

РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

(19) BG

(11) 112583 A

(51) Int.Cl.

G 11 B 7/00 (2006.001)



ЗАЯВКА ЗА ПАТЕНТ

ЗА

ИЗОБРЕТЕНИЕ

ПАТЕНТНО ВЕДОМСТВО

(21) Заявителски № 112583 A

(22) Заявено на 19.09.2017

(24) Начало на действие
на патента от:

Приоритетни данни

(31) (32) (33)

(41) Публикувана заявка в
бюлетин № 03.2 на 2019

(45) Отпечатано на

(46) Публикувано в бюлетин №
на

(56) Информационни източници:

(62) рег. №

(71) Заявител(и):

ДЕ Фотоникс,
1632 София, кв."Овча купел",бл.30,вх.Д,
ет.3, ап.7

(72) Изобретател(и):

Георги Лалев Дянков,
Тинко Александров Ефтимов,
Валерий Стоянов Сербезов

(74) Представител по индустриална
собственост:

Иван Николов Иванов, 1164 София, ул.
"Митрополит Кирил Видински" 6-8, вх. 8,
ет. 2, офис 2

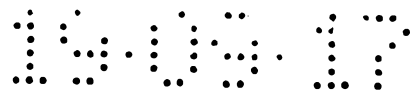
(86) № на РСТ заявка:

(87) № и дата на РСТ публикация:

(54) МНОГОФУНКЦИОНАЛЕН ОПТИЧЕН ПРОТИВОПОЖАРЕН ДЕТЕКТОР

(57) Изобретението се отнася до многофункционален оптичен противопожарен детектор. Многофункционалността се изразява в способността да се детектира едновременно и непрекъснато въглероден оксид, дим и температура. Детектирането изцяло се извършва по оптични методи, което означава, че в детектиращото устройство не е приложено електрично напрежение и не протича електричен ток. Това позволява използването на детектора във взривоопасни производствени или складови помещения, както и при наличието на други агресивни агенти. Детекторът може да бъде вграден в система за противопожарна защита на големи помещения. Това се осъществява лесно и евтино, тъй като се базира на технологични решения, използвани в оптичните комуникации. Поради своята многофункционалност детекторът е универсален и удовлетворява често противоречивите изисквания за противопожарна охрана на различни по предназначение обекти.

4 претенции, 7 фигури



Многофункционален оптичен противопожарен детектор

I. Област на техниката

Изобретението се отнася до многофункционален оптичен противопожарен детектор, който детектира едновременно и непрекъснато въглероден оксид (СО), дим и температура, като детекцията е изцяло оптическа – в детектора не се прилага електрично напрежение и не протича електричен ток. Намира приложение в пожароизвестителни системи за всички типове помещения, както и такива с взривоопасна и агресивна среда.

II. Предшестващо състояние на техниката

Изобретението цели да създаде универсален и многофункционален противопожарен датчик:

- за противопожарна охрана на обекти с разнообразно приложение;
- който едновременно и непрекъснато детектира въглероден оксид, дим и температура;
- Който е изцяло оптичен, като светлината в детектора се подвежда по оптични влакна; детектирането на СО, дим и температура е базирано на оптични принципи; в детектора няма електрично напрежение и не протича електричен ток както е при конвенционалните детектори.

Детекцията на СО е задължителна при използване на отопление на твърдо гориво, според регулациите на много страни. Вграждането на сензор за СО в противопожарния датчик е най- ефективно. Всички известни до момента датчици са електрохимични – датчикът работи при електрическо напрежение и в него протича електричен ток.

Електрическото захранване на датчика се осъществява или чрез свързване с електрическата мрежа или чрез батерия. И в двата случая тези датчици са опасни за използване във взривоопасни обекти или в обекти с агресивна химична среда, тъй като е доказано, че е възможно възникване на електрична искра, която да причини взрив.

В документ DE102011088850 B3 се съобщава за детектор на дим в противопожарна алармена система, който е изграден на принципа на разсейване на светлината на насочен лъч светлина в посока, различна от посоката му на разпространение. Недостатък на този тип сензори е възникване на фалшив сигнал – запрашване на въздуха води до същия ефект.

