



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011146187/28, 14.11.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.11.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.11.2011

(43) Дата публикации заявки: 20.05.2013 Бюл. № 14

(45) Опубликовано: 10.09.2013 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **Лабораторный практикум по общей физике. Оптика. Сост. Карпов А.В. и др. - Дубна: Международный университет природы, общества и человека "Дубна", 2006, с.17-19. SU 1550378 A1, 15.03.1990. SU 1017978 A, 15.05.1983. SU 1345099 A1, 15.10.1987. JP 2002005631 A, 09.01.2002. KR 2009012803 U, 16.12.2009. JP 2009294079 A, 17.12.2009.**

Адрес для переписки:

620016, г.Екатеринбург, ул. Амундсена, 106,
Институт электрофизики УрО РАН,
патентная группа

(72) Автор(ы):

**Осипов Владимир Васильевич (RU),
Орлов Альберт Николаевич (RU),
Лисенков Василий Викторович (RU),
Каширин Владимир Ильич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

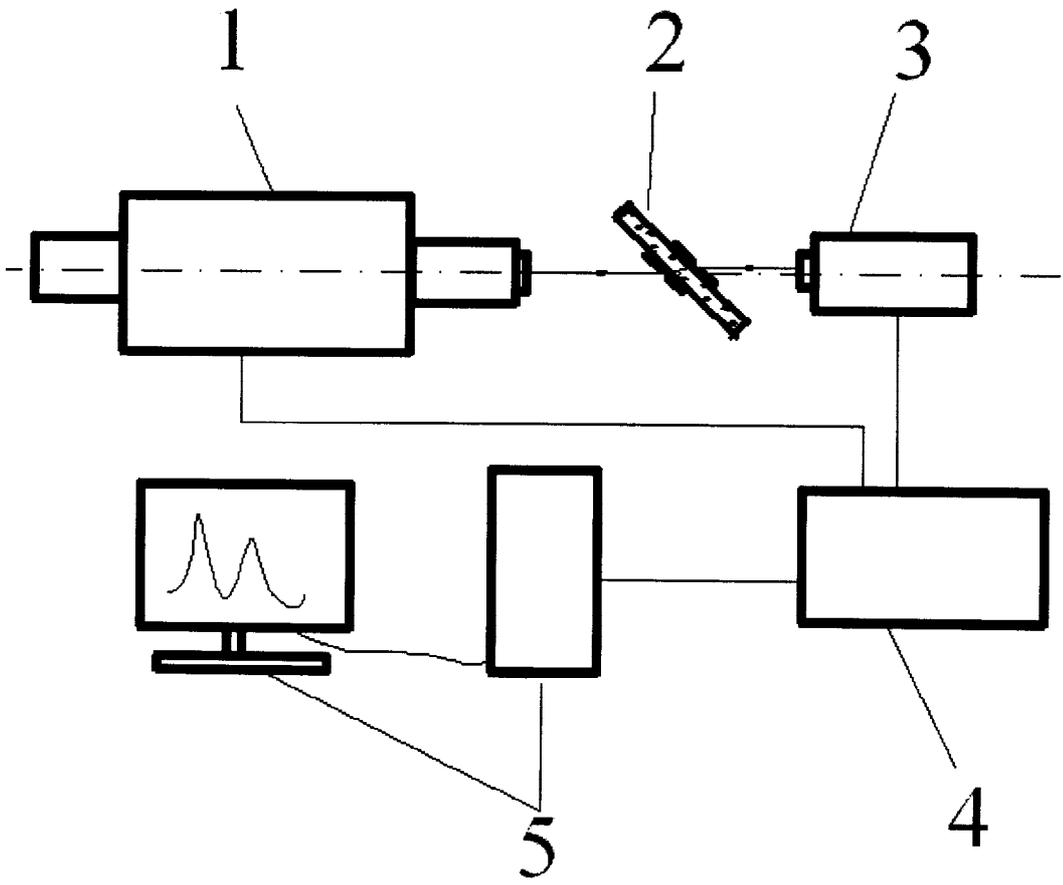
**Учреждение Российской академии наук
Институт электрофизики Уральского
отделения РАН (ИЭФ УрО РАН) (RU)**

