

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро



(43) Дата международной публикации
26 ноября 2015 (26.11.2015)

WIPO | РСТ

(10) Номер международной публикации
WO 2015/178803 A1

- (51) Международная патентная классификация:
A61F 9/008 (2006.01) *G02B 11/00* (2006.01)
- (21) Номер международной заявки: PCT/RU2015/000287
- (22) Дата международной подачи:
05 мая 2015 (05.05.2015)
- (25) Язык подачи: Русский
- (26) Язык публикации: Русский
- (30) Данные о приоритете:
2014120634 22 мая 2014 (22.05.2014) RU
- (71) Заявитель: **ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ОПТОСИСТЕМЫ"**
(ООО "ОПТОСИСТЕМЫ") (OPTOSYSTEMS LIM-
ITED (OPTOSYSTEMS LTD.)) [RU/RU]; ЦФП ИОФ
РАН, г. Троицк, Москва, 142190, Moscow (RU).
- (72) Изобретатели: **ГУРЕВИЧ, Игорь (GUREVICH, Igor);**
Мондорфер Штрассе, 15, Саарбрюккен, 66119, Saar-
brücken (DE). **ВАРТАПЕТОВ, Сергей Каренович**
(VARTAPETOV, Sergei Karenovich); ул. Светлая, 2, г.
Троицк, Москва, 142190, Moscow (RU). **ЛАПШИН,**
Константин Эдуардович (LAPSHIN, Konstantin
Eduardovich); Октябрьский пр-т, 2-23, г. Троицк,
Москва, 142190, Moscow (RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована:

— с отчётом о международной поиске (статья 21.3)

(54) Title: OPHTHALMIC SURGICAL LASER SYSTEM

(54) Название изобретения : ОФТАЛЬМОХИРУРГИЧЕСКАЯ ЛАЗЕРНАЯ СИСТЕМА

(57) Abstract: Proposed is an ophthalmic surgical laser system based on an ultrashort pulse laser and comprising a laser, a two-axis scanning system, an optical system for aligning the scanning surfaces, and a focusing objective with a movable lens for scanning along a third axis. The system enables high-speed, high-accuracy scanning along three axes.

(57) Реферат: Представлена офтальмохирургическая лазерная система на основе лазера со сверхкороткой длительностью импульса, содержащая лазер, систему сканирования по двум координатам, оптическую систему согласования плоскостей сканирования, фокусирующий объектив с подвижной линзой для сканирования по третьей координате. Система позволяет осуществлять сканирование по трем координатам с высокой скоростью и высокой точностью.



WO 2015/178803 A1

Офтальмохирургическая лазерная система.

5

Описание изобретения.

Область техники

Изобретение относится к офтальмохирургическим лазерным системам, использующим фемтосекундный лазер в качестве источника излучения.

10

Предшествующий уровень техники

Офтальмохирургические лазерные системы на основе фемтосекундного лазера могут быть использованы для проведения различных операций, в том числе операций на переднем отрезке глаза, на хрусталике. Для проведения различных видов операций лазерная система должна обеспечивать трехкоординатное сканирование с высокой скоростью и высокой точностью фокусировки.

Известна заявка US2011028951, описывающая оптическую систему с подвижной линзой для офтальмологического хирургического лазера. В оптической системе используется предварительная компенсация волнового фронта, оптическая система содержит группу линз с подвижной линзой, перемещаемой в направлении распространения лазерного излучения. Однако подвижная линза имеет большие габариты и большой вес, что не позволяет перемещать положение фокуса в направлении распространения излучения с высокой скоростью.

Известен патент US7618415, описывающий систему и метод точного позиционирования луча в глазной хирургии, в оптической системе которой использована оптическая система переноса изображения для точной передачи излучения с зеркала сканера на вход фокусирующего объектива. Сканер системы содержит три зеркала, дополнительное зеркало служит для компенсации отклонения луча по первому направлению, размер и вес которого значительно превосходят соответствующие параметры входного зеркала. Однако увеличение количества подвижных частей в системе снижает ее устойчивость и усложняет юстировку, а увеличенный размер зеркал снижает быстродействие.

Задачей изобретения является создание офтальмохирургической лазерной системы на основе фемтосекундного лазера, обеспечивающей максимально точную фокусировку с переменной глубиной фокуса и высокую скорость сканирования фокальной точкой.

