



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004108841/28, 26.03.2004

(24) Дата начала действия патента: 26.03.2004

(45) Опубликовано: 20.12.2005 Бюл. № 35

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2191453 C2, 20.10.2002. RU 2168249 C1, 27.05.2001. US 6097740 A, 01.08.2000. US 2002167984 A1, 14.11.2002. WO 02075876 A2, 26.09.2002.

Адрес для переписки:

141980, Московская обл., г. Дубна, ул.
 Понтекорво, 20, кв.44, В.Н. Самойлову

(72) Автор(ы):

Займидорога О.А. (RU),
 Проценко И.Е. (RU),
 Самойлов В.Н. (RU)

(73) Патентообладатель(ли):

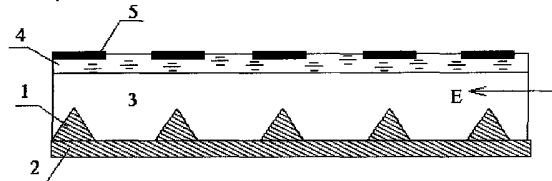
Займидорога Олег Антонович (RU),
 Проценко Игорь Евгеньевич (RU),
 Самойлов Валентин Николаевич (RU)

(54) НАНОУСИЛИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области оптики, в частности к системам усиления когерентного электромагнитного излучения (ЭМИ). Технический результат изобретения: увеличение коэффициента усиления для малых и больших интенсивностей усиливаемых полей. Сущность: в известный усилитель на квантовых (активных) точках дополнительно помещены металлические, например серебряные, наночастицы, имеющие частоту плазменного резонанса, близкую к частоте

перехода указанных активных частиц на уровень инверсной заселенности. 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2004108841/28, 26.03.2004

(24) Effective date for property rights: 26.03.2004

(45) Date of publication: 20.12.2005 Bull. 35

Mail address:

141980, Moskovskaja obl., g. Dubna, ul.
Pontekorvo, 20, kv.44, V.N. Samojlovu

(72) Inventor(s):

Zajmidoroga O.A. (RU),
Protsenko I.E. (RU),
Samojlov V.N. (RU)

(73) Proprietor(s):

Zajmidoroga Oleg Antonovich (RU),
Protsenko Igor' Evgen'evich (RU),
Samojlov Valentin Nikolaevich (RU)

(54) **ELECTROMAGNETIC RADIATION NANOAMPLIFIER**

(57) Abstract:

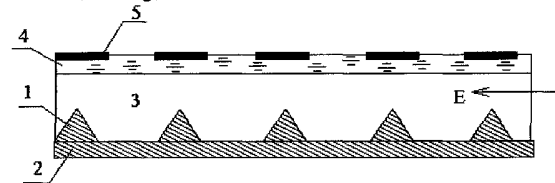
FIELD: optics; coherent electromagnetic radiation systems.

SUBSTANCE: novelty is that metal, such as silver, nanoparticles whose plasma resonance frequency is close to frequency of transfer of mentioned active particles to inverted population level are additionally placed in prior-art amplifier on quantum (active) points.

EFFECT: enhanced gain for low and high

strengths of fields being amplified.

1 cl, 2 dwg, 1 ex



Фиг. 1

RU 2 266 596 C1

RU 2 266 596 C1

Изобретение относится к области оптики, в частности к системам усиления когерентного электромагнитного излучения (ЭМИ), и может быть использовано, в частности, для получения мощных когерентных полей ЭМИ, а также для предварительного усиления слабых сигналов ЭМИ с целью их детектирования. Известен твердотельный усилитель когерентного ЭМИ на неодимовом стекле [1]. Недостатками указанного усилителя являются его малый коэффициент усиления, что, в частности, ограничивает спектральный диапазон усиления, насыщение усиления при сравнительно больших мощностях усиливаемого поля ЭМИ и его относительно большие размеры.

Известен также лазерный усилитель когерентного ЭМИ на квантовых точках, включающий полупроводниковое основание, матрицу-носитель с активными частицами, в которых возможна инверсная заселенность энергетических уровней, и электропроводящий слой [2], выбранный в качестве прототипа данного изобретения. Недостатками указанного усилителя также являются его малый коэффициент усиления и насыщение усиления при сравнительно больших мощностях усиливаемого поля ЭМИ.

