



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 062 543** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК⁶ **H 01 S 3/18**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 5009219/25, 01.07.1991

(46) Дата публикации: 20.06.1996

(56) Ссылки: Патент США N 4547956, кл. H 01 S 3/19, 1985. Патент Японии N 60-130184, кл. H 01 S 3/19, 1986. Патент США N 4577321, кл. H 01 S 3/19, 1986.

(71) Заявитель:

Институт физики им.Б.И. Степанова АН
Беларуси (BY)

(72) Изобретатель: Кононенко Валерий

Константинович[BY],
Ломашевич Святослав Александрович[RU]

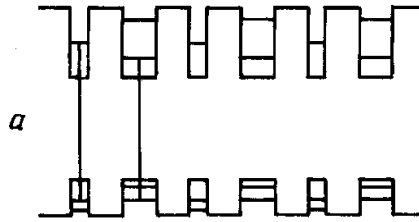
(73) Патентообладатель:

Институт физики им.Б.И. Степанова АН
Беларуси (BY)

(54) ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ СВЕТА

(57) Реферат:

Использование: изобретение относится к области полупроводниковой квантовой электроники и может быть использовано при создании устройств передачи, переключения и усиления сигналов в оптических линиях связи, а также для разработки элементов вычислительной техники. Сущность изобретения: полупроводниковый усилитель света состоит из гетероструктуры с



2 0 6 2 5 4 3 C 1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 062 543** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.⁶ **H 01 S 3/18**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 5009219/25, 01.07.1991

(46) Date of publication: 20.06.1996

(71) Applicant:
Institut fiziki im.B.I. Stepanova AN Belarusi (BY)

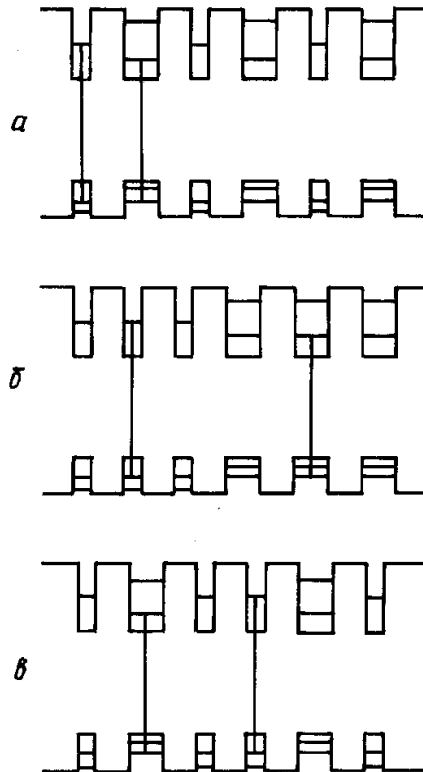
(72) Inventor: Kononenko Valerij
Konstantinovich[BY],
Lomashevich Svjatoslav Aleksandrovich[RU]

(73) Proprietor:
Institut fiziki im.B.I. Stepanova AN Belarusi (BY)

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT INTENSIFIER

(57) Abstract:

FIELD: semiconductor quantum electronics; optical communication lines, computer engineering. SUBSTANCE: semiconductor light intensifier has heterostructure with quantum-dimensional layers. Heterostructure is set of quantum-dimensional layers of variable thickness alternating or grouped arbitrarily. Intensifier has common electrode for applying bias voltage. EFFECT: enlarged functional capabilities. 4 dwg



Фиг.1

RU 2 062 543 C1

RU 2 062 543 C1

Изобретение относится к области полупроводниковой электроники и может быть использовано при создании устройств передачи, переключения и усиления сигналов в оптических линиях связи, а также для разработки элементов вычислительной техники.

Известно лазерное устройство с излучением нескольких длин волн, содержащее активные слои разного состава (патент США, N 4547956, кл. H 01 S 3/19, 1985). Однако это устройство изготавливается сложным способом, его характеристики трудно воспроизводимы, оно обладает невысокой надежностью.

