



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 169 977** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **H 01 S 5/24**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 99117691/28, 16.08.1999

(24) Дата начала действия патента: 16.08.1999

(46) Дата публикации: 27.06.2001

(56) Ссылки: US 5099910 A, 31.03.1992. US
4881237A, 14.11.1989. WO 98/03996,
29.01.1998. RU 2117371 C1, 08.10.1998.

(98) Адрес для переписки:
117942, Москва, ул. Вавилова, 38, Институт
Общей Физики РАН, патентный отдел, Вагину
Б.С.

(71) Заявитель:
ЗАО "Энергомаштехника"

(72) Изобретатель: Аполлонов В.В.,
Державин С.И., Кузьминов В.В., Машковский
Д.А., Прохоров А.М., Тимошкин
В.Н., Филоненко В.А.

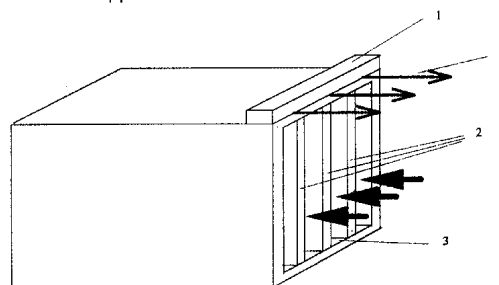
(73) Патентообладатель:
ЗАО "Энергомаштехника"

(54) ТЕПЛООБМЕННИК ДЛЯ МОЩНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ

(57)

Изобретение относится к области систем охлаждения мощных полупроводниковых лазеров. Устройство предназначено для жесткого крепления с целью охлаждения активного слоя лазерных линеек, решеток лазерных диодов и т.п. Теплообменник состоит из сдвоенной решетки прямых щелевых микроканалов и теплоотводящей пластины, изготовленной из высокотеплопроводного материала, закрывающей сдвоенную решетку прямых щелевых микроканалов. Дополнительно введена решетка прямых щелевых микроканалов теплоотводящая, соединенная с теплоотводящей пластиной, ориентированная перпендикулярно сдвоенной решетке прямых щелевых микроканалов, имеющая открытые снизу микроканалы, непосредственно сообщающиеся с микроканалами сдвоенной

гидравлической решетки, обеспечивающей подвод и отвод охлаждающей жидкости к верхней теплоотводящей решетке. Такая конструкция значительно интенсифицирует теплоотдачу стенка-жидкость и увеличивает равномерность теплоотвода по сечению устройства благодаря наличию турбулентного потока жидкости. 5 ил.



Фиг.1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 169 977** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **H 01 S 5/24**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 99117691/28, 16.08.1999

(24) Effective date for property rights: 16.08.1999

(46) Date of publication: 27.06.2001

(98) Mail address:
117942, Moskva, ul. Vavilova, 38, Institut
Obshchej Fiziki RAN, patentnyj otdel, Vaginu B.S.

(71) Applicant:
ZAO "Ehnergomashtekhnika"

(72) Inventor: Apollonov V.V.,
Derzhavin S.I., Kuz'minov V.V., Mashkovskij
D.A., Prokhorov A.M., Timoshkin
V.N., Filonenko V.A.

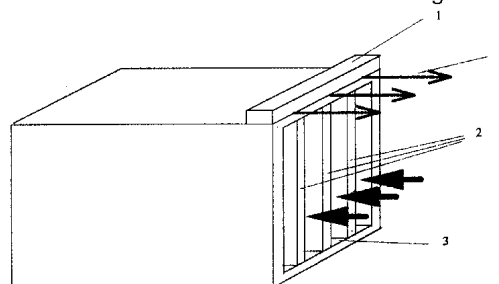
(73) Proprietor:
ZAO "Ehnergomashtekhnika"

(54) **HEAT-TRANSFER APPARATUS FOR HIGH-POWER SEMICONDUCTOR LASERS**

(57) Abstract:

FIELD: cooling systems for high-power lasers. SUBSTANCE: apparatus is designed for rigid fixation to cool down active layer of laser strips, laser diode arrays, etc. It has twin array of straight slit-type micro channels and heat-transfer plate made of high-heat-conductivity material that covers mentioned array. Newly introduced in apparatus is heat-transfer array of straight slit-type micro channels joined to heat-transfer plate and positioned perpendicular to twin array of straight strip-like micro channels whose micro channels are open at bottom and communicate with those of twin hydraulic array ensuring

coolant supply to and discharge from upper heat-transfer array. EFFECT: augmented wall-to-liquid heat transfer, improved uniformity of heat transfer through device section due to turbulent coolant flow. 5 dwg



Фиг.1

RU 2 169 977 C2

RU 2 169 977 C2

Изобретение относится к области полупроводниковых лазеров.