В документ EP0248723 A1 се съобщава за сензор за установяване критична температура в охранявано от пожар помещение. В помещението са поставени оптични влакна, чиято полимерно отразяващо покритие се разрушава при определена температура. При това, интензитета на преминалата през оптичните влакна светлина рязко намалява, което и служи за индикация на температура, причинена от пожар. Недостатък на този метод е детекцията на определена температура, която се счита за критична. Това не отговаря на съвременните изисквания към противопожарните системи, които изискват непрекъснато измерване на температурата и критерии на опасност е градиента на изменение на температурата.

В документ RU2336573 C1 се съобщава за противопожарен сензор, който алармира за възникване на дим и газове в начален етап на пожар. Сензорът се състои от два оптични канала. Единият е на дължина на вълната, която се поглъща от детектуемия газ, като за наличието му се съди по намаляване на интензитета на светлината. Другият канал е на друга дължина на вълната, като намаляване на интензитета може да се дължи единствено на наличието на дим. Недостатък на сензора е детекцията по изменение на интензитета на светлината. Това изменение може да се дължи на много фактори, несвързани с явленията, подлежащи на контрол. Това определя ниска надеждност на сензора.

В документ US4839527 се съобщава за система, която регистрира газове и дим чрез спектрален анализ, като наличието им е критерии за пожар. Регистрацията става в сензор, поставена в охраняваното помещение. Светлина с определен спектър се подвежда към сензора и се отвежда от него с оптични влакна. Възможно е да се постави и друг сензор, който да измерва температура, но не се уточнява принципа на работа. Съществените отличия от нашия детектор са в това, че измерването на дим, СО и температура става едновременно и в едно устройство. Предложеното измерване на наличие на

газове по спектъра им на поглъщане не може да се осъществи с оптични влакна, защото те имат големи загуби за онези дължини на вълните, които са информативни за газовете. Вероятно на това не е обърнато внимание към момента на подаване на заявката (1989 г.) тъй като влакнесто-оптичната оптика към онзи момент е била на начален етап на развитие. Съществено отличие на нашето изобретение е, че измервания спектрален отклик не се дължи на спектралните свойства на газа, а на резултата на взаимодействието му с разпознаващо вещество, което силно улеснява практическата реализация.

Такъв подход е разкрит в JPH1096690 (A), където се съобщава за сензор за измерване на въглероден оксид, Газът се детектира по взаимодействието му с неорганични разпознаващи елементи. Отличието от нашия детектор е, че той използва органично вещество за детектиране на CO, както че измерва едновременно и дим и температура.

Разкритият в GB2310726 (A) противопожарен сензор детектира CO на същия принцип. Отличието му от нашия детектор е, че се сензорът не е изцяло оптичен – за функционирането му е необходимо електрическо захранване.

Задачите, които решава настоящето изобретение са:

Ранното предупреждение за пожар изисква ранно детектиране на дим и на газове, отделящи се в началната фаза на пожара - при непълно горене. Тези газове са различни при различните продукти на горене, но при всички са отделя въглероден оксид CO. Едновременната им детекция позволява датчикът да е универсален - да се използва за противопожарна охрана на обекти с различно предназначение и съхраняващи различни продукти, както и да се сведе практически до нула възможността за фалшиви сигнали. Настоящото изобретение се отнася за изцяло оптичен противопожарен детектор, което позволява охраната на помещения за производство на взривни материали, складове за такива материали, военни кораби, подводници, химически производства, мини и минни производства, транспортни тунели.

III. Техническа същност на изобретението

Задачата на изобретението е да създаде универсален и многофункционален противопожарен детектор, който да детектира

едновременно и непрекъснато CO, дим и температура, като детектирането се извършва изцяло на оптични принципи.

Изброените недостатъци на предшестващото състояние на техниката се преодоляват чрез създаването на нов метод за измерване на CO и комбинирането му с известни методи за измерване на дим и температура в конструирано ново устройство, представляващо противопожарен детектор.