Известна также полупроводниковая лазерная линейка с активным слоем, сформированным на подложке, имеющей канавки с разной толщиной и глубиной для изменения длины волны излучения (патент Японии N60-130184, 1986). Недостатком этого устройства является малое изменение длины волны излучения, его характеристики нестабильны.

Общим недостатком указанных аналогов служит то, что излучающие и усиливающие сигнал рабочие области устройств отделены друг от друга, возбуждаются изолированно и действуют независимо. Это затрудняет стабильную работу устройств и усложняет управление их характеристиками.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому эффекту к изобретению является устройство на основе гетероструктуры с квантоворазмерными слоями (патент США N 4577321, кл. H 01 S 3/19, 1986). В данном устройстве имеется набор активных областей, состоящих из квантоворазмерных слоев. Толщины слоев в разных областях отличаются, они подбираются так, чтобы сдвиг по длине волны излучения соседних областей составлял порядка $\frac{1}{2} \lambda$.

Однако это устройство не обеспечивает надежной работы, так как рабочие области устройства отделены друг от друга, они изолированы один от другого как электрически, так и оптически, возбуждаются с помощью разных электродов и действуют независимо. Изготовление такого интегрального устройства затруднено. Кроме того, чтобы получить общий сдвиг по длине волны излучения, например до $100 \frac{1}{\lambda}$,

необходимо иметь устройство с набором из 20 элементов. При этом устройство содержит 20 изолированных элементов для возбуждения, а ввод и вывод оптического сигнала осуществляются с помощью большого числа волоконных световодов. В процессе работы устройства его характеристики улучшаются, причем в разных активных областях скорость деградации будет разной. Поэтому условия реализации заданного усиления света на разных частотах в процессе работы устройства изменяются. Это усложняет управление и контроль режима работы устройства, приводит к погрешностям и искажениям светового сигнала.

Технический результат изобретения повышение надежности при усилении светового сигнала на двух частотах.

Этот результат достигается за счет того, что в полупроводниковом усилителе света на основе гетероструктуры с

квантоворазмерными слоями гетероструктура выполнена в виде набора квантоворазмерных слоев переменной толщины, чередующихся или сгруппированных произвольным образом, и содержит единый электрод для подачи напряжения смещения. Квантоворазмерные слои разной толщины относятся к одной гетероструктуре и связаны между собой электрически, так как для их возбуждения используют один электрод, а также оптически, так как они образуют общий оптический волновод для электромагнитных волн разных частот. В результате при заданном уровне возбуждения оптический сигнал на двух частотах усиливается в одинаковых условиях, что повышает надежность работы лазерного усилителя света.

Сущность изобретения поясняется чертежами. На фиг. 1 показана зонная схема полупроводникового усилителя на основе гетероструктуры с квантоворазмерными слоями переменной толщины, а активные слои разной толщины сгруппированы, в активные слои расположены симметрично, стрелками показаны оптические переходы между уровнями подзон в квантовых ямах. На фиг. 2 показаны энергии квантов усиливаемого излучения $h\nu_{ni}$ для переходов между уровнями подзон электронов, тяжелых или легких дырок (i h или l) с квантовым номером n 1, 2, 3. при толщине активного слоя d 50, 100, 150 и 200 Å. Цифры

показывают номер n, штрихи относятся к переходам с участием легких дырок. На фиг. 3 показано изменение максимального коэффициента усиления k_o с уровнем возбуждения ΔF для прямых переходов, d 50 (1) и 100 Å (2). Штриховой кривой показано изменение k_o для переходов II.

На фиг. 4 зависимость $K_o(\Delta F)$ для переходов без правила отбора, d 50 (1) и 100 Å (2). Максимум усиления соответствует переходам 1'1'.

