



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C03B 32/02 (2019.08); C03C 3/078 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2018147296, 28.12.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.12.2018

Дата регистрации:
28.11.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.12.2018

(45) Опубликовано: 28.11.2019 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

125047, Москва, Миусская пл., 9, Российский
химико-технологический университет имени
Д.И. Менделеева, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Ветчинников Максим Павлович (RU),
Шахгильдян Георгий Юрьевич (RU),
Липатьев Алексей Сергеевич (RU),
Сигаев Владимир Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования - Российский
химико-технологический университет имени
Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д.И.
Менделеева) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2640836 C1, 12.01.2018. RU
2616958 C1, 18.04.2017. RU 2640606 C1,
10.01.2018. RU 2598011 C1, 20.09.2016. RU
2288196 C1, 27.11.2006. US 9346706 B2,
24.05.2016.

(54) СПОСОБ ЛАЗЕРНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ СТЕКЛА

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу модифицирования структуры стекла под действием лазерного пучка для формирования люминесцирующих микрообластей и может быть использовано для многократной перезаписи и хранения информации. В силикатном стекле, содержащем сульфид кадмия, записывают микрообласть при локальном облучении фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, с энергией лазерных импульсов в пределах 100-400 нДж, длительностью лазерных импульсов 180-600 фс, частотой следования лазерных импульсов в пределах 100-1000 кГц. Для фокусировки лазерного пучка применяют объектив с числовой апертурой 0,45-0,85. Далее возможно стирание записанной микрообласти путем ее сканирования фемтосекундным лазерным пучком или перемещения стекла

относительно сфокусированного пучка по траектории, которая задается скоростью перемещения в диапазоне 10-30 мкм/с, диаметром в диапазоне 30-100 мкм и частотой осцилляций вдоль оси, перпендикулярной направлению перемещения, в плоскости, перпендикулярной направлению падения записывающего лазерного пучка, равной 20 Гц. Для стирания используется лазерный пучок с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, с энергией лазерных импульсов в пределах 100-400 нДж, длительностью лазерных импульсов 180-600 фс, частотой следования лазерных импульсов в пределах 50-500 кГц при фокусировке лазерного пучка объективом с числовой апертурой 0,45-0,85. В стертой области возможна повторная запись микрообластей при локальном облучении фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном

диапазоне и параметрами лазерного пучка, используемыми при записи исходных микрообластей. Технический результат -

возможность создания долговечной оптической памяти с возможностью перезаписи. 4 ил., 3 пр.

RU 2707626 C1

RU 2707626 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
C03B 32/02 (2019.08); C03C 3/078 (2019.08)

(21)(22) Application: **2018147296, 28.12.2018**

(24) Effective date for property rights:
28.12.2018

Registration date:
28.11.2019

Priority:

(22) Date of filing: **28.12.2018**

(45) Date of publication: **28.11.2019 Bull. № 34**

Mail address:

**125047, Moskva, Miusskaya pl., 9, Rossijskij
khimiko-tekhnologicheskij universitet imeni D.I.
Mendeleeva, patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Vetchinnikov Maksim Pavlovich (RU),
Shakhgildyan Georgij Yurevich (RU),
Lipatev Aleksej Sergeevich (RU),
Sigaev Vladimir Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya - Rossijskij
khimiko-tekhnologicheskij universitet imeni D.I.
Mendeleeva (RKHTU im. D.I. Mendeleeva)
(RU)**

(54) **GLASS LASER MODIFYING METHOD**

(57) Abstract:

FIELD: information technology.