Заявляемое устройство предназначено для жесткого крепления и охлаждения активного слоя полупроводниковых лазерных линеек и решеток лазерных диодов. Также оно может использоваться для охлаждения планарных полупроводниковых элементов и произвольных тепловыделяющих устройств.

Вследствие сильной зависимости характеристик излучения, надежности и срока функционирования полупроводниковых лазеров от температуры теплообменник является обязательным элементом их конструкции [1]. Для получения высоких значений мощности излучения в непрерывном режиме необходимо использовать микроканальные теплообменники из высокотеплопроводных материалов [2, 3].

Характерным примером конструкции такого теплообменника может служить устройство для охлаждения линеек лазерных диодов, описанное в [4] (см. фиг. 1). Оно представляет собой корпус в форме прямоугольного параллелепипеда, заполненный решеткой прямых щелевых каналов, ориентированных по нормали к продольной оси линейки, которая закреплена на верхней грани корпуса у самого края, что необходимо для вывода излучения. Прокачка охлаждающей жидкости осуществлена по направлению оси каналов. Подобный теплообменник обеспечивает достаточно высокую степень однородности охлаждения линейки и имеет небольшое гидравлическое сопротивление вследствие ламинарного режима течения в каналах. Кроме того, он прост и технологичен в изготовлении. Однако интенсивность теплоотвода, обеспечиваемая подобным устройством, сильно ограничена вследствие формирования в участках каналов под местом крепления линейки области застоя жидкости, в которой ее скорость много меньше, чем в основной части потока. В случае использования такого теплообменника для решеток лазерных диодов невозможно обеспечить равномерность их охлаждения из-за нагрева потока жидкости вдоль оси каналов.

Чтобы устранить эти недостатки, в конструкции микроканального теплообменника, предложенной в [5] (см. фиг. 2), использована двоякая решетка каналов, которая образована двумя вложенными друг в друга одинаковыми решетками прямых каналов. Решетки не сообщаются между собой и охлаждающая жидкость прокачивается через них во встречных направлениях таким образом, что направление потока в каналах попеременно чередуется. Благодаря тому что каждое из ребер теплообменника с разных сторон омывается потоками противоположного направления, удается сильно сгладить неоднородность охлаждения вдоль оси каналов. Жидкость подводится и отводится через систему отверстий 1 и 2, расположенных на краях теплообменника. Благодаря этому зоны застоя, которые образуются на конечных участках каналов, вынесены на периферию охлаждаемой поверхности.

Из известных аналогов описанная конструкция по своему техническому содержанию является наиболее близкой к заявляемому устройству и выбрана в качестве

прототипа, при этом следует отметить следующие ее недостатки. Несмотря на компенсирующее действие противоположных потоков, неоднородность нагрева сохраняется. Она должна увеличиваться с удлинением каналов, что определяет некоторый предельный размер охлаждаемой поверхности. В случае прибора с одной линейкой лазерных диодов этот теплообменник не имеет никаких преимуществ по сравнению с аналогом с однонаправленным потоком [4]. Так же, как и в случае последнего, достижение высоких плотностей отводимых тепловых потоков возможно только при использовании турбулентного режима протекания охлаждающей жидкости в каналах, что требует обеспечения высокого расхода жидкости или гидравлического напора, а потому усложняет эксплуатацию устройства.

Технической задачей изобретения является обеспечение высокой плотности и однородности теплового потока, отводимого теплообменником от активной области мощных полупроводниковых лазеров, при учете требований эксплуатационной надежности устройства, технологичности и возможной автоматизации его производства. Для ее решения предлагается использование новой конфигурации микроканалов теплообменника, которая обуславливает турбулентную структуру потока жидкости в области, непосредственно примыкающей к нагреваемой поверхности, т.е. месту крепления лазера.

Основной элемент конструкции заявляемого устройства представлен на фиг. 3. Так же, как и прототип, оно содержит сдвоенную решетку прямых щелевых каналов 1, ориентированных по нормали к охлаждаемой поверхности 3. Выход каналов решетки 1 соединен с открытыми снизу каналами решетки 2, ребра которой соединены с охлаждаемой поверхностью 3. Оси каналов решеток 1 (далее - гидравлической) и 2 (далее - теплоотводящей) перпендикулярны. Гидравлическая решетка соединена с каналами подачи и стока охлаждающей жидкости.