Устройство содержит кванторазмерные слои переменной толщины. Например, активные слои GaAs имеют толщину $d_1 = 50 \text{ Å}$ и $d_2 = 100 \text{ Å}$, барьерные слои Al_{0,3}Ga_{0,7}As имеют толщину порядка 100 Å (фиг. 1). Если оптические переходы

совершаются с сохранением волнового вектора электрона (прямые переходы), то частоты максимального усиления ν_o совпадают с частотой начальных переходов ν_{ni} . Значения $h\nu_{ni}$ представлены на фиг. 2. С изменением толщины квантоворазмерных слоев GaAs от 50 до 200 Å происходит значительный сдвиг частот ν_{ni} , а набор частот усиления ν_o расширяется.

Расчеты зависимости максимального коэффициента усиления k_o (параметр нормировки $k_o \cdot 3,16 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$) от уровня возбуждения структуры в случае прямых переходов предусмотрены на фиг. 3 для двух толщин активных слоев $d_1 = 50 \text{ Å}$ и $d_2 = 100 \text{ Å}$.

Уровень возбуждения определяется разностью квазиуровней Ферми ΔF , которая

прямо связана с напряжением смещения на структуре: $eU \approx \Delta F$. При некотором напряжении на структуре, когда $\Delta F E_g \approx 144$ мэВ, усиление в активных слоях разной толщины будет одинаковым: $k_0 \approx 2,8 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$, но на разных частотах. В слое толщиной $d_1 50 \text{ \AA}$ усиление происходит на частоте, удовлетворяющей условию $h\nu_0 E_g \approx 97$ мэВ, а в слое с $d_2 100 \text{ \AA}$ выполняется $h\nu_0 E_g \approx 51$ мэВ. Таким образом, сдвиг по энергии достигает 46 мэВ, а по длине волны порядка 250 \AA . При расчетах полагалось, что ширина запрещенной зоны $E_g 1,424$ эВ при 300 К.

Если при оптических переходах волновой вектор электрона не сохраняется (переходы без правила отбора), то усиление одновременно на двух далекоотстоящих частотах происходит при $\Delta F E_g \approx 152$ мэВ. При этом в слое толщиной $d_1 50 \text{ \AA}$ имеем $h\nu_0 E_g \approx 129$ мэВ, а в слое с $d_2 100 \text{ \AA}$ выполняется $h\nu_0 E_g \approx 97$ мэВ.

Значение $k_0 \approx 3,6 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$. Разница энергий квантов составляет 32 мэВ, что соответствует сдвигу по длине волны 170 \AA .

Устройство обеспечивает одновременно усиление светового сигнала на двух частотах с высокой надежностью. Это обусловлено тем, что активные слои переменной толщины совмещены с одной гетероструктуре, возбуждаются одновременно, напряжение смещения на всех слоях одинаковое. Это достигается тем, что содержит единый электрод для подачи напряжения смещения, а активные области не изолированы друг от друга ни электрически, ни оптически. В результате световые сигналы на двух разных частотах усиливаются одинаково. Так как слои тонкие, то для ввода и вывода световых сигналов на разных частотах используют один и тот же общий канал, например одно оптическое волокно на входе и одно оптическое волокно на выходе усилителя.

Если в процессе работы усилителя его энергетические характеристики ухудшаются в результате деградации, то оптический сигнал легко восстанавливают путем изменения напряжения на общем электроде. При этом искажения оптического сигнала на разных частотах устраняются одновременно.

Регулируя напряжение на структуре, можно управлять частотными каналами

усиления. Например, если уровень возбуждения усилителя $\Delta F E_g$ соответствует величине порядка 0,1 эВ, то, как показано на фиг. 3, усиление происходит только на длине волны $\lambda_2 \approx 0,84$ мкм. Когда $\Delta F E_g$ достигает 0,2 эВ, то усиление происходит в основном на длине волны $\lambda_1 \approx 0,82$ мкм. При этом достаточно большой сдвиг по длине волны усиливаемых сигналов (порядка 250 \AA)

достигают в усилителе, содержащем одну гетероструктуру, а не набор гетероструктур, как в прототипе.

Гетероструктура выполнена в виде набора нескольких активных слоев переменной толщины. Это обеспечивает высокую эффективность усилителя света, так как повышается степень локализации электромагнитной волны в рабочей области усилителя. При этом активные слои чередуют (фиг.1а) или группируют произвольным образом (фиг.1б, в).