(54) ОПТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ПРОЗРАЧНЫХ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ МАЛОЙ ТОЛЩИНЫ И НЕБОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ МЕТОДОМ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО СМЕЩЕНИЯ СВЕТОВОГО ЛУЧА

(57) Реферат:

Изобретение относится к оптике и может быть использовано для измерения показателя преломления твердых веществ. Устройство содержит источник излучения, образец в виде плоскопараллельной пластины, устройство регистрации величины смещения светового луча, а также дополнительный оптический элемент с известными показателем

преломления и геометрическими размерами, устанавливаемый с исследуемым образцом под одним и тем же углом падения поочередно в держатель образцов, либо вместе параллельно друг к другу. Изобретение позволяет повысить точность измерения показателя преломления прозрачных твердых веществ малой толщины и небольших размеров. 4 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2011146187/28, 14.11.2011**
 (24) Effective date for property rights:
14.11.2011
 Priority:
 (22) Date of filing: **14.11.2011**
 (43) Application published: **20.05.2013 Bull. 14**
 (45) Date of publication: **10.09.2013 Bull. 25**
 Mail address:
620016, g.Ekaterinburg, ul. Amundsena, 106,
Institut ehlektrofiziki UrO RAN, patentnaja gruppa

(72) Inventor(s):
Osipov Vladimir Vasil'evich (RU),
Orlov Al'bert Nikolaevich (RU),
Lisenkov Vasilij Viktorovich (RU),
Kashirin Vladimir Il'ich (RU)
 (73) Proprietor(s):
Uchrezhdenie Rossijskoj akademii nauk Institut
ehlektrofiziki Ural'skogo otdelenija RAN (IEhF
UrO RAN) (RU)

(54) OPTICAL DEVICE FOR MEASUREMENT OF INDEX OF DEFLECTION OF TRANSPARENT SOLID MATERIALS OF LIGHT GAUGE AND SMALL SIZE WITH THE METHOD OF PARALLEL DISPLACEMENT OF LIGHT BEAM

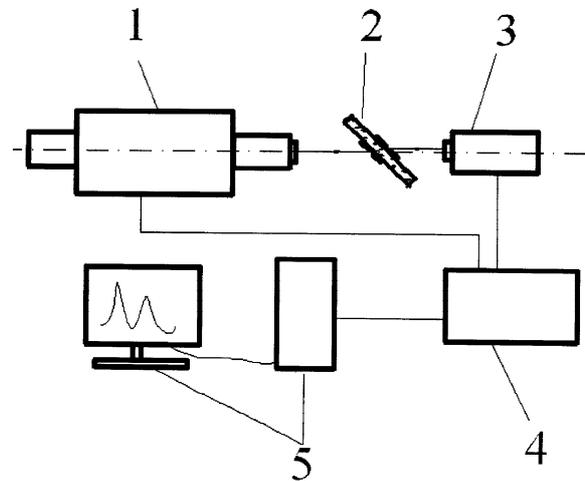
(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: device comprises a radiation source, a sample in the form of a parallel-sided plate, a device of detection of amount of displacement of the light beam, as well as an additional optical element with a known index of deflection and the geometrical dimensions, set with the test sample at the same incidence angle alternately in the sample holder, or together parallel to each other.

EFFECT: invention enables to improve the accuracy of measurement of the index of deflection of transparent solid materials of light gauge and small size.

4 dwg



Фиг.1

RU 2 492 449 C2

RU 2 492 449 C2

Изобретение относится к оптике и может быть использовано в качестве рефрактометра для измерения показателя преломления различных прозрачных и полупрозрачных твердых веществ, в частности - оптической керамики.

5 Экспериментальные образцы оптической керамики из новых наноматериалов после механической обработки обычно имеют толщину 0.5-1 мм с большими величинами показателя преломления (~ 2) и поперечными размерами 8-12 мм [Багаев С.П., Осипов В.В., Иванов М.Г., Соломонов В.И. и др. Высокопрозрачная керамика на основе $\text{Nd}^{3+}:\text{Y}_2\text{O}_3$. // Фотоника. - 2007. - №5. - с.24-29], что накладывает ограничения при выборе
10 методов измерения дисперсии.