На фиг. 4 приведен чертеж варианта устройства, в котором использованы боковые каналы подачи и стока. Решетки 1 и 2 заключены в герметичный корпус. Отдельные части теплообменника жестко соединены, швы герметичны. Он изготовлен из высокотеплопроводного материала, например меди или бериллиевой керамики. Размеры устройства и его отдельных частей могут варьироваться в зависимости от размеров лазера. Приведенные на фиг. 4 размеры соответствуют варианту, предназначенному для крепления линейки лазерных диодов длиной 1 см.

В отличие от прототипа, гидравлическая решетка 1 служит преимущественно для подачи/отвода жидкости к/от теплоотводящей решетки 2 (см. фиг. 3). Поступая через общий канал (5 на фиг. 4), охлаждающая жидкость поднимается по подающим каналам 4 и под давлением фонтанирует в щелевые каналы 5 теплоотводящей решетки, а затем перетекает в каналы 6 и по ним отводится в общий сток (6 на фиг. 4). Каналы подачи/отвода 4 и 6 в гидравлической решетке последовательно чередуются. В каждом из каналов теплоотводящей решетки поток жидкости

имеет периодическую вихревую структуру с периодом порядка расстояния между соседними каналами подачи 4. Таким образом, за счет организации прокачки жидкости ликвидированы застойные участки и достигнута сильная турбулизация потока в теплоотводящей решетке, что в совокупности обеспечивает увеличение коэффициента теплоотдачи на стенках ее каналов, а в конечном счете - интенсификацию теплоотвода от нагревающей поверхности. Учитывая периодичность потока вдоль оси каналов теплоотводящей решетки, период подрешетки каналов подачи 4 выбран равным периоду упаковки лазерных диодов в линейках. При креплении лазерной структуры совмещением позиций диодов с выходами каналов 4, обеспечена максимальная однородность охлаждения линейки при оптимальных условиях для каждого из диодов, входящих в ее состав. Хотя основной теплосъем осуществляется в пределах решетки 2, верхняя часть ребер решетки 1 дополнительно усиливает его.

Анализ доступных источников информации и сопоставление с прототипом показывают, что заявляемое устройство находится в соответствии с критерием "новизна".

При сравнении формулы изобретения с другими техническими решениями аналогичных технических задач в данной области техники не обнаружено решений, обладающих сходными признаками, что позволяет сделать вывод о соответствии предлагаемого решения критерию "изобретательский уровень".

На приводимых в описании фигурах изображено следующее.

Фиг. 1. Схема теплообменника, описанного в [4], (аналог).

1 - лазер (линейка лазерных диодов), 2 - щелевые каналы, 3 - отверстия для подачи и отвода жидкости (стрелками показано направление потока), 4 - направление вывода излучения лазера.

Фиг. 2. Схема теплообменника, описанного в [5], (прототип).

1 - отверстия для подачи и 2 - отводы жидкости. Стрелками показано направление потока.

Фиг. 3. Фрагмент внутренней структуры системы микроканалов (разрез).

1 - гидравлическая решетка, 2 - теплоотводящая решетка; 3 - охлаждаемая поверхность, 4 - каналы подачи жидкости в 2; 5 - каналы теплосъема; 6 - каналы отвода жидкости из 5. Линиями со стрелками показано направление потоков охлаждающей жидкости.

Фиг. 4. Чертеж предлагаемого теплообменника (вариант).

1 - гидравлическая решетка щелевых каналов; 2 - теплоотводящая решетка щелевых каналов; 3 - охлаждаемая поверхность, 4 - каналы подачи жидкости в 1; 5 - каналы теплосъема; 6 - каналы отвода жидкости из 5; 7 - каналы подачи охлаждающей жидкости в теплообменник от внешнего источника; 8 - канал отвода жидкости из теплообменника; 9 - пластина, закрывающая каналы; 10 - крепежные отверстия; 11 - направление вывода излучения. Линиями со стрелками показано направление потоков охлаждающей жидкости.

Фиг. 5. Экспериментальная зависимость мощности излучения линейки Р в

непрерывном режиме от тока накачки I.