Новият метод за измерване на CO се основава на регистриране на взаимодействието на молекулата на CO с вещество (разпознаващо), което има силен афинитет на взаимодействие с CO. Разпознаващото вещество може да бъде Ag-YSZ (сребро със стабилизирани итрий и цирконий), калаен двуоксид или синтетичен хемоглобин. Регистрацията на взаимодействие с CO се извършва чрез повърхнинна плазмонна вълна, възбудена на повърхността на златна дифракционна решетка, на чиято повърхност е нанесено разпознаващото вещество, както е показано на фиг.1. Повърхнинната плазмонна вълна се възбужда от лъч бяла светлина, падащ под точно определен ъгъл θ (фиг.1). При този ъгъл на падане спектъра на отразената светлина има минимум при точно определена дължина на вълната (крива 1, фиг.2). Това явление се нарича плазмонен резонанс. Ъгълът на падане θ и дължината на вълната λ при която се наблюдава минимум на интензивността (т.е. при която възниква резонанс), са свързани с формулата:

$$\lambda = \frac{\Lambda}{m} \left(\left(\frac{\epsilon_m}{\epsilon_m + \epsilon_n} \right)^{1/2} - \sin(\theta) \right)$$

където Λ е константата на решетката, ϵ_m е диелектричната проницаемост на метала, а ϵ_n е диелектричната проницаемост на разпознаващото вещество. На фиг. 1 резонансната дължина на вълната (фиг.1) е: 728.0 nm. От формулата се вижда, че тя се променя при промяна на диелектричната проницаемост на разпознаващото вещество, което става при взаимодействие дори с няколко молекули CO – регистрацията на взаимодействие с плазмонен резонанс е изключително чувствителна. Крива 2 на фиг.2 показва плазмонния резонанс при взаимодействие с CO с концентрация 100 ppm (0.01%) – плазмонният резонанс е отместен с 10.4 nm. Отместването зависи единствено от концентрацията на CO. Зависимостта - спектрално отместване на плазмонния резонанс/концентрация на CO се калибрира предварително. Измерва се

спектралното отместване и оттам - концентрацията на CO. Плазмонния резонанс (т.е. спектърът на отразената от дифракционната решетка светлина) се измерва със стандартен спектрометър.

До разпознаващото вещество е осигурен свободен достъп на въздух от охраняваното помещение. Наличието на CO винаги е свързано с процес и на горене и при регистрирането му се подава сигнал за пожарна опасност.

Регистрирането на дим става по познат метод: следи се амплитудата на отразената от дифракционната решетка светлина. Амплитудата на светлината не зависи от концентрацията на CO, а единствено от наличието на димни частици във въздуха на охраняемото помещение. На фиг 2б, крива 3 е показан сигналът на плазмонния резонанс при концентрация 100 ppm и наличието на дим. Амплитудата на сигнала намалява поради поглъщането и разсейването на светлина от димните частици, но спектралното положение на резонанса се запазва. Намаляването на амплитудата на оптичния сигнал винаги е свързано с наличието на дим. При намаляване на амплитудата на сигнала с повече от 10% се подава сигнал за пожарна опасност.

Регистрирането на CO и на дим едновременно се отразява като абсолютно сигурен признак на пожар със съответната сигнализация. Комбинирането на двете регистрации позволява да се елиминират фалшиви сигнали при наличието на прах вместо дим.

Принципът на измерване на температурата се основава на температурната зависимост на ширината на забранената зона на полупроводник GaAs:

$$E_g(T) = E_g(0) - \frac{\alpha T^2}{T + \beta}$$

където E_g е ширината на забранената зона, T е температурата, а $E_g(0)$, α и β са параметри специфични за материала. За GaAs техните стойности са $E_g(0)=1.519$ eV, $\alpha=5.41 \times 10^{-4}$ eV/K, $\beta= 204$ K. От уравнението можем да се получи теоретичната зависимост на ширината на забранената зона и на дължината на вълната $\lambda(T)$, от която започва да оптичното пропускане на GaAs, от температурата.