Целью данного изобретения является устранение указанных недостатков и существенное увеличение коэффициента усиления как для малых, так и для больших (насыщающих) интенсивностей усиливаемых полей ЭМИ.

Указанная цель достигается в предлагаемом наноусилителе электромагнитного излучения за счет того, что в известном усилителе, состоящем из полупроводникового основания, матрицы-носителя с активными частицами, в которых возможна инверсная заселенность энергетических уровней, и электропроводящего слоя, в указанную матрицу-носитель дополнительно помещены металлические, например серебряные, наночастицы, имеющие частоту плазменного резонанса, близкую к частоте перехода указанных активных частиц на уровень инверсной заселенности, так, что указанные активные частицы и наночастицы образуют пары, в которых расстояние между указанными активными частицами и наночастицами меньше или порядка длины волны электромагнитного излучения, для усиления которого предназначен предлагаемый усилитель.

Сущность заявляемого изобретения изложена в нижеследующем описании.

На фиг.1 представлено схематическое изображение предлагаемого наноусилителя ЭМИ, где:

- 1 - квантовые точки (активные частицы),
- 2 - полупроводниковое, например n-типа, основание,
- 3 - матрица-носитель,
- 4 - слой электропроводящего полимера,
- 5 - наночастицы металла, например серебра.

На фиг.2 представлена зависимость нормированного коэффициента усиления к предлагаемого наноусилителя от величины отношения $I/I_{\text{сат.}}$, где I - интенсивность падающего излучения, $I_{\text{сат.}}$ - интенсивность падающего излучения, при которой происходит насыщение в кривой зависимости коэффициента усиления от интенсивности падающего излучения для усилителя ЭМИ без наночастиц. (За единицу принят коэффициент усиления усилителя ЭМИ без наночастиц при нулевой интенсивности падающего излучения). Цифрами на поле фиг.2 обозначены указанные зависимости для расстояний между квантовыми точками и наночастицами в указанных парах: (сплошные линии) 1 - 9 нм, 2 - 10 нм, 3 - 11 нм. Пунктирная кривая - указанная зависимость для усилителя без наночастиц.

Усиление электромагнитного излучения в предлагаемом наноусилителе ЭМИ происходит следующим образом:

Электромагнитное излучение E , падающее на указанный наноусилитель с наночастицами металла (в частности - серебра) (см. Фиг.1), вызывают колебания свободных электронов указанных наночастиц. Поскольку возбуждение указанных колебаний имеет резонансный характер на частоте плазменного резонанса, определяемой природой материала, формой и размерами указанных наночастиц и природой материала указанной матрицы-носителя, а указанная частота выбрана близкой к частоте перехода

указанных активных частиц на уровень инверсной заселенности, то указанные колебания поддерживаются за счет энергии накачки, поступающей в активные частицы через ближнее поле от внешнего источника через электрическое поле, приложенное между указанным полупроводниковым основанием и указанным электропроводящим слоем. Поскольку

5 поляризуемость металлической наночастицы много больше поляризуемости активной частицы (за счет большого числа свободных электронов в указанной наночастице), то коэффициент усиления среды, состоящей из помещенных в указанную матрицу указанных пар (наночастица-активная частица), оказывается, соответственно, больше коэффициента

10 усиления среды, состоящей из помещенных в указанную матрицу только активных частиц. Поляризуемость указанной пары вычисляется с учетом их взаимодействия через ближнее поле и с учетом насыщения перехода активной частицы на инверсный уровень. Вычисления показывают, что указанная поляризуемость возрастает по сравнению с

15 поляризуемостью активной частицы за счет вклада от наночастицы и за счет энергии ближнего поля, которая возрастает при уменьшении расстояния между частицами в указанной паре. Последнее ограничивается снизу полусуммой характерных размеров частиц в паре. При этом насыщения усиления не происходит, поскольку не происходит насыщения линейной поляризуемости металлических наночастиц, входящих в указанную пару.