SUBSTANCE: invention relates to a method of modifying a glass structure under the action of a laser beam for forming luminescent microregions and can be used for multiple rewriting and storage of information. In a silicate glass containing cadmium sulphide, a microregion is recorded during local irradiation with femtosecond laser pulses with a wavelength in the near infrared range, with energy of laser pulses in range of 100–400 nJ, duration of laser pulses of 180–600 fs, repetition frequency of laser pulses within 100–1,000 kHz. A lens with a numerical aperture of 0.45–0.85 is used to focus the laser beam. Further, it is possible to erase the recorded microregion by scanning it with a femtosecond laser beam or moving the glass relative to the focused beam along a path, which is set by the movement speed in range of

10–30 mcm/s, diameter in range of 30–100 mcm and oscillation frequency along the axis perpendicular to the direction of movement, in the plane perpendicular to the direction of incidence of the recording laser beam, equal to 20 Hz. For deletion, a laser beam is used with a wavelength in the near infrared range, with energy of laser pulses in range of 100–400 nJ, duration of laser pulses of 180–600 fs, repetition frequency of laser pulses within 50–500 kHz at laser beam focusing with lens with numerical aperture of 0.45–0.85. In the erased region, microregions can be repeatedly recorded during local irradiation with femtosecond laser pulses with wavelength in the near infrared range and laser beam parameters used in recording the initial microregions.

EFFECT: possibility of creating durable optical memory with possibility of rewriting.

1 cl, 4 dwg, 3 ex

Изобретение относится к области оптического материаловедения, в частности к способу модифицирования структуры стекла под действием лазерного пучка для записи и стирания люминесцирующих микрообластей в стекле, и может быть использовано для многократной перезаписи и хранения информации. Изобретение позволяет записывать с помощью фемтосекундного лазера в силикатном стекле микрообласти размером 1-30 мкм, обладающие люминесценцией, стирать записанные микрообласти и заново записывать микрообласти размером 1-30 мкм, обладающие люминесценцией. Полученный результат может быть использован для многократной перезаписи и хранения информации оптической информации, где кодирование информации осуществляется в сигнале люминесценции.

Известен способ модифицирования стекла для записи оптической информации [Патент US 4092139 Process for making colored photosensitive glass], заключающийся в том, что стекло, содержащее ионы серебра, фотосенсибилизатор, локально облучают через амплитудную маску ультрафиолетовым (УФ) излучением в течение 10-20 мин, а затем термообработывают при температуре выше температуры стеклования в течение 1-5 часов. При УФ облучении происходит фотоионизация фотосенсибилизатора с образованием в стекле свободных электронов. Часть этих электронов захватывают ионы серебра с образованием нейтральных атомов серебра. При термообработке, в результате термической диффузии атомов серебра происходит формирование наночастиц серебра, имеющих полосу поглощения в спектральном интервале 400-450 нм. В результате этого облученная область стекла приобретает окраску. Недостатком способа является большая продолжительность записи информации, необходимость использования стекла с фотосенсибилизатором и невозможность перезаписи информации, для реализации многократной перезаписи и хранения информации.

Известен способ модифицирования стекла для записи оптической информации [R.E. de Lamaestre, H. Bea, H. Bernas, J. Belloni, J.L. Marigniez // Phys. Rev. B, 2007, V.76, 205431], заключающийся в том, что стекло, содержащее ионы серебра, локально облучают через амплитудную маску гамма-излучением или энергичными ионами в течение 10-20 мин, а затем термообработывают при температуре выше температуры стеклования в течение 1-5 часов. При гамма-облучении происходит фотоионизация компонентов стекла с образованием в стекле свободных электронов. Часть этих электронов захватывают ионы серебра с образованием нейтральных атомов серебра. При термообработке, в результате термической диффузии атомов серебра происходит формирование наночастиц серебра, имеющих полосу поглощения в спектральном интервале 400-450 нм. В результате этого облученная область стекла приобретает окраску. Недостатком способа является большая продолжительность записи информации, необходимость использования источника ионизирующего излучения либо ускорителя ионов и невозможность перезаписи информации, для реализации многократной перезаписи и хранения информации.