Експериментално измерената промяна на оптичното пропускане на преминалата през полупроводникова пластина светлина е показано на Фиг. 3 – увеличението на температурата води до отместване на рамото на пропускане

към по-големите дължини на вълната. Това отместване, спрямо температура 18°C , е показано на Фиг. 4 и по него се измерва температурата на полупроводника. Той е в контакт с околната среда на охраняемото помещение и така се измерва непрекъснато температурата. Това позволява не само да се подава сигнал за пожарна опасност при достигане до определена критична температура, но и да се следи градиента на температурата с времето. При отклоняване на тази величина от обичайната за охраняваното помещение се подава предупредителен сигнал в началото на възникване на горене.

IV. Описание на приложените фигури

Фиг.1 – златна дифракционна решетка с покрие върху нея, което взаимодейства с CO;

Фиг. 2а - графика на спектралното отместване при концентрация на CO 100 ppm;

Фиг. 2в – графика на сигнала на плазмонния резонанс при концентрация 100 ppm и наличието на дим;

Фиг.3 - графика на изменението на спектъра на преминалата през полупроводник GaAs светлина с изменение на температурата;

Фиг.4 – графика на отместването на рамото на оптично пропускане с изменение на температурата, спрямо температура 18°C ;

Фиг. 5 - примерно изпълнение на многофункционалния детектор;

Фиг.6 – друго изпълнение на многофункционалния детектор;

Фиг.7 - друго изпълнение на многофункционалния детектор;

V. Примерно изпълнение

Детекторът се състои от три модула:

Модул 1: доставя светлинния сигнал до другите два модула, които работят със светлинен сигнал в различни спектрални диапазони. Ролята на модул 1 е да насочи и раздели спектрално светлината към съответните модули, като след това обедини светлинните сигнали и ги изпрати към спектрометъра. Модул 1 включва лещи, дихроични огледала и обикновени огледала.

Модул 2, измерва концентрацията на CO и наличие на дим, като работи

със светлинен сигнал със спектър 700-800 nm. Модулът включва златна дифракционна решетка, покрита с разпознаващо вещество, което взаимодейства с СО (Фиг.1). Разпознаващото вещество е органично, нанесено е така, че слойът не е плътен, а наноструктуриран - на „островчета“ с големина от 70 nm до 120 nm, като средната дебелина е между 270 nm и 320 nm. При тези параметри веществото има максимална активност на взаимодействие с СО, което обезпечава висока чувствителност и точност на измерване. На повърхността на златната решетка се възбужда повърхнинна плазмонна вълна когато светлината пада под точно определен ъгъл $\theta=38.4^\circ$ върху нея, който се настройва от наклона на дихроичните огледала спрямо дифракционната решетка. Дифракционната решетка е с период $\Lambda=1.52 \mu\text{m}$ и дълбочина на браздите 120 nm. В отсъствие на СО плазмонния резонанс се наблюдава при $\lambda=728.0 \text{ nm}$. Спектралното положение на повърхнинния плазмонен резонанс се мени при взаимодействие на разпознаващото вещество с СО. При концентрация на СО от 100 ppm плазмонния резонанс възниква при 717.6 nm (Фиг. 2а). При възникване на дим интензитетът на светлината намалява, но спектралното положение на плазмонния резонанс се запазва – Фиг.2б.

Модул 3 измерва температурата и работи със светлинен сигнал със спектър 880-920 nm. Модулът включва пластинка GaAs с дебелина между 200 и 300 μm , поставена перпендикулярно на падащия лъч.

Едно примерно изпълнение на многофункционалния детектор е показано на фиг. 5. Светлината, чийто спектър е в диапазона 700-800 nm и 880 – 920 nm достига до детектора по оптично влакно (1) стандарт 62.5/125 μm или 105/125 μm . Колиматорът (2) представлява леща (или система от лещи), която формира оптичен сноп, а след преминаване през модули 2 и 3 го фокусира светлината в оптично влакно (1). Дихроичното огледало (30) отклонява половината от оптичния сноп и само светлината в спектралната област 700-800 nm към модул 2. Дихроичното огледало (30) е поставено под точно определен ъгъл за да възбуди повърхнинна плазмонна вълна в златната дифракционна решетка (4), на която е поставено разпознаващото вещество (5). Дихроичното огледало (31) приема отразената от дифракционната решетка (4) светлина и я насочва за фокусиране в оптичното влакно (1). В другата половина на оптичния сноп е поставена пластината GaAs (6), която пропуска част от спектъра в диапазона 880-920 nm в зависимост от температурата си. Преминалата

светлина се фокусира в оптичното влакно (1).