Например, в случае симметричного расположения активных слоев толщиной 50 и 100 \AA , как показано на фиг.1в, степень

локализации электромагнитной волны в рабочей области усилителя на основе системы GaAs AlGaAs удается повысить почти в семь раз по сравнению с усилителем, содержащим только два активных слоя разной толщины. При этом фактор локализации света в активной области изменяется от $9,9 \cdot 10^{-3}$ до $6,9 \cdot 10^{-2}$.

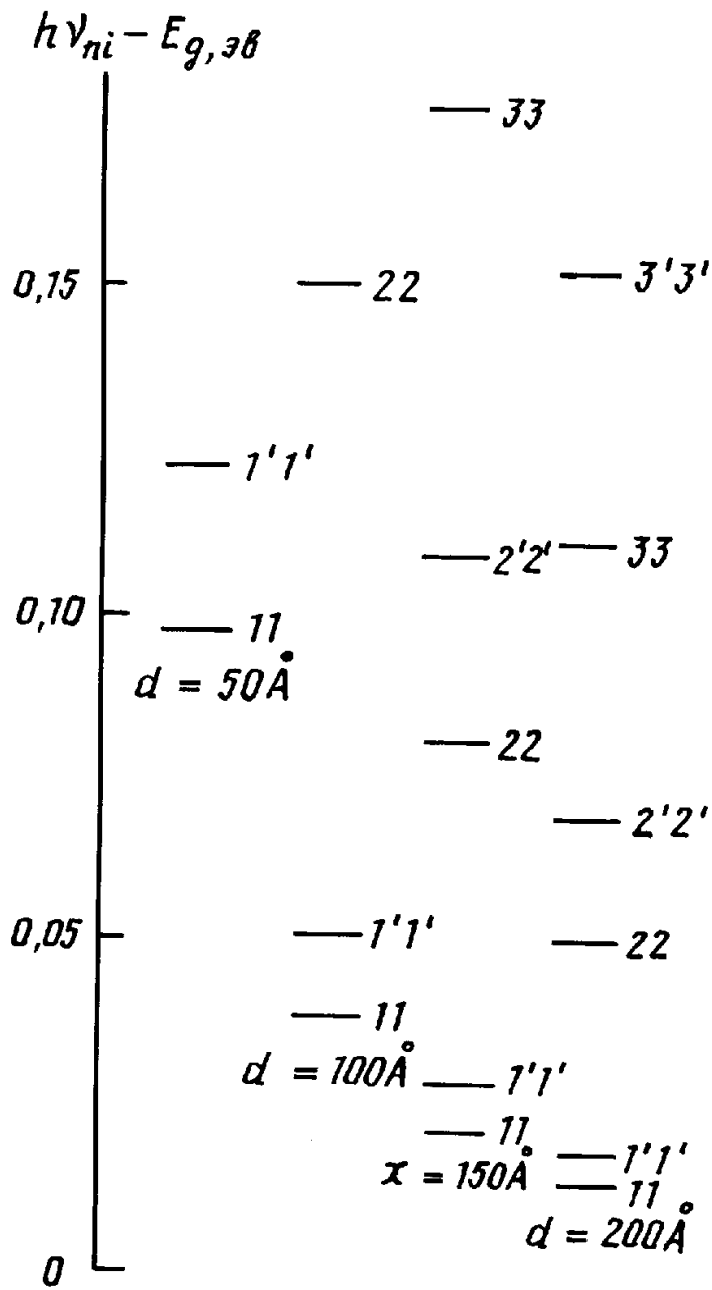
При совмещении в одной гетероструктуре слоев, например, трех разных толщин реализуют усиление светового сигнала одновременно на трех и более частотах.