Известен способ модифицирования стекла для записи оптической информации [А.И. Игнатъев и др. Влияние ультрафиолетового облучения и термообработки на люминесценцию молекулярных кластеров серебра в фото-термо-рефрактивных стеклах // Опт. и спектр. 2013. Т. 114, С. 838], заключающийся в том, что стекло, содержащее ионы серебра Ag_n^{m+} , молекулярные ионы серебра Ag_n^{m+} ($n=2-4$) и фотосенсибилизатор - ионы церия Ce^{3+} , локально облучают через амплитудную маску УФ-излучением с длиной волны 305-310 нм в течение 10-20 мин. При УФ-облучении происходит фото ионизация фотосенсибилизатора с образованием в стекле свободных электронов. Часть

этих электронов захватывают ионы и молекулярные ионы серебра с образованием нейтральных атомов Ag и нейтральных молекулярных кластеров Ag_n , обладающих интенсивной люминесценцией в видимой области спектра. Время облучения определяется тем, что при облучении в полосу поглощения ионов церия интенсивность УФ-излучения
 5 спадает по толщине образца экспоненциально. Поэтому для того, чтобы набрать необходимую дозу облучения по всей толщине образца в облучаемой зоне, необходимо продолжительное облучение. В результате этого облученная область стекла приобретает люминесцентные свойства при возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 350-380 нм. Недостатком способа является большая продолжительность записи
 10 информации, необходимость использования стекла с фотосенсибилизатором и невозможность перезаписи информации, для реализации многократной перезаписи и хранения информации.

Известен способ модифицирования стекла для записи оптической информации [Патент SU 1714675 A1 Носитель оптической записи], заключающийся в том, что на
 15 натриевооборотное стекло с примесью цинка или кадмия в количестве 0,1-5 мас. %, воздействуют мощным УФ-излучением. При этом в облученных областях изменяются спектрально-люминесцентные характеристики, которые отвечают за процесс считывания информации. Недостатком способа является необходимость применения мощных источников УФ-излучения и невозможность перезаписи информации, для реализации
 20 многократной перезаписи и хранения информации.

Известен способ модифицирования стекла для записи оптической информации [Патент RU 2543670 Способ записи оптической информации в стекле], заключающийся в том, что силикатное стекло состава $Na_2O-ZnO-AlO_3-SiO_2-NaF-NaCl$ с добавкой Ag_2O (0,24
 25 мас. %) локально облучают сфокусированными фемтосекундными инфракрасными (ИК) лазерными импульсами с длиной волны 1 мкм, длительностью импульсов 200 фс, частотой повторения импульсов 300 кГц и средней мощностью 0,5-3 Вт. После этого облученная зона стекла приобретает люминесцентные свойства при возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 350-380 нм. Недостатком способа является
 30 невозможность перезаписи информации, для реализации многократной перезаписи и хранения информации.

Известен способ модифицирования стекла для формирования нанокристаллов CdSe [G. Bell et. al. Direct growth of CdSe semiconductor quantum dots in glass matrix by femtosecond laser beam // Appl. Phys. Lett. 2016. Vol.108, P. 063112], заключающийся в том, что
 35 силикатное стекло состава $K_2O-ZnO-CaO-Na_2O-B_2O_3-SiO_2$ с добавкой CdSe, нагретое до температур 500-520°C, локально облучают сфокусированными лазерными импульсами с длиной волны 800 нм, длительностью импульсов 50 фс, частотой повторения импульсов 1 кГц и средней мощностью импульсов 250 мВт в течение 6 часов. После этого облученная область приобретает оранжевую окраску. Формирование
 40 нанокристаллов подтверждается методом спектроскопии комбинационного рассеяния. Недостатками способа является необходимость дополнительного использования печи для локального формирования полупроводниковых нанокристаллов, а также высокая длительность процесса.

Известен способ модифицирования стекла для записи оптической информации [Патент RU 2640836 Способ лазерного модифицирования стекла], выбранный в качестве
 45 прототипа, заключающийся в локальном облучении стекла, содержащего ионы серебра, сфокусированными фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, в котором используют фосфатное стекло, которое облучают

линейно-поляризованным фемтосекундным лазерным пучком с энергией импульсов в пределах 30-200 нДж, длительностью в пределах 300-1200 фс, частотой следования в пределах 1-500 кГц, а для фокусировки лазерного пучка применяют объектив с числовой апертурой 0,4-0,9. В результате применения способа лазерного модифицирования стекла,

в объеме стекла возможна трехмерная запись микрообластей диаметром 1-5 мкм с люминесцентными (при возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 350-380 нм) и двулучепреломляющими свойствами, зависящими от параметров лазерного пучка, которые можно использовать для сверхплотной записи оптической информации.