Преминалата през модулите 2 и 3 светлина се предава по оптичното влакно до спектрометър, който измерва отместването на плазмонния резонанс в спектралния диапазон 700-800 nm и спектъра в спектралния диапазон 880-920 nm. По първото се измерва концентрацията на CO, а по второто – температурата. Като допълнителна функция спектрометърът измерва интензивността на сигнала в спектралната област 700-800 nm и следи измененията във времето. При намаляване на интензивността се алармира за наличието на дим.

На Фиг. 6 и Фиг. 7 са представени други възможни изпълнения на многофункционалния детектор. Основната разлика с показаното на Фиг. 5 е, че се използва едно оптично влакно за подвеждане на светлината към детектора и за приемане на светлината след преминаването ѝ през модул 2 и 3 на детектора. Функцията на отделните елементи е същата, както на фиг. 5. Оптичните влакна 1 подвеждат светлина в спектралните диапазони 700-800 nm и 880-920 nm и приемат светлинния сигнал след преминаването му през модул 2 и модул 3 на детектора. Колимирацият модул 2 формира успореден сноп светлина за преминаването му през модули 2 и 3, както и фокусира светлината в оптичните влакна след преминаването ѝ през модули 2 и 3. На фиг. 6 дихроичното огледало 30 отклонява половината от оптичния сноп със спектър 700-800 nm към дифракционната решетка 4 с разпознаващо вещество върху нея 5 за да възбуди плазмонен резонанс. Отразената от решетката светлина се отразява обратно от огледалото 7 и се фокусира в оптичното влакно 1. В другата половина на оптичния лъч е поставена пластинката GaAs (галиев арсенид) 6 на задната страна на която е поставено огледало 8. Преминалата светлина през пластината, със спектър, зависещ от температурата ѝ, но в диапазона 880-920 nm, се отразява от огледалото, преминава пак през пластината и се фокусира в оптичното влакно 1. На фиг. 7 дихроичното огледало 30 е поставено в целия оптичен сноп, като пропуска светлината в диапазона 700-800 nm към модул 2 - дифракционната решетка 4 (с поставеното върху нея разпознаващо вещество 5), която е поставена под необходимия ъгъл, за да се възбуди повърхнинен плазмонен резонанс. Огледалото 7 отразява светлината, отразена от решетката, връща я назад и тя се фокусира обратно в оптичното влакно 1. Дихроичното огледало 30 отразява светлината в

19.09.17

спектралния диапазон 880-920 nm към модул 3 - пластината GaAs 76 на задната страна на която има огледало 8. Ходът на лъчите в модул 3 е същия както в модул 3 на фиг. 6.

ПРЕТЕНЦИИ

1. Многофункционален оптичен противопожарен детектор, характеризиращ се с това, че се състои от модул за колимиране, формиране и настройване на оптичен сноп със спектър в диапазона 700-800 nm и 880-920 nm като светлината достига по оптично влакно (1) и модул 2 за измерване на концентрацията на СО и модул 3 за измерване на температурата, като в модул 2 спектърът е в диапазона 700-800 nm, формиран след отклоняване на половината от оптичния сноп от поставеното под определен ъгъл дихроично огледало (30) към златна дифракционна решетка (4), където е възбудена повърхнинна плазмонна вълна, проникваща в поставено върху дифракционната решетка биологично активно разпознаващо вещество (5) взаимодействащо с СО а отразената от дифракционната решетка (4) светлина е насочена от дихроично огледало (31) към колиматор (2), който я фокусира в оптичното влакно (1) и се предава до спектрометър, измерващ отместването на плазмонния резонанс в спектралния диапазон 700-800 nm, на модул 3 за измерване на температурата попада другата половина от оптичния сноп със спектър в диапазона 700-800 nm и 880-920 nm, пластината GaAs (6), пропуска част от спектъра в диапазона 880 - 920 nm в зависимост от температурата си, снопът с този спектър насочен към колиматора (2), който я фокусира в оптичното влакно (1) и светлината се предава до спектрометър, измерващ спектъра в спектралния диапазон 880-920 nm, като едновременно с това се измерва и интензитета на светлината в спектралния диапазон 700-800 nm, като при намаляването на интензитета се интерпретира като причинено от дим, при което се сигнализира.