Усилители на длинноволновую область спектра создают на основе GaInAsP. Предложенное устройство изготавливают методом молекулярно-лучевой эпитаксии или МОС-гидридной технологии. ЫЫЫ2

Формула изобретения:

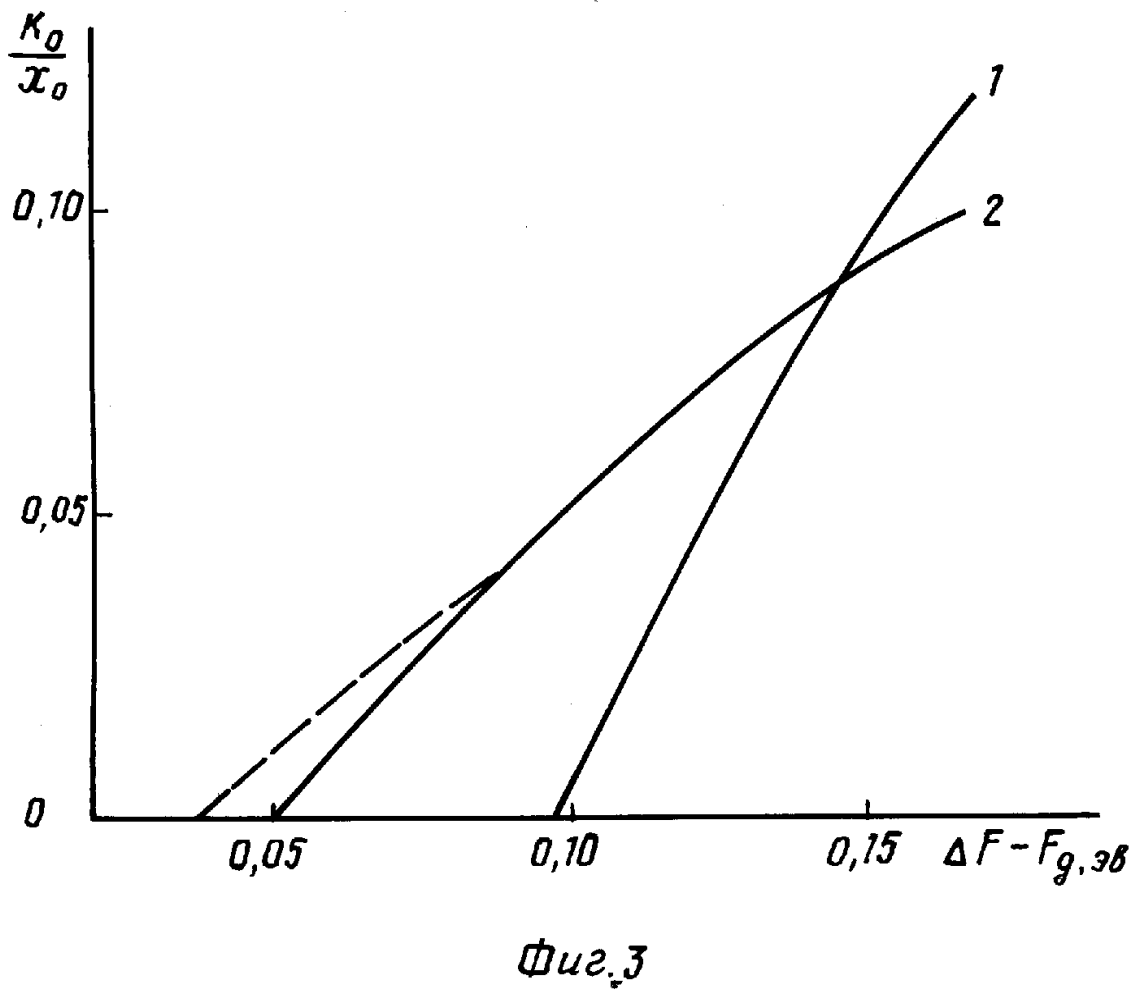
Полупроводниковый усилитель света на основе гетероструктуры с квантово-размерными слоями разной толщины, размещенными между парами электродов для подачи напряжения смещения, отличающийся тем, что гетероструктура выполнена в виде набора чередующихся или сгруппированных произвольным образом квантово-размерных слоев разной толщины, образующих общий оптический волновод и имеющих единые электроды для подачи напряжения смещения.