Недостатком способа является невозможность стирания сформированных

микрообластей, для реализации оптической памяти на стекле с возможностью многократной перезаписи.

Известно, что полупроводниковые квантовые точки (КТ) сульфида кадмия представляют собой частицы нанометрового размера, обладающие уникальными оптическими и электронными свойствами, и в настоящее время составляют предмет

интенсивных исследований для широкого диапазона областей применения, таких как преобразование солнечной энергии и молекулярная и клеточная визуализация. Спектр люминесценции КТ сульфида кадмия представляет собой относительно узкую полосу с максимумом в видимом диапазоне при возбуждении излучением с длиной волны 350-420 нм.

Задачей настоящего изобретения является запись, стирание и повторная запись в

стекле микрообластей размером 1-30 мкм, обладающих люминесценцией, для реализации долговечной оптической памяти с возможностью многократной перезаписи.

Поставленная задача решается способом лазерного модифицирования стекла для записи информации, включающим локальное облучение стекла сфокусированными

фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, а для фокусировки лазерного пучка применяют объектив с числовой апертурой 0,45-0,85, с формированием люминесцирующих микрообластей, при этом для облучения используют силикатное стекло состава мас. %: 0,5-4 CdS, 22-23 K₂O, 19-20 ZnO, 3-4 B₂O₃, 50-53 SiO₂, на которое воздействуют сфокусированными

фемтосекундными лазерными импульсами с энергией 100-400 нДж, длительностью лазерных импульсов 180-600 фс, частотой следования лазерных импульсов 100-1000 кГц с формированием микрообластей диаметром 1-30 мкм, обладающих люминесценцией в спектральном диапазоне 430-800 нм при возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 400-410 нм, затем записанную микрообласть обрабатывают сфокусированными фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, с энергией лазерных импульсов 100-400 нДж, длительностью лазерных импульсов 180-600 фс, частотой следования лазерных импульсов 50-500 кГц, при одновременном перемещении стекла относительно сфокусированного пучка по криволинейной траектории, со скоростью перемещения v в диапазоне 10-30 мкм/с, диаметром d в диапазоне 30-100 мкм, и частотой осцилляций вдоль оси, перпендикулярной направлению перемещения, в плоскости, перпендикулярной направлению падения записывающего лазерного пучка, равной 20 Гц, затем повторно воздействуют сфокусированными фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, и параметрами лазерного пучка, используемыми при записи исходных микрообластей.

В отличие от прототипа, в результате лазерного модифицирования стекла по предлагаемому способу, записанные микрообласти можно стирать и снова записывать, при этом сохраняются люминесцентные свойства с соотношением сигнал/шум более

1,5, что позволяет уверенно считывать записанные с помощью квантовых точек данные. Возможности стирания и перезаписи записанных люминесцирующих областей определяются выбранным составом стекла, кристаллизационная способность которого позволяет локально формировать и аморфизировать квантовые точки, и
 5 оптимизированным для выбранного стекла режимом лазерной обработки. Таким образом, заявляемый способ модифицирования силикатного стекла с сульфидом кадмия позволяет реализовывать многократную перезапись и хранение информации.

Достижение заявляемого технического результата подтверждается следующими примерами.