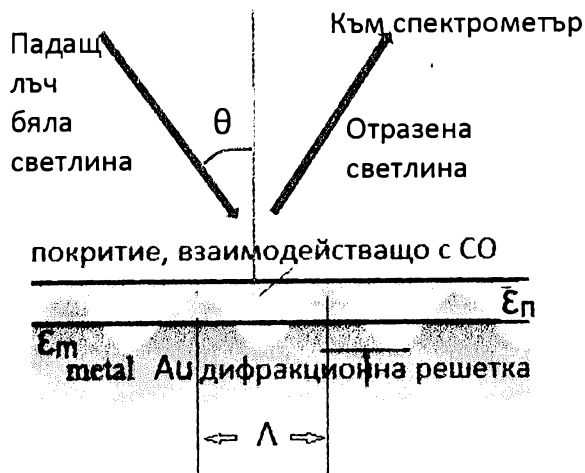
2. Многофункционален оптичен противопожарен детектор, съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че е използвано едно оптично влакно (1), като е използван колиматор (2), който формира успореден сноп светлина със спектър диапазона 700-800 nm и 880-920 nm, половината от снопа и в спектралния диапазон 700-800 nm се отклонява от дихроичното огледало (30), преминаваща през модула 2 за измерване на концентрацията на СО и отразяваната от дифракционната решетка (4) светлина се връща по обратния път от огледалото (7), а другата половина от успоредния сноп светлина преминава през модула 3 за измерване на температурата, състоящ се от пластина GaAs (6), която пропуска част от спектъра в диапазона 880-900 nm

като се връща от огледалото (8) и се фокусира в оптичното влакно (1) и се предават до спектрометъра.

3. Многофункционален оптичен противопожарен детектор, съгласно претенция 1, характеризира се с това, че е използвано едно оптично влакно (1), като е използван колиматор (2), който формира успореден сноп светлина със спектър в диапазона 700-800 nm и 880-920 nm, дихроично огледало (30), което е поставено в целия оптичен сноп, като пропуска светлина в диапазона 700-800 nm, попадаща на модула за измерване на концентрацията на CO, като дифракционната решетка (4) е поставена така, че падащата светлина възбужда повърхнинен плазмонен резонанс, а отразената от решетката светлина се отразява по обратния път от огледало (7) и се фокусира във влакно (1) а отразената от дихроичното огледало (30) светлина в диапазона 880-920 nm се насочва към модула 3 за измерване на температурата, преминава през него и се отразява се от огледалото (8), връща се по обратния път и се фокусира в оптичното влакно (1) като двата снопа в спектрални диапазони 700 – 800 nm и 880-900 nm се предават до спектрометъра. .

4. Многофункционален оптичен противопожарен детектор, съгласно претенция 1, характеризира се с това, че разпознаващото вещество отложено върху дифракционната решетка (4) може да бъде органично биологично активно вещество, отложено така, че да бъде наноструктурирано, т.е. на „островчета“ с големина от 70 nm до 120 nm, като средната дебелина е между 270 nm и 320 nm при което се обезпечава висока чувствителност и точност на измерване на CO.