В нашей стране и за рубежом рефрактометры для измерения показателя преломления веществ с $n \sim 2.0$ в диапазоне длин волн 200-1200 нм ввиду их специфики и ограниченного применения серийно не выпускаются. Аналогами данного изобретения является рефрактометры ИРФ-456, ИРФ-454 Б2М и DR-M4 для измерения n на
15 фиксированных длин волн.

Рефрактометр ИРФ-456, устройство и принцип действия которого описаны в работе [Иоффе Б.В. / Рефрактометрические методы химии, 3 изд., перераб., Л., Химия, 1983], предназначен для непосредственного измерения показателей преломления
20 жидких и твердых тел. Рефрактометр может быть применен в медицине, в химической, фармацевтической, пищевой отраслях промышленности и других областях. Диапазон измерения показателя преломления составляет всего 1.3-1.5.

Рефрактометр ИРФ-454 Б2М с подсветкой, производства Казанского оптико-механического завода, имеет диапазон измерения показателя преломления только
25 от 1.2 до 1.7 [<http://kazan-omz.ru/list/Laboratorye-pribory-1891/Refraktometr-laboratorye-IRF-454B2M.html>].

Для многоволновых Аббе рефрактометров DR-M4 японской фирмы ATAGO [Многоволновые Аббе рефрактометры DR-M4. / <http://www.atago.ru/stationarv/abbe.html>.
30 диапазон измерения показателя преломления значительно выше и составляет 1.5164-1.9164 ($\lambda=450\text{nm}$), 1.4700-1.8700 ($\lambda=589\text{nm}$), 1.4558-1.8557 ($\lambda=680\text{nm}$), 1.4304-1.8303 ($\lambda=1.100\text{nm}$).

Однако с помощью этих приборов невозможно определить показатели преломления веществ с $n \geq 1.83$ в ближней ИК-области и длины волн можно установить
35 только дискретно.

Хотя метод смещения луча плоскопараллельной пластиной и рассматривается наряду с другими в числе прочих методик для определения n , но к настоящему моменту описание серийных приборов и патентов для определения показателя преломления методом смещения луча от плоскопараллельной пластины нами не
40 обнаружено. Но можно отметить работу Смирновой Л.С. [Смирнова Л.А. / Способ определения показателя преломления клиновидных образцов. Патент №2032166,], где представлен аналогичный способ регистрации лучей при определении показателя преломления, но для клиновидных, толстых образцов и при перпендикулярном
45 падении луча на образец.

Прототипом настоящего изобретения является оптическое устройство, описанное в [Лабораторный практикум по общей физике. Оптика. / Сост. А.В. Карпов, Н.И. Ескин, И.С. Петрухин, под редакцией Г.Р. Лошкина. - Дубна: Международный
50 университет природы, общества и человека "Дубна", 2006. - 84 с.], где показатель преломления стеклянной пластины определяется методом смещения лазерного луча при его наклонном падении на поверхности пластин. Смещение луча фиксируется на экране. Все детали установки смонтированы на одной направляющей. Достоинством

описанного устройства является его простота и наглядность процедуры измерения. Недостатками же этой установки являются: апертура луча составляет 5-7 мм с нечеткими краями, измерение показателя преломления осуществляется на одной длине волны, отсчеты величины смещения луча на экране производится штангенциркулем или миллиметровой линейкой и измерение показателя преломления осуществляется только в видимой области. В результате, точность измерения показателя преломления составляет не более ± 0.1 .

Технической задачей заявляемого изобретения является создание оптического устройства для измерения показателя преломления прозрачных твердых веществ малой толщины (0.2-1.0 мм) и небольших поперечных размеров (5-7 мм) в диапазоне длин волн от 200 до 1200 нм при оптических плотностях больше 1.83 ($\lambda=1100$ нм) и улучшение точности измерения показателя преломления методом смещения луча от плоскопараллельной пластины до 0.005.