Опытный образец предлагаемого устройства был выполнен из меди и испытан в работе с серийной линейкой лазерных диодов фирмы Coherent, описанной в [6] (длина - 1 см, ширина - 500 мкм). Последняя крепилась с помощью индиевого припоя с толщину слоя около 5 мкм. Период каналов подачи жидкости в гидравлической решетке (4 на фиг. 4) выбран равным периоду упаковки диодов в линейке. Испытания проводились как в импульсно-периодическом (с длиной импульсов 200-500 мкс и частотой следования до 1 кГц), так и в непрерывном режимах излучения линейки. В качестве охлаждающей жидкости использовалась вода при температуре 16-20°C, подаваемая в каналы при напоре в 1-1,5 атм. Испытания подтвердили высокую эффективность предложенной конструкции теплообменника во всем интервале рабочих значений тока накачки 10-50 А (см. фиг. 5). Получена выходная мощность в непрерывном режиме 50,5 Вт при КПД 62,5%. Во всем интервале рабочих токов не обнаружено тепловое ограничение выходной мощности. Полученное значение удельного теплового сопротивления составило $(1,4 \pm 0,25) 10^{-2} \text{ К см}^2/\text{Вт}$.

Литература.

1. Кейси Х., Паниш М. "Лазеры на гетероструктурах" В 2 т. - М., Мир, 1981.

2. Байков И. С., Безотосный В.В. "Полупроводниковые диодные лазеры". - Прикл. физ. (1995), N 2, 3 - 35.

3. "Мощные полупроводниковые лазеры и системы на их основе". - Зарубежн. электрон. техн. (1998), N 4, 60-65.

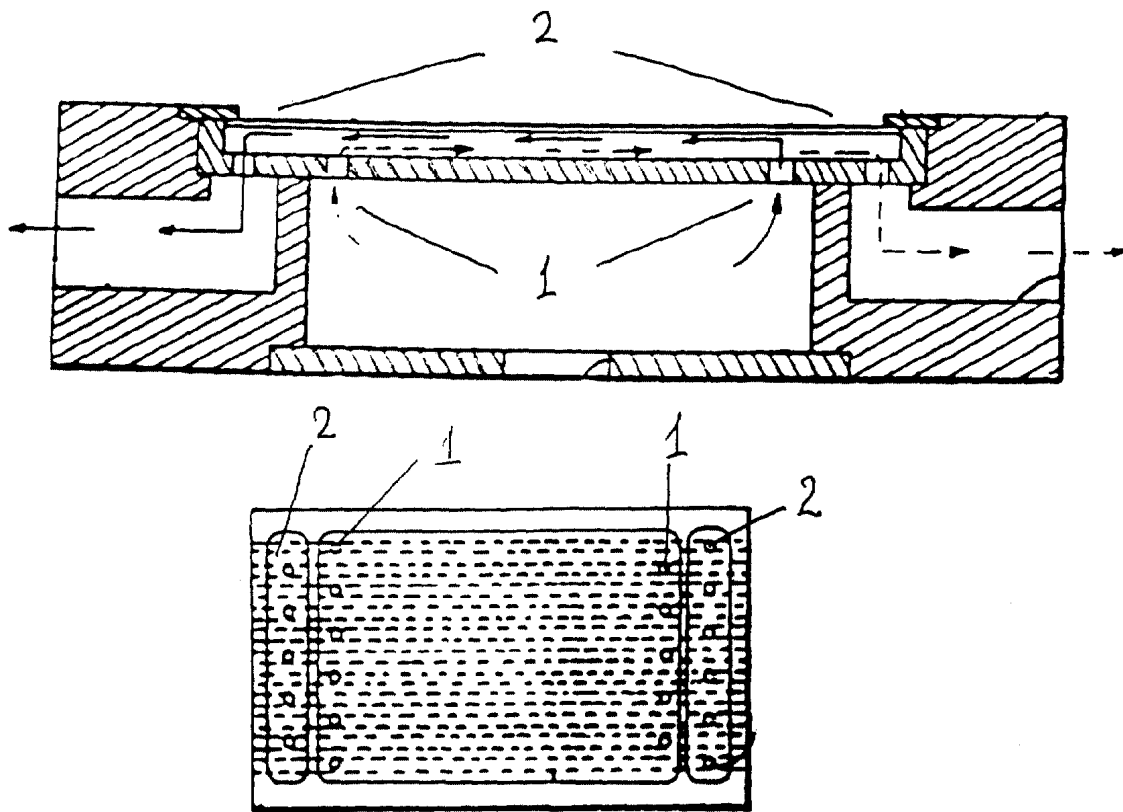
4. Аполлонов В.В., Бабаянц Г.И., Грудень М.Н., Державин С.И., Казаков А. А., Кишмахов Б.Ш., Коваль Ю.П., Кузьминов В.В., Машковский Д.А., Прохоров А. М., Смекалин В. П., Тимошкин В.Н. "Исследование тепловых свойств лазерной диодной линейки на теплообменнике из карбида кремния". - Квант. электр. (1997) 24, N 10, 869-874.