10 Пример 1: В стекле состава 3,85 CdS; 22,16 K₂O; 19,27 ZnO; 3,86 B₂O₃; 50,86 SiO₂ (мас. %) сфокусированными фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем ИК диапазоне, энергией импульсов 400 нДж, длительностью импульсов 180 фс, с частотой повторения импульсов 1000 кГц при линейной поляризации лазерного
 15 пучка, сфокусированного через объектив с числовой апертурой 0,45, формируются микрообласти диаметром 30 мкм, обладающие люминесценцией в спектральном диапазоне 430-800 нм (фиг. 2) (при возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 400-410 нм). Затем записанные микрообласти обрабатывают фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, с энергией лазерных импульсов 400 нДж, длительностью лазерных импульсов 180 фс, частотой
 20 следования лазерных импульсов 500 кГц, для фокусировки лазерного пучка применяют объектив с числовой апертурой 0,45 при одновременном перемещении стекла относительно сфокусированного пучка по криволинейной траектории (фиг. 1), которая задается скоростью перемещения (v) 30 мкм/с, диаметром (d) 100 мкм, и частотой осцилляций вдоль оси, перпендикулярной направлению перемещения, в плоскости,
 25 перпендикулярной направлению падения записывающего лазерного пучка, равной 20 Гц, что приводит к стиранию исходных микрообластей (фиг. 3). После чего в обработанной лазерным пучком области проводится повторное локальное облучение фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, и параметрами лазерного пучка, используемыми при записи исходных
 30 микрообластей, в результате чего происходит образование новых микрообластей диаметром 30 мкм, обладающих люминесценцией в спектральном диапазоне 430-800 нм (фиг. 4) (при возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 400-410 нм).

Пример 2: В стекле состава 1,96 CdS; 22,60 K₂O; 19,65 ZnO; 3,93 B₂O₃; 51,86 SiO₂ (мас. %) сфокусированными фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в
 35 ближнем ИК диапазоне, энергией импульсов 200 нДж, длительностью импульсов 300 фс, с частотой повторения импульсов 500 кГц при линейной поляризации лазерного пучка, сфокусированного через объектив с числовой апертурой 0,55, формируются микрообласти диаметром 15 мкм, обладающие люминесценцией в спектральном
 40 диапазоне 430-800 нм (при возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 400-410 нм). Затем записанные микрообласти обрабатывают фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, с энергией лазерных импульсов 200 нДж, длительностью лазерных импульсов 300 фс, частотой следования лазерных импульсов 250 кГц, для фокусировки лазерного пучка применяют
 45 объектив с числовой апертурой 0,55 при одновременном перемещении стекла относительно сфокусированного пучка по криволинейной траектории (фиг. 1), которая задается скоростью перемещения (v) 20 мкм/с, диаметром (d) 60 мкм, и частотой осцилляций вдоль оси, перпендикулярной направлению перемещения, в плоскости, перпендикулярной направлению падения записывающего лазерного пучка, равной 20

Гц, что приводит к стиранию исходных микрообластей. После чего в обработанной лазерным пучком области проводится повторное локальное облучение фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, и параметрами лазерного пучка, используемыми при записи исходных микрообластей, в результате чего происходит образование новых микрообластей диаметром 15 мкм, обладающих люминесценцией в спектральном диапазоне 430-800 нм (при возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 400-410 нм).

Пример 3: В стекле состава 0,5 CdS; 22,93 K₂O; 19,94 ZnO; 3,99 B₂O₃; 52,64 SiO₂ (мас. %) сфокусированными фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем ИК диапазоне, энергией импульсов 100 нДж, длительностью импульсов 600 фс, с частотой повторения импульсов 100 кГц при линейной поляризации лазерного пучка, сфокусированного через объектив с числовой апертурой 0,85, формируются микрообласти диаметром 5 мкм, обладающие люминесценцией в спектральном диапазоне 430-800 нм (при возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 400-410 нм). Затем записанные микрообласти обрабатывают фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, с энергией лазерных импульсов 100 нДж, длительностью лазерных импульсов 600 фс, частотой следования лазерных импульсов 50 кГц, для фокусировки лазерного пучка применяют объектив с числовой апертурой 0,85 при одновременном перемещении стекла относительно сфокусированного пучка по криволинейной траектории (фиг. 1), которая задается скоростью перемещения (v) 10 мкм/с, диаметром (d) 30 мкм, и частотой осцилляций вдоль оси, перпендикулярной направлению перемещения, в плоскости, перпендикулярной направлению падения записывающего лазерного пучка, равной 20 Гц, что приводит к стиранию исходных микрообластей. После чего в обработанной лазерным пучком области проводится повторное локальное облучение фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, и параметрами лазерного пучка, используемыми при записи исходных микрообластей, в результате чего происходит образование новых микрообластей диаметром 5 мкм, обладающих люминесценцией в спектральном диапазоне 430-800 нм (при возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 400-410 нм).