Поставленная задача достигается путем создания оптического устройства, которое состоит из следующих основных частей: механического устройства для формирования узкого светового пучка шириной 80-90 мкм; монохроматора, работающего в диапазоне длин волн 200-1200 нм; высокочувствительных фотоприемников для регистрации излучения в спектральном диапазоне 200-1200 нм; устройства точного позиционирования сканирующей оптической щели шириной 10-30 мкм с помощью шагового двигателя с минимальным шагом до 0.05 мкм и дополнительного прозрачного оптического элемента с известными показателем преломления и геометрическими размерами.

Отличиями настоящего изобретения от прототипа являются: использование устройства для формирования узкого измерительного светового пучка (80-90 мкм), дополнительного прозрачного оптического элемента с известными показателем преломления и геометрическими размерами для точного измерения угла падения луча на плоскопараллельную пластину, точной системы сканирования оптического сигнала с шириной щели 10-30 мкм и с шаговым двигателем минимальной величиной дискретного шага до 0.05 мкм. Для непрерывного изменения длины волны устанавливается монохроматор, работающий в диапазоне от 200 до 1200 нм и для регистрации узких световых пучков малой интенсивности применяются оптические фотоумножители высокой чувствительности в ультрафиолетовой, видимой, ближней инфракрасной областях спектра.

Эти отличия в предлагаемом оптическом устройстве позволяют измерить показатели преломления $n \geq 1.83$ (1100 нм) прозрачных твердых веществ малой толщины (0.2-1 мм), небольших размеров (5-12 мм) и в широком диапазоне длин волн (200-1200 нм).

Сущность заявляемого изобретения поясняются блок-схемой (фиг.1,) оптической схемой (фиг.2) и результатами измерений, приведенными на фиг.3 и 4. Для определения показателя преломления n образца на базе спектрального комплекса с монохроматором МДР-23 была собран комплексный прибор, блок-схема которой показана на фиг.1. Излучение лампы накаливания ОПП-33, выделенное монохроматором (1), направляется на исследуемый образец или дополнительный оптический элемент (2) под определенным углом. Далее луч преломляется исследуемым образцом и регистрируется высокочувствительными фотоумножителями (3) ФЭУ-106 и ФЭУ-62, электрические сигналы от которых поступают в блок управления и регистрации к монохроматору МДР (4). Высота луча выбирается так, что часть излучения измерительного пучка, проходя мимо

плоскопараллельной пластины, распространяется дальше без преломления и формирует опорный сигнал. Распределение интенсивности в зависимости от расстояния (фиг.3) получается при последовательном сканировании опорного и смещенного лучей с помощью узкой щели шириной 10-30 мкм, которая перемещается

5

высокоточным шаговым двигателем (на рис.1 не показан). Полученные данные обрабатываются на персональном компьютере IBM PC(5).
При наклонном падении луча под углом i происходит преломление луча (см. фиг.2), проходящего через образец, угол к нормали которой равен j . Преломленный луч, выходя из образца, вновь преломляется и принимает направление, параллельное падающему. При этом преломленный луч смещается вдоль нижней поверхности на расстояние X (см. фиг.3). Измерив смещение луча X , можно определить показатель преломления по формуле

10

15

$$n = \frac{\sin i}{\sin \left[\arctg \left(\operatorname{tg} i - \frac{X}{d} \right) \right]}$$

20

где n - показатель преломления вещества, i - угол между падающим лучом и нормалью к поверхности образца, x - смещение луча от первоначального положения, d - толщина пластины (образца).

Из формулы видно, что показатель преломления n можно вычислить экспериментально, измерив угол падения i , толщину образца d и величину смещения X . Результаты измерения приведены в виде графика на фиг.4.

25

Точность определения показателя преломления исследуемого образца сильно зависит от точности измерения угла падения i . Непосредственное нахождения угла падения является отдельной сложной задачей и требует использования точных дорогостоящих оптических механизмов типа гониометров. Поэтому для этой цели нами применен дополнительный простой оптический элемент - плоскопараллельная прозрачная пластина из стекла марки К-8 с известным показателем преломления и толщиной 0,2-1 мм. В качестве дополнительного оптического элемента можно использовать любое другое твердое прозрачное вещество с показателем преломления n больше 1,5, так как меньшее значение не обеспечивает заявленную точность при определении n . Зная показатель преломления n , толщину дополнительного оптического элемента d и величину смещения луча X при прохождении через этот образец из формулы находим угол падения i . Исследуемый образец и дополнительная прозрачная плоскопараллельная пластина устанавливаются под одним и тем же углом падения i либо поочередно в держатель образцов, либо вместе параллельно друг к другу. Во втором случае процедура измерения показателя преломления значительно упрощается.