19.09.17



Фиг. 1

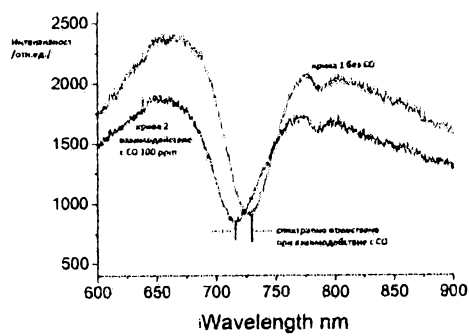


Fig 2a

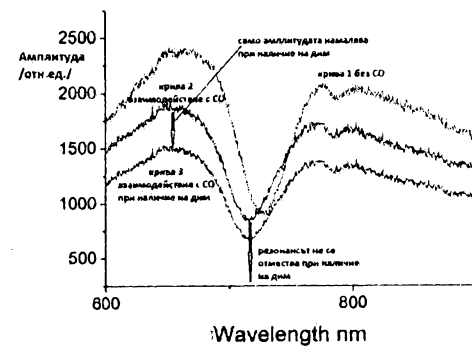
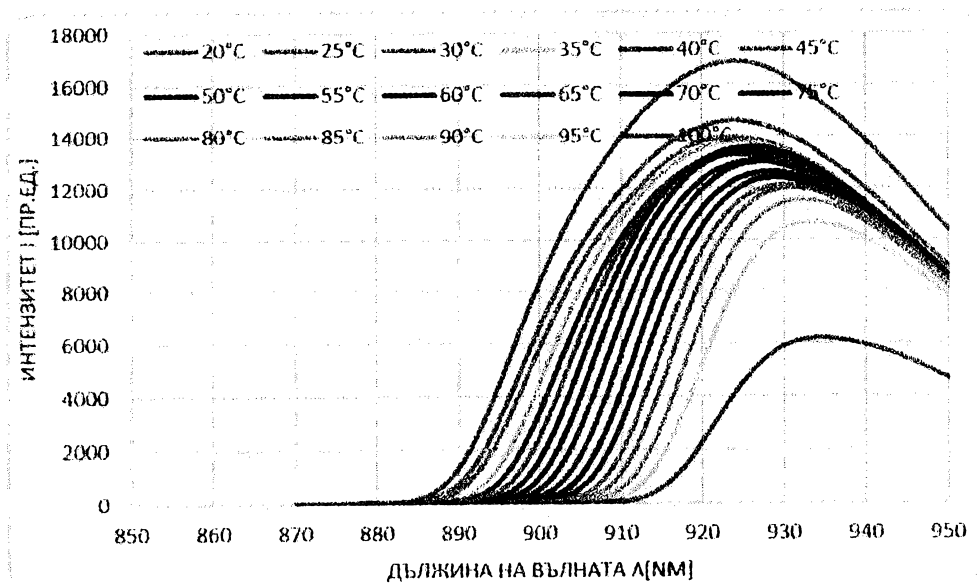
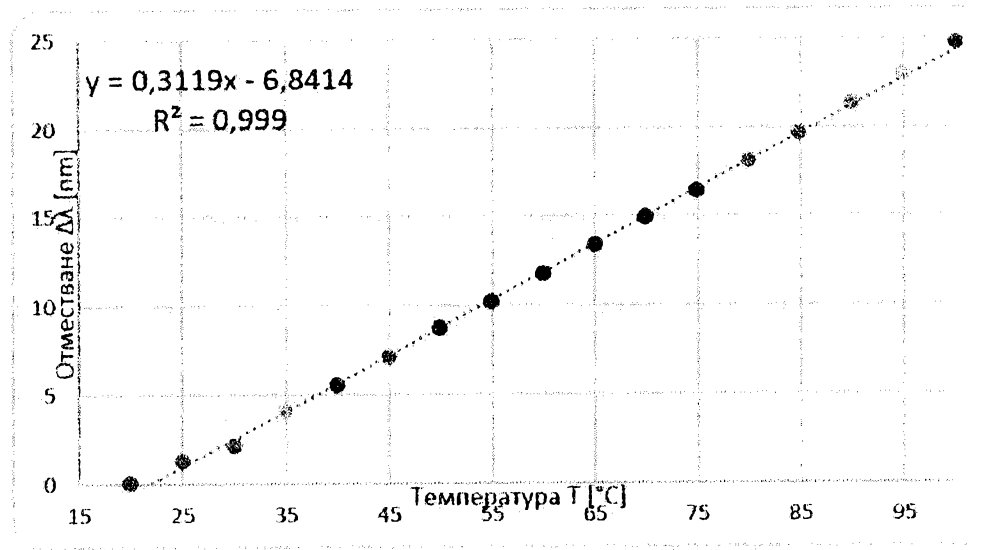