5

Раскрытие изобретения

Офтальмохирургическая лазерная система, содержащая импульсный лазер с сверхкороткой длительностью импульса, систему сканирования луча по двум координатам, содержащую первое зеркало сканера для отклонения луча в направлении X, перпендикулярном оптической оси системы, второе зеркало сканера для отклонения луча в направлении Y, перпендикулярном направлению X и оптической оси системы, систему передачи луча, содержащую систему согласования плоскости сканирования и плоскости входного зрачка фокусирующего объектива, фокусирующий объектив, между первым и вторым зеркалами системы сканирования симметрично установлена система согласования плоскости сканирования по направлению X с плоскостью сканирования по направлению Y, содержащая два одинаковых сканирующих безабберационных объектива, установленных с общей фокальной плоскостью. Симметричная система согласования плоскостей сканирования, в англоязычной литературе «relay system», установленная между первым и вторым зеркалами сканера позволяет отобразить без введенных aberrаций зеркало сканирования по оси X на второе зеркало, так что система сканирования работает как одно зеркало. Такая система не ухудшает качество пучка лазерного излучения, позволяет осуществлять эффективное сканирование по двум координатам с высокой скоростью.

Оптическая система согласования плоскости сканирования и входного зрачка фокусирующего объектива, установленная между вторым зеркалом сканера и фокусирующим объективом содержит два различных сканирующих безабберационных объектива, установленных с общей фокальной плоскостью, фокусное расстояние объектива со стороны сканера меньше фокусного расстояния объектива со стороны фокусирующего объектива. Такое техническое решение позволяет безабберационно передать обобщенную плоскость сканирования по X и Y в плоскость входного зрачка фокусирующего объектива с увеличением диаметра пучка. В такой оптической системе можно использовать зеркала сканера малого размера, обеспечивающие высокую скорость сканирования фокальной точкой.

Отношение фокусного расстояния объектива со стороны фокусирующего объектива к фокусному расстоянию объектива со стороны сканера, больше или равно 1.5 и меньше или равно 4. При меньшем увеличении для достижения необходимой апертуры на фокусирующем объективе придется использовать зеркала сканера большего размера, что уменьшит скорость изменения положения фокальной точки. При большем увеличении сам безаберационный объектив станет существенно сложнее.

Фокусирующий объектив содержит одиночную подвижную линзу, в зависимости от положения которой изменяется положение плоскости фокусировки в направлении оптической оси системы, при изменении положения одиночной подвижной линзы практически не происходит деформации волнового фронта. Безаберационная система сканирования и фокусировки представляет собой фокусирующий объектив с одиночной подвижной линзой, обеспечивающий одинаковый размер фокальной точки по всему операционному полю в пределах глубины сканирования. Это важно для обеспечения точности проведения процедуры.

Одиночная подвижная линза фокусирующего объектива имеет малую оптическую силу в диапазоне от 2D до 20D, это позволяет сделать линзу с малым весом и перемещать линзу с высокой скоростью. Оптическая сила линзы выбиралась из соображений, чтобы её перемещение было на порядок больше, чем перемещение фокальной плоскости. При этом не предъявляются высокие требования к точному позиционированию этой линзы. Малая оптическая сила подвижной линзы позволяет сохранить размер фокального пятна при изменении положения фокальной плоскости, что обеспечивает точность проведения операции.

Фокусирующий объектив способен изменять плоскость фокусировки от 0 до 1 мм. Этого диапазона достаточно для проведения большинства операций на роговице.

Фокусирующий объектив способен изменять плоскость фокусировки от 0 до 5 мм. Этого диапазона достаточно для проведения большинства операций на хрусталике.

30

Техническим результатом является создание офтальмохирургической лазерной системы, позволяющей осуществлять сканирование фокальной точкой по трем координатам с высокой скоростью и высокой точностью.

Краткое описание чертежей

На фиг.1. представлена схема установки.

На фиг.2. представлен ход луча в оптической системе согласования плоскости сканирования в направлении X и плоскости сканирования в направлении Y, луч падает на оптическую систему согласования под углом.

На фиг.3. схематически представлен ход лучей, отклоненных на различные углы первым зеркалом сканера в оптической системе согласования между зеркалами сканера.