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60

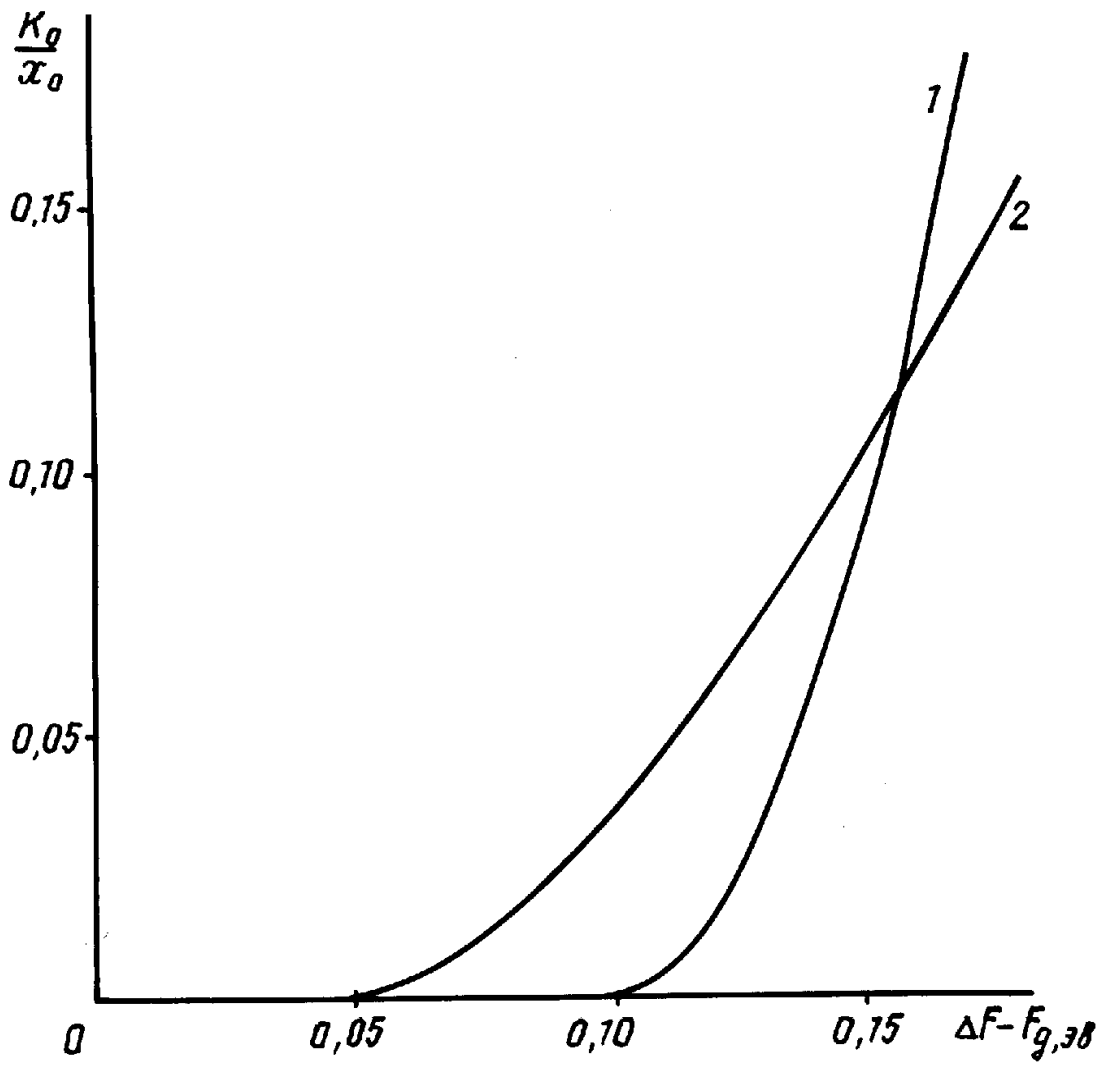


Фиг. 2

RU 2062543 C1



RU 2062543 C1



Фиг. 4

RU 2062543 C1

RU 2062543 C1