Fig2b

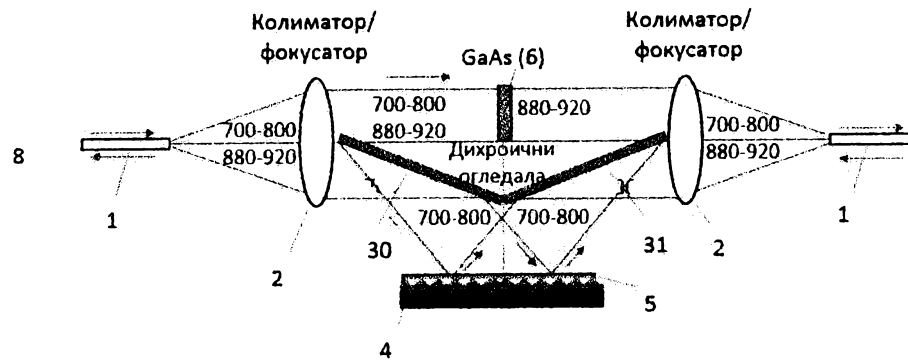


19.09.17

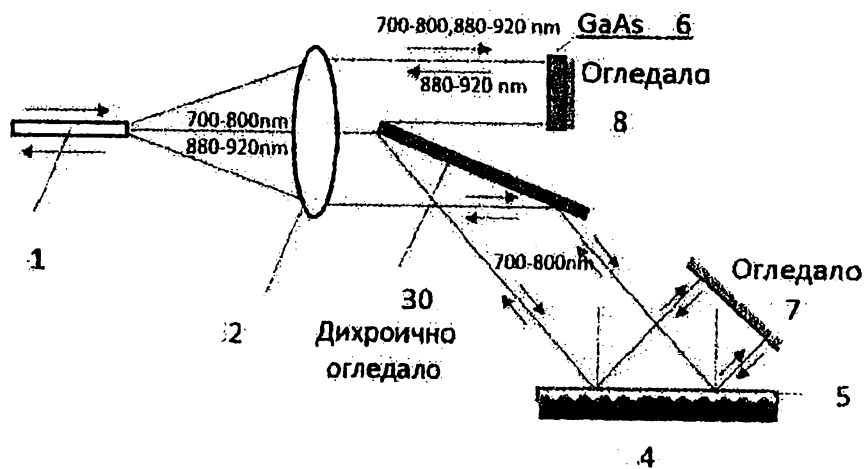
Фиг. 3



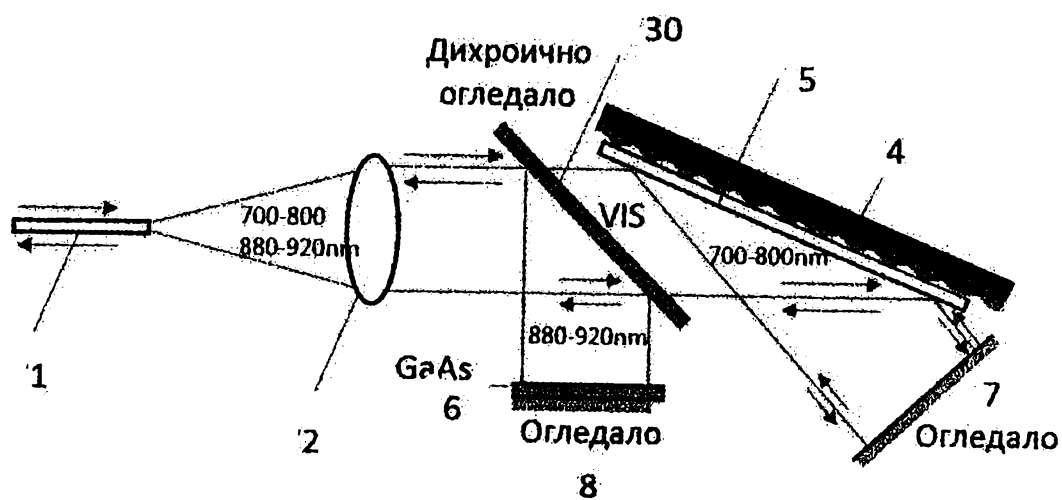
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7