Выводы. Как видно из приведенных выше примеров, применение данного способа позволяет записывать, стирать и повторно записывать в стекле микрообласти размером 1-30 мкм, обладающие люминесценцией для реализации долговечной оптической памяти с возможностью многократной перезаписи. Предложенный способ не ограничивается применением в технологии оптической памяти и может быть использован для создания интегральных чипов, миниатюрных сенсоров на основе квантовых точек.

(57) Формула изобретения

Способ лазерного модифицирования стекла для записи информации, включающий локальное облучение стекла сфокусированными фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, а для фокусировки лазерного пучка применяют объектив с числовой апертурой 0,45-0,85, с формированием люминесцирующих микрообластей, отличающийся тем, что для облучения используют силикатное стекло состава мас. %: 0,5-4 CdS, 22-23 K₂O, 19-20 ZnO, 3-4 B₂O₃, 50-53 SiO₂, на которое воздействуют сфокусированными фемтосекундными лазерными импульсами с энергией 100-400 нДж, длительностью лазерных импульсов 180-600 фс, частотой следования лазерных импульсов 100-1000 кГц с формированием микрообластей диаметром 1-30 мкм, обладающих люминесценцией в спектральном диапазоне 430-800

нм при возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 400-410 нм, затем записанную микрообласть обрабатывают сфокусированными фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, с энергией лазерных импульсов 100-400 нДж, длительностью лазерных импульсов 180-600 фс, частотой следования лазерных импульсов 50-500 кГц, при одновременном перемещении стекла относительно сфокусированного пучка по криволинейной траектории, со скоростью перемещения v в диапазоне 10-30 мкм/с, диаметром d в диапазоне 30-100 мкм и частотой осцилляций вдоль оси, перпендикулярной направлению перемещения, в плоскости, перпендикулярной направлению падения записывающего лазерного пучка, равной 20 Гц, затем повторно воздействуют сфокусированными фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне и параметрами лазерного пучка, используемыми при записи исходных микрообластей.

15

20

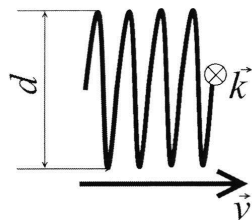
25

30

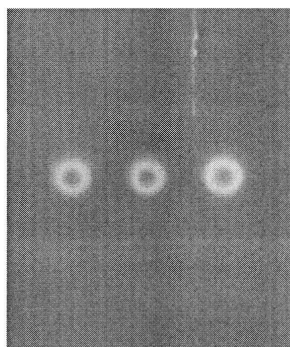
35

40

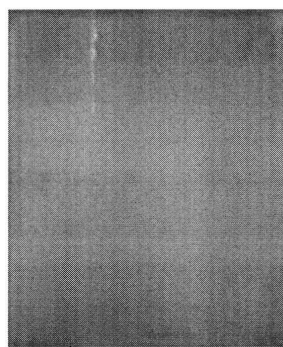
45



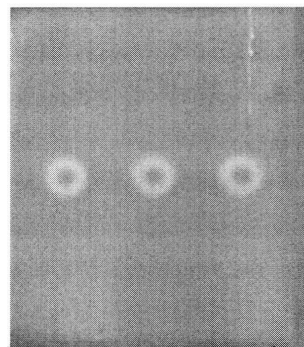
Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4