Результаты вычислений представлены на фиг.2 для различных расстояний между

20 частицами в паре. Как видно, коэффициент усиления при наличии наночастиц для слабых усиленных полей ЭМИ возрастает в несколько раз по сравнению со случаем без наночастиц и остается конечным для сильных (насыщающих) полей.

Пример реализации предлагаемого наноусилителя:

На полированном кремниевом основании (2) (см. фиг.1) известным методом создается

25 ультратонкий слой полупроводниковой структуры на основе арсенида галлия. На поверхности указанного слоя производится литографическое формирование структуры с боковым ограничением для создания элементов с геометрией квантовых точек (1) диаметром 30 нм, которые периодически распределены с шагом 70 нм. Такая структура получается с помощью электронно-лучевой литографии и жидкофазного травления. Затем

30 на полученную структуру наносится слой (3) полупроводника n-типа (кремния) заданной толщины. На этот слой напыляются заранее изготовленные наночастицы металла (серебра) (5). Далее поверхность слоя указанного полупроводника n-типа зарощивается электропроводящим полимером (4). После этого между указанным основанием (2) и слоем полимера (4) прикладывается напряжение, достаточное для обеспечения порогового тока

35 накачки. Усиление ЭМИ наблюдается в тех местах, где расстояние между квантовыми (активными) точками и напыленными наночастицами достаточно мало, так что выполняются пороговые условия. Эти места фиксируются и затем вырезаются из созданной таким образом структуры. На поверхности вырезанных фрагментов наносятся электрические контакты. Каждый полученный по такой технологии фрагмент является

40 наноусилителем электромагнитного излучения частоты, близкой к плазменной частоте примененных при изготовлении металлических наночастиц. Затем из наноусилителей составляется активная усиливающая среда с заданной концентрацией наноусилителей, например, помещая ее в проводящий полимер, на поверхность которого наносятся электрические контакты.

45 Литература:

1. "Справочник по лазерам" пер. с англ. Под ред. А.М.Прохорова, т.1, Москва, 1978, гл.11-15.
2. D.Bimderg, M.Grundma, N.N.Ledtntsov, "Quantum Dot Heterostructures", Wiley, Chichester, 1999.

50

Формула изобретения

Наноусилитель электромагнитного излучения, состоящий из полупроводникового основания, матрицы-носителя с активными частицами, в которых возможна инверсная

заселенность энергетических уровней, и электропроводящего слоя, отличающийся тем, что в указанную матрицу-носитель дополнительно помещены металлические, например серебряные, наночастицы, имеющие частоту плазменного резонанса, близкую к частоте перехода указанных активных частиц на уровень инверсной заселенности так, что

5 указанные активные частицы и наночастицы образуют пары, в которых расстояние между указанными активными частицами и наночастицами меньше или порядка длины волны электромагнитного излучения, для усиления которого предназначен предлагаемый усилитель.

10

15

20

25

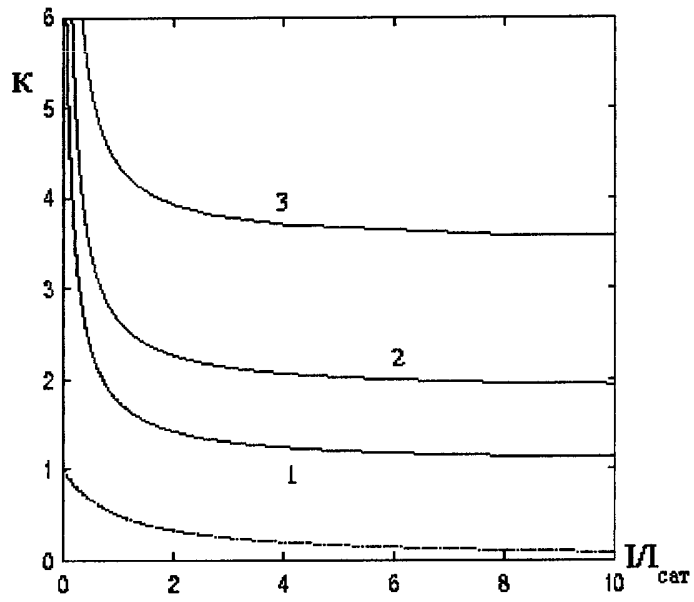
30

35

40

45

50



Фиг. 2