30

35

40

Таким образом, заявляемое изобретение позволило измерить показатель преломления оптической керамики из $\text{1Nd:Y}_2\text{O}_3$ с точностью $\Delta n = \pm 0.005$. Дальнейшее усовершенствование данного оптического устройства сможет снизить погрешность определения показателя преломления твердых прозрачных веществ до ± 0.001 .

45

Заявляемое оптическое устройство может быть применено и для других целей, например для определения клиновидности плоскопараллельных пластин при известном их показателе преломления.

50

Формула изобретения

Оптическое устройство для измерения показателя преломления прозрачных твердых веществ малой толщины и небольших размеров методом параллельного

смещения светового луча, содержащее источник излучения, образец в виде плоскопараллельной пластины, систему регистрации величины смещения светового луча, отличающееся тем, что установлены источник излучения, действующий в диапазоне 200-1200 нм и высокочувствительные фотоприемники, работающие в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной областях спектра; для измерения величины смещения светового луча применена высокоточная система позиционирования сканирующей оптической щели шириной 10-30 мкм с помощью шагового двигателя с минимальным дискретным шагом перемещения 0,05 мкм; использованы устройство для формирования тонкого светового луча шириной 60-120 мкм, дополнительный прозрачный оптический элемент с известными показателем преломления и геометрическими размерами, причем установленный с исследуемым образцом под одним и тем же углом падения либо поочередно в держатель образцов, либо вместе параллельно друг к другу.