5. Walpole J.N., Missaggia L.J. "MicroChannel heat sink with alternating flow directions" US Patent N 5, 099, 910 (1992).

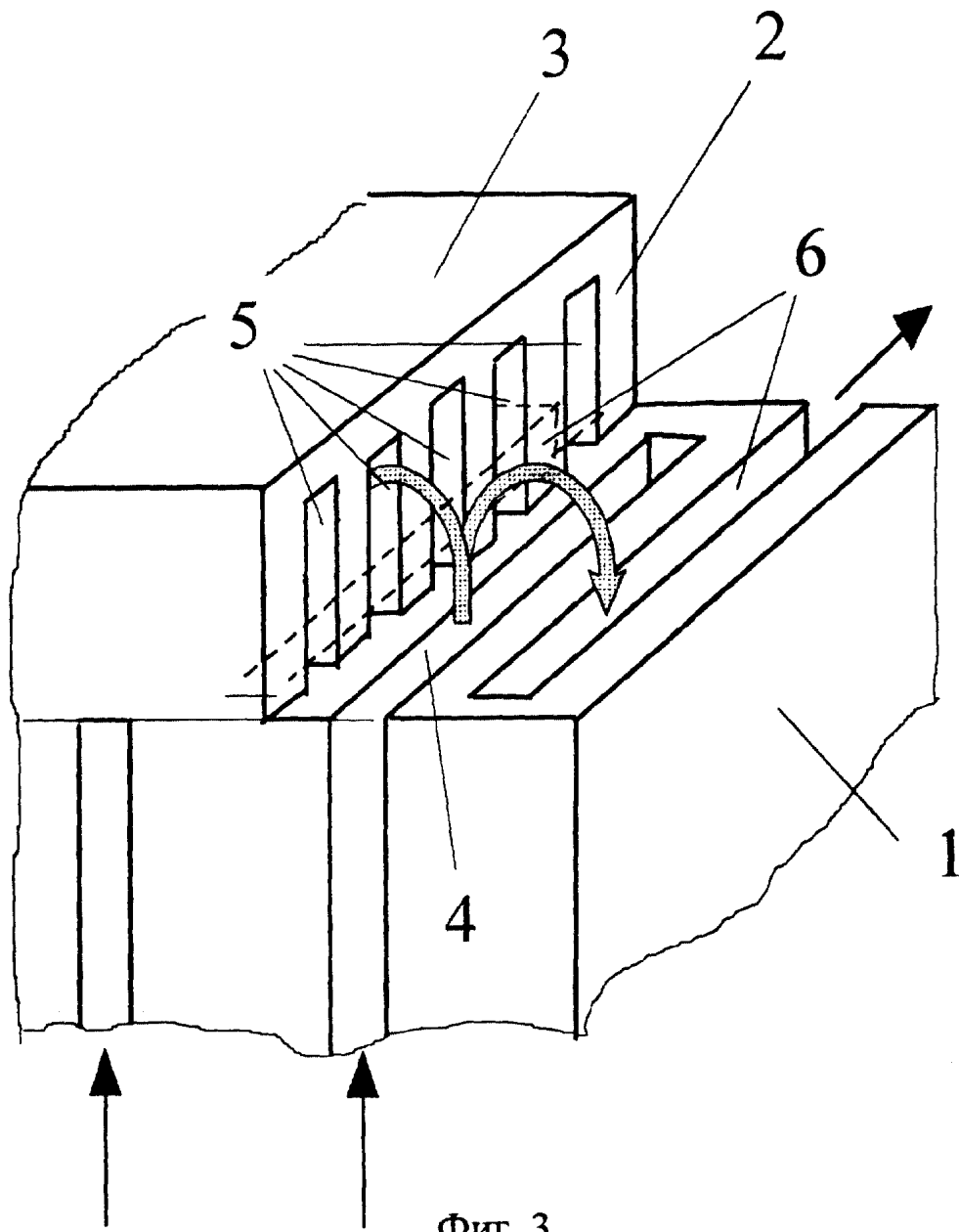
6. Jansen M., Bourmes P., Corvini P., Fang F., Finander M., Hmelar M., Johnston T., Jordan C., Nabiev R., Nightingale J., Widman M., Asonen H., Aarik J., Salokatve A., Nappi J. and Rakennus K. "High performance laser diode bars with aluminum-free active regions" Optics Express (1999) 4, N. 1, 3-11.

