



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) **KZ** (13) **B** (11) **34410**

(51) *H01S 3/00* (2006.01)

H01S 5/00 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2018/0840.1

(22) 14.11.2018

(45) 19.06.2020, бюл. №24

(72) Кумеков Серик Ешмухамбетович; Саитова Надира Курванжановна

(73) Некоммерческое акционерное общество "Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева"

(56) RU 2093939 C1, 20.10.1997

<https://bigenc.ru/physics/tex/2131674#>, Лазер на квантовых точках, 10.02.2017

Газовые лазеры, Мак-Даниель И., Нигэна У., Москва МИР, 1986

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СВЯЗАННО-СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЕРЕХОДАХ**

(57) Изобретение относится к лазерной технике, а именно, к источникам эксимерного лазерного

излучения, работающим в ультрафиолетовой и видимой областях спектра.

Расширение возможностей для получения лазерного излучения видимого диапазона на свободно-связанных переходах решается за счет того, что в качестве активной среды используются углеродные квантовые точки (УКТ), имеющие непрерывный видимый спектральный диапазон фотолюминесценции при возбуждении квантами света ультрафиолетового диапазона.

Использование предлагаемого способа получения лазерного излучения на связанно-свободных электронных переходах в УКТ обеспечивает следующие преимущества: создание режима генерации лазерного излучения видимого диапазона, перестраивание параметров лазера.

(19) KZ (13) B (11) 34410

Изобретение относится к лазерной технике, а именно, к источникам эксимерного лазерного излучения, работающим в ультрафиолетовой и видимой областях спектра.

Известен способ [Елецкий А.В., Смирнов Б.М. "Физические процессы в газовых лазерах" Москва, Энергоатомиздат, 1985, 152 с.] получения лазерного излучения на связанно-свободных электронных переходах молекул инертного газа и молекул галогенидов инертного газа, который основан на возбуждении инертного газа или смесей инертного газа с галогенсодержащими молекулами электрическим разрядом или пучками электронов.

Недостатком указанного способа является генерация лазерного излучения только ультрафиолетового диапазона.

Техническая задача, на решение которой направлено изобретение, является расширение возможностей для получения лазерного излучения видимого диапазона на свободно-связанных переходах.

Расширение возможностей для получения лазерного излучения видимого диапазона на связанно-свободных переходах решается за счет того, что в качестве активной среды используются углеродные квантовые точки (УКТ), а возбуждение осуществляется квантами света ультрафиолетового диапазона.

Использование предлагаемого способа получения лазерного излучения на связанно-свободных электронных переходах в УКТ обеспечивает следующие преимущества: создание режима генерации лазерного излучения видимого диапазона, перестраивание параметров лазера.

Способ осуществляется следующим образом: в качестве активной среды используют УКТ, размещенные в конденсированном прозрачном для видимого света веществе, а накачка среды производится светом ультрафиолетового диапазона. На фигуре 1 спектры фотолюминесценции (ФЛ) в УКТ расположены с возрастанием длины волны возбуждения с интервалом 15 нм, начиная с 350 нм. Приведенная зависимость спектров фотолюминесценции УКТ от энергии кванта возбуждения показывает, что УКТ может быть основой для конструирования перестраиваемых лазеров видимого диапазона.

Важным обстоятельством является то, что спектр фотолюминесценции углеродных квантовых точек зависит от размеров УКТ и энергии кванта возбуждения. Интенсивность излучательных переходов в УКТ на связанно-свободных электронных переходах рассчитывается по формуле:

$$\sigma_{PD} = \frac{\pi^2 c^2 \hbar^3}{(\hbar\omega)^2 2\Delta\tau_{sp}} \quad (1)$$

здесь c - скорость света, $\hbar\omega$ - квант энергии излучения, Δ - эффективная ширина полосы излучения, τ_{sp} - обратная вероятность спонтанных переходов (время жизни возбужденного состояния

по отношению к спонтанным переходам). Оценка сечения при $\hbar\omega = 2.5$ эВ, $\Delta = 0.5$ эВ, $\tau_{sp} = 10^{-8}$ с дает $\sigma_{PD} = 10^{-17}$ см².

Эффективная ширина полосы излучения Δ зависит от энергии кванта (длины волны) возбуждения (см. фиг.1) и размеров УКТ (см. фиг.2).

На фигуре 2 показана зависимость ширины диффузного спектра

$$\Delta / \left[\frac{dE_1}{dR} \left(\frac{\hbar}{\mu\omega_0} \right)^{1/2} \right]$$

$$d_{CQD} / d_{6C} \frac{\mu}{\mu_{6C}}$$

ФЛ УКТ от размеров графенового кластера в относительных единицах. Здесь d_{6C} и μ_{6C} размер и масса углеродного секстета соответственно. Ширина спектра ФЛ может достигать величины 0,5 - 1 эВ. Фигура 2 демонстрирует возможность выбора полосы усиления лазерного излучения подбором размеров УКТ.

Зависимостями фигур 1 и 2 определяется возможность перестраивания режимов работы лазера путем выбора энергии кванта возбуждения и размеров УКТ.

Коэффициент поглощения (усиления) света равен

$$K = \sigma_{PD} N_{exc} \quad (2)$$

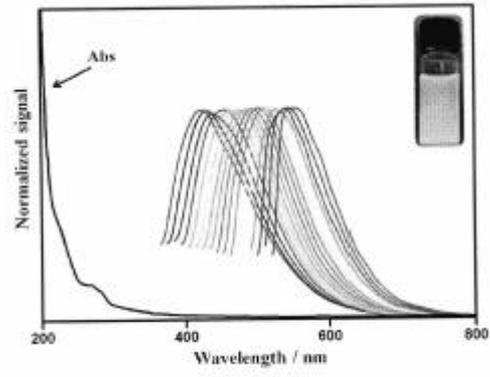
где N_{exc} - количество эксимеров в единице объема. Концентрация эксимерных центров в УКТ существенно больше, чем в инертных и галогенсодержащих газах, являющихся активной средой в газовых лазерах. По этой причине пороговые мощности накачки для генерации лазерного излучения в УКТ будут меньше, чем в газовых эксимерных лазерах.

Использование предлагаемого способа получения лазерного излучения на связанно-свободных электронных переходах в УКТ обеспечивает следующие преимущества:

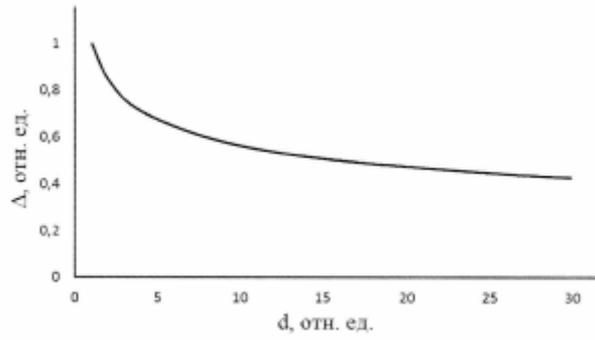
создание режима генерации лазерного излучения видимого диапазона, возможность перестраивания параметров лазера.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ получения лазерного излучения на связанно-свободных электронных переходах, основанный на создании активной среды и ее возбуждения, *отличающийся* тем, что активной средой являются углеродные квантовые точки в конденсированном прозрачном материале, а возбуждение производится квантами света ультрафиолетового диапазона.



Фигура 1



Фигура 2.