Вариант осуществления изобретения

На фиг.1. лазер 1 со сверхкороткой длительностью импульса, зеркало 2 гальваносканера для отклонения луча лазера в направлении X, перпендикулярном направлению оптической оси системы, симметричная система согласования плоскостей сканирования 3. Симметричная система согласования плоскостей сканирования 3 содержит два одинаковых сканирующих объектива 3А, 3В, установленных с общей фокальной плоскостью, как показано на фиг.2, 3. Общая фокальная плоскость показана штрихпунктирной линией. Зеркало 4 гальваносканера для отклонения луча в направлении Y, перпендикулярном направлению X и оптической оси системы. Система согласования плоскостей сканирования 3 установлена симметрично между зеркалами 2 и 4. Система согласования плоскости сканирования с плоскостью входного зрачка фокусирующего объектива 5 содержит два сканирующих безабберационных объектива, установленных с общей фокальной плоскостью. Причем фокусное расстояние объектива со стороны сканера 4 меньше фокусного расстояния второго объектива. Вторая оптическая система согласования 5 позволяет использовать меньшие по размеру зеркала 2 и 4, что обеспечивает высокую скорость сканирования. Поворотное зеркало 6, фокусирующий объектив 8, содержит одиночную подвижную линзу 7, соединенную с приводом (не показан), обеспечивающим перемещение подвижную линзу 7 фокусирующего объектива 8 вдоль оптической оси системы. Лазер 1, гальваносканер, привод подвижной линзы фокусирующего объектива 7 соединены с системой управления (не показана).

На фиг.2. показан ход отклоненного луча между зеркалами сканера 2,4 через систему согласования плоскостей сканирования 3, состоящую из одинаковых объективов 3А и 3В, установленных с общей фокальной плоскостью, показанной штрихпунктирной линией. От лазера на зеркало сканера 2 попадает параллельный

луч, пройдя через систему согласования плоскостей сканирования, состоящую из одинаковых объективов 3А, 3В, параллельны луч падает на зеркало сканера 4 под тем же углом в направлении Х. Зеркало 4 отклоняет луч на выбранный угол в направлении Y, перпендикулярном направлению Х.

5 На фиг.3. показаны направления распространения лучей, отклоненных под различными углами зеркалом 2 через оптическую систему согласования плоскостей сканирования, состоящую из двух одинаковых объективов 3А и 3В.

При включении лазера 1 генерируется лазерный луч, луч отклоняется зеркалом 2 в направлении Х, проходит через оптическую систему согласования
10 плоскостей сканирования 3, отклоняется в направлении Y зеркалом 4. В оптической системе согласования плоскостей сканирования 3 лучи, отклоненные на различные углы зеркалом сканера 2, распространяются телецентрически и без искажений отображаются на зеркало 4, как показано на фиг.2,3. В результате использования такой схемы после зеркала 4 луч будет отклонен по двум координатам согласно
15 выбранному алгоритму. Луч проходит вторую оптическую систему согласования 5 с увеличением и без искажений, отклоняется поворотным зеркалом 6, фокусируется фокусирующим объективом 8 на операционное поле 9. Изменение положения подвижной линзы 7 фокусирующего объектива 8 приводом позволяет изменять положение фокальной плоскости в направлении распространения лазерного
20 излучения, то есть по оси Z, перпендикулярной осям Х и Y.

Подвижными элементами в системе являются зеркала гальваносканера 2, 4 и легкая линза 7 фокусирующего объектива 8. Каждый из подвижных элементов обеспечивает изменение положения фокальной точки по одной координате, причем положение фокальной точки может изменяться с высокой скоростью. Оптическая
25 система, по которой распространяется излучение от лазера 1 до фокусирующего объектива 8, является безаберационной, что важно для обеспечения точности фокусировки на всем операционном поле.