15

20

25

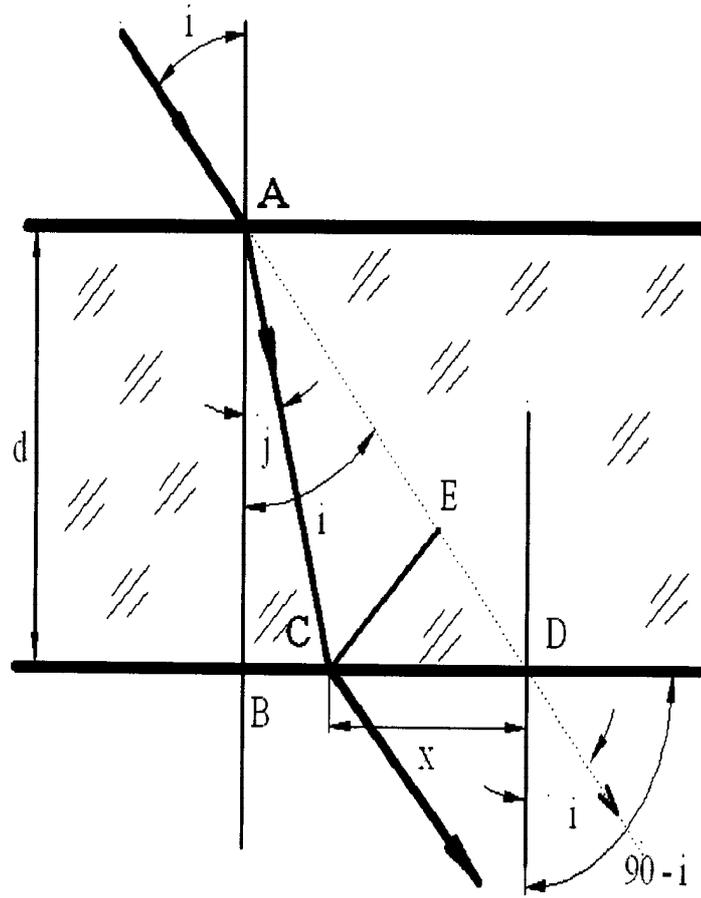
30

35

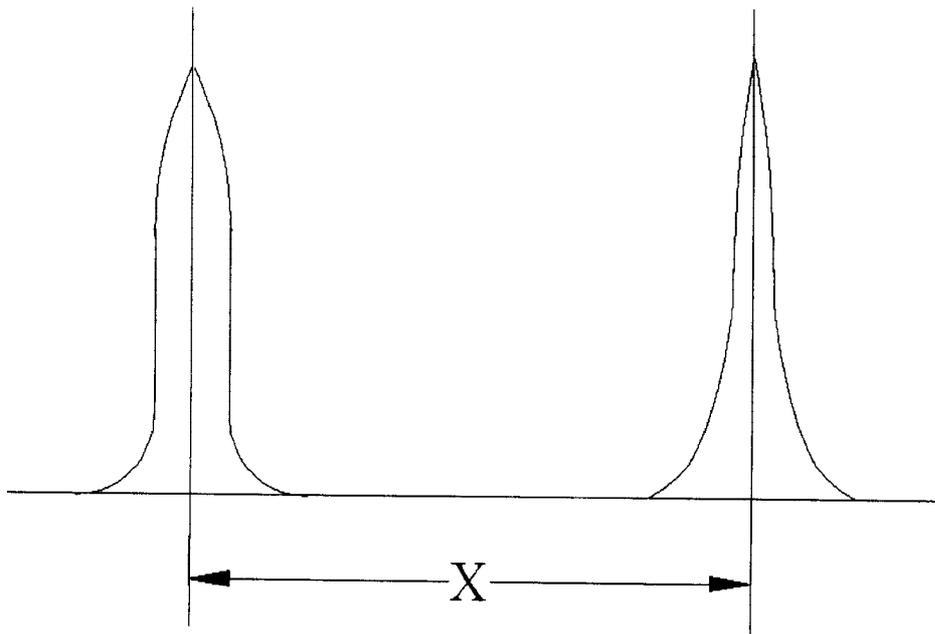
40

45

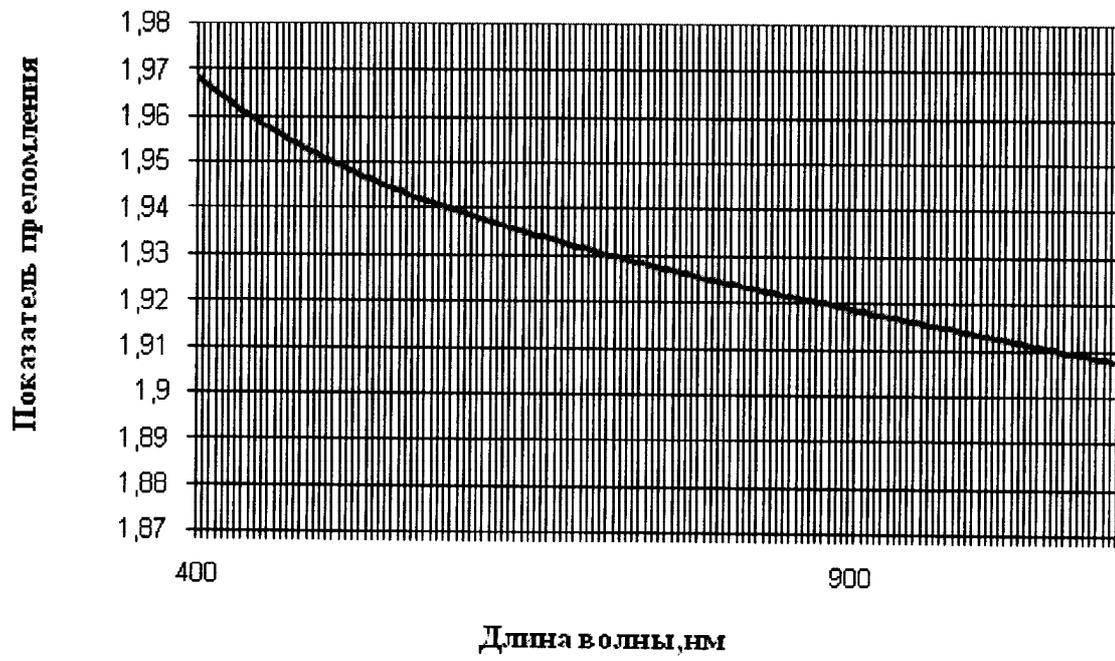
50



Фиг.2



Фиг.3



Фиг. 4