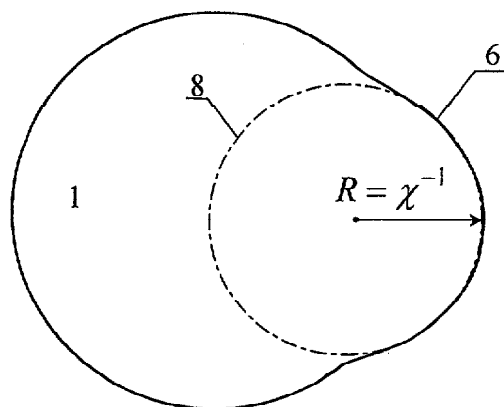
4. Безуглый Б.А., Иванова Н.А. Манипуляция газовым пузырьком в ячейке Хеле-Шоу с помощью пучка света. // Письма в ЖТФ. 2002. Том. 28. Вып.19. С.71-75.

5. Безуглый Б.А., Тарасов О.А., Федорец А.А. Модифицированный метод наклонной пластинки измерения краевого угла смачивания. // Коллоидный журнал. 2001. №6. С.735-741.

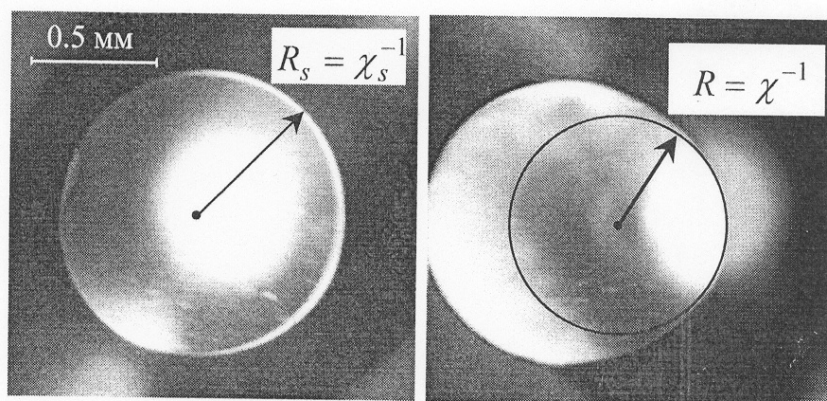
6. Тарасов О.А. Аддитивность динамической кривизны термокапиллярного углубления и статической кривизны мениска смачивания. // Коллоидный журнал. 2005. Т.67. №2. С.1-9.

Формула изобретения

Способ определения скорости термокапиллярного течения у боковой поверхности шайбовидного пузырька, причем термокапиллярное течение возбуждают пучком света, отличающийся тем, что измеряют статическую кривизну и суммарную кривизну наблюдаемой визуально боковой поверхности пузырька, деформация которой вызвана термокапиллярным течением, и по результатам измерения находят скорость этого течения.



Фиг. 2



(a)

(б)

Фиг. 3