Промышленная применимость

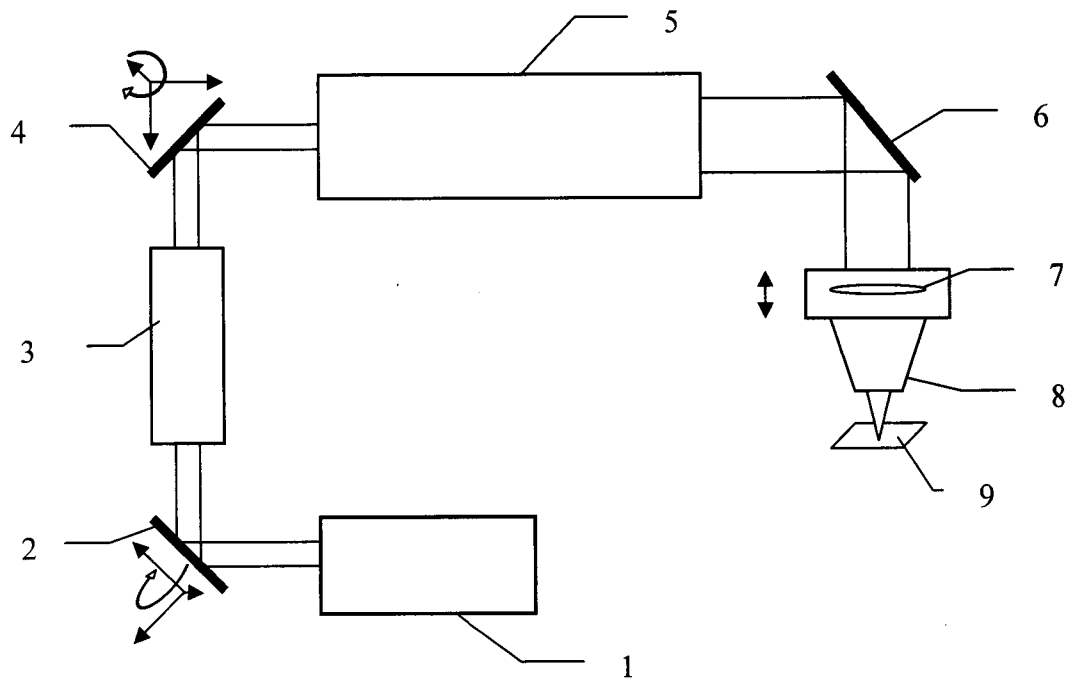
30 Предлагаемое техническое решение может быть использовано при разработке офтальмохирургических лазерных систем.

Формула изобретения

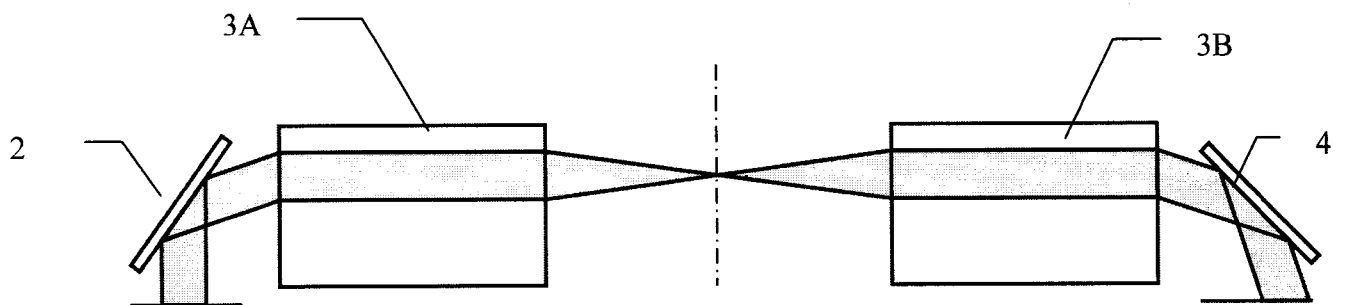
1. Офтальмохирургическая лазерная система, содержащая импульсный лазер с
сверхкороткой длительностью импульса,
5 систему сканирования луча по двум координатам,
содержащую первое зеркало сканера для отклонения луча в направлении X,
перпендикулярном оптической оси системы,
второе зеркало сканера для отклонения луча в направлении Y, перпендикулярном
направлению X и оптической оси системы,
10 систему передачи луча, содержащую систему согласования плоскости
сканирования и плоскости входного зрачка фокусирующего объектива,
фокусирующий объектив,
отличающаяся тем, что между первым и вторым зеркалами системы
сканирования симметрично установлена система согласования плоскости
15 сканирования по направлению X с плоскостью сканирования по направлению
Y, содержащая два одинаковых сканирующих безабберационных объектива,
установленных с общей фокальной плоскостью.
2. Офтальмохирургическая лазерная система по п.1., отличающаяся тем, что
система согласования плоскости сканирования и плоскости входного зрачка
20 фокусирующего объектива содержит два различных сканирующих
безабберационных объектива, установленных с общей фокальной
плоскостью, фокусное расстояние объектива со стороны сканера меньше
фокусного расстояния объектива со стороны фокусирующего объектива.
3. Офтальмохирургическая лазерная система по п.2., отличающаяся тем, что
25 отношение фокусного расстояния объектива со стороны фокусирующего
объектива к фокусному расстоянию объектива со стороны сканера, больше
или равно 1.5 и меньше или равно 4.
4. Офтальмохирургическая лазерная система по п.1-3, отличающаяся тем, что
фокусирующий объектив содержит одиночную подвижную линзу, в
30 зависимости от положения которой изменяется положение плоскости
фокусировки в направлении оптической оси системы, при перемещении
линзы практически не происходит деформации волнового фронта

5. Офтальмохирургическая лазерная система по п.4, отличающаяся тем, что одиночная подвижная линза фокусирующего объектива имеет малую оптическую силу в диапазоне от 2D до 20D.
6. Офтальмохирургическая лазерная система по п.5, отличающаяся тем, что в фокусирующий объектив способен изменять плоскость фокусировки от 0 до 1 мм.
7. Офтальмохирургическая лазерная система по п.5, отличающаяся тем, что в фокусирующий объектив способен изменять плоскость фокусировки от 0 до 5 мм.

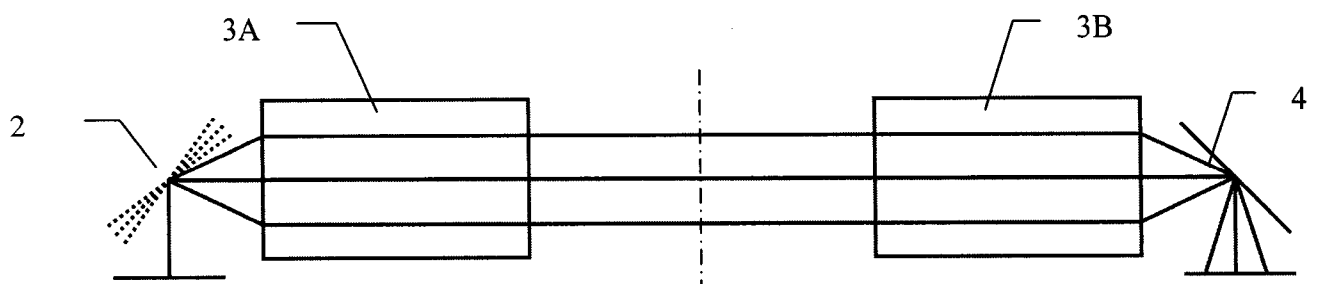
1/1



ФИГ.1.



ФИГ.2



ФИГ.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2015/000287

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61F 9/008 (2006.01); G02B 11/00 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61F 9/00-9/008, G02B 11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

Espacenet, USPTO, PatSearch, RUPTO, CIPO

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
D, A	US 7618415 B2 (TECHNOLAS PERFECT VISION GMBH) 17.11.2009	1-7
A	US 2011/0109959 A1 (LEICA INSTRUMENTS (SINGAPORE) PTE. LTD) 12.05.2011	1-7
A	RU 2301650 C1 (OOO «OPTOSISTEMY») 27.06.2007	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

15 July 2015 (15.07.2015)

Date of mailing of the international search report

16 July 2015 (16.07.2015)

Name and mailing address of the ISA/

RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2015/000287

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ <i>A61F 9/008 (2006.01)</i> <i>G02B 11/00 (2006.01)</i> Согласно Международной патентной классификации МПК		
В. ОБЛАСТЬ ПОИСКА Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации) A61F 9/00-9/008, G02B 11/00 Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины) Espacenet, USPTO, PatSearch, RUPTO, CIPO		
С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:		
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
D, A	US 7618415 B2 (TECHNOLAS PERFECT VISION GMBH) 17.11.2009	1-7
A	US 2011/0109959 A1 (LEICA INSTRUMENTS (SINGAPORE) PTE. LTD) 12.05.2011	1-7
A	RU 2301650 C1 (ООО «ОПТОСИСТЕМЫ») 27.06.2007	1-7
☐ последующие документы указаны в продолжении графы С. ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов: “А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным “Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее “L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано) “О” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д. “Р” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение “Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности “У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста “&” документ, являющийся патентом-аналогом	
Дата действительного завершения международного поиска 15 июля 2015 (15.07.2015)	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске 16 июля 2015 (16.07.2015)	
Наименование и адрес ISA/RU: Федеральный институт промышленной собственности, Бережковская наб., 30-1, Москва, Г-59, ГСП-3, Россия, 125993 Факс: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37	Уполномоченное лицо: О. РЫЖКОВА Телефон № (495) 531-64-81	