Формула изобретения:

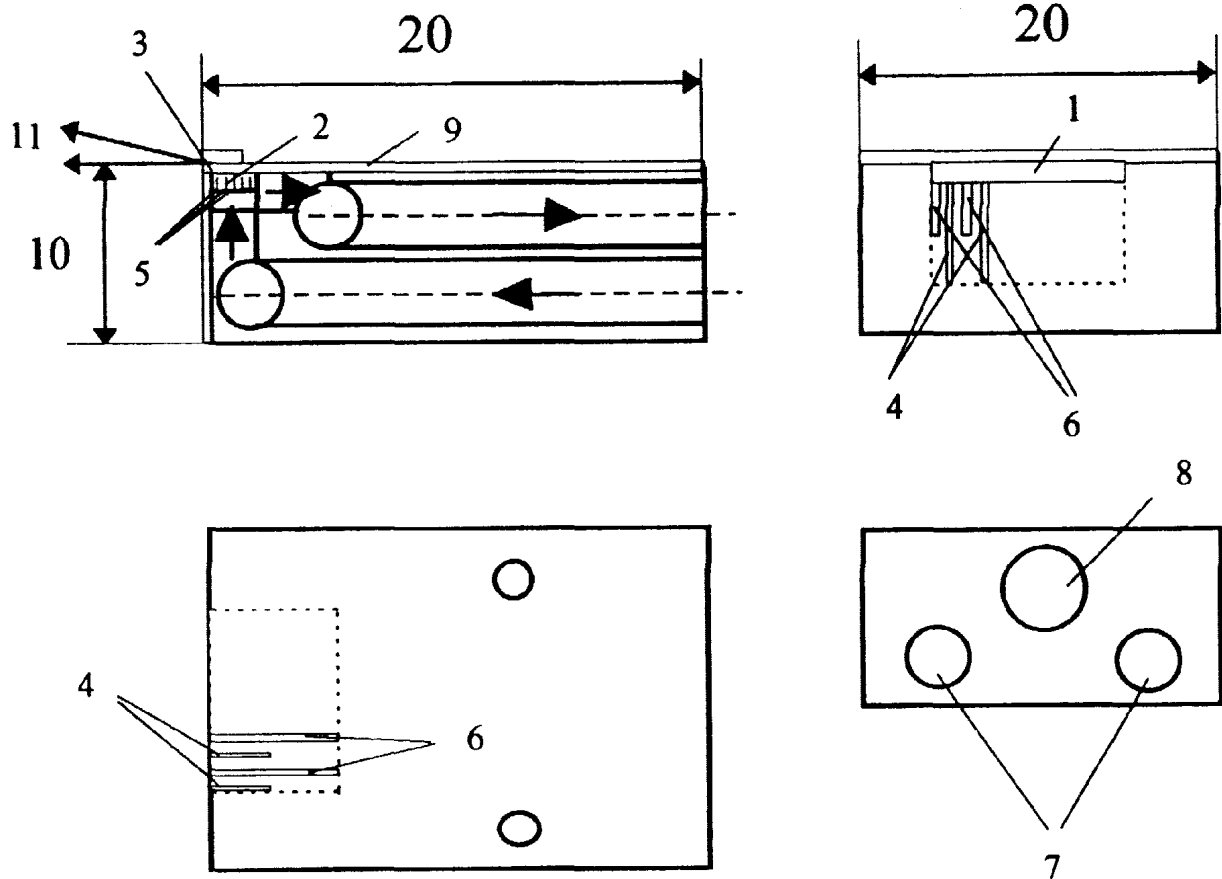
Теплообменник для мощных полупроводниковых лазеров, состоящий из сдвоенной решетки прямых щелевых микроканалов и теплоотводящей пластины, изготовленной из высокотеплопроводного материала, закрывающей сдвоенную решетку прямых щелевых микроканалов, отличающийся тем, что дополнительно введена решетка прямых щелевых микроканалов теплоотводящая, соединенная с теплоотводящей пластиной, ориентированная перпендикулярно сдвоенной решетке прямых щелевых микроканалов, имеющая открытые снизу микроканалы, непосредственно сообщающиеся с микроканалами сдвоенной гидравлической решетки, обеспечивающей подвод и отвод охлаждающей жидкости к верхней теплоотводящей решетке



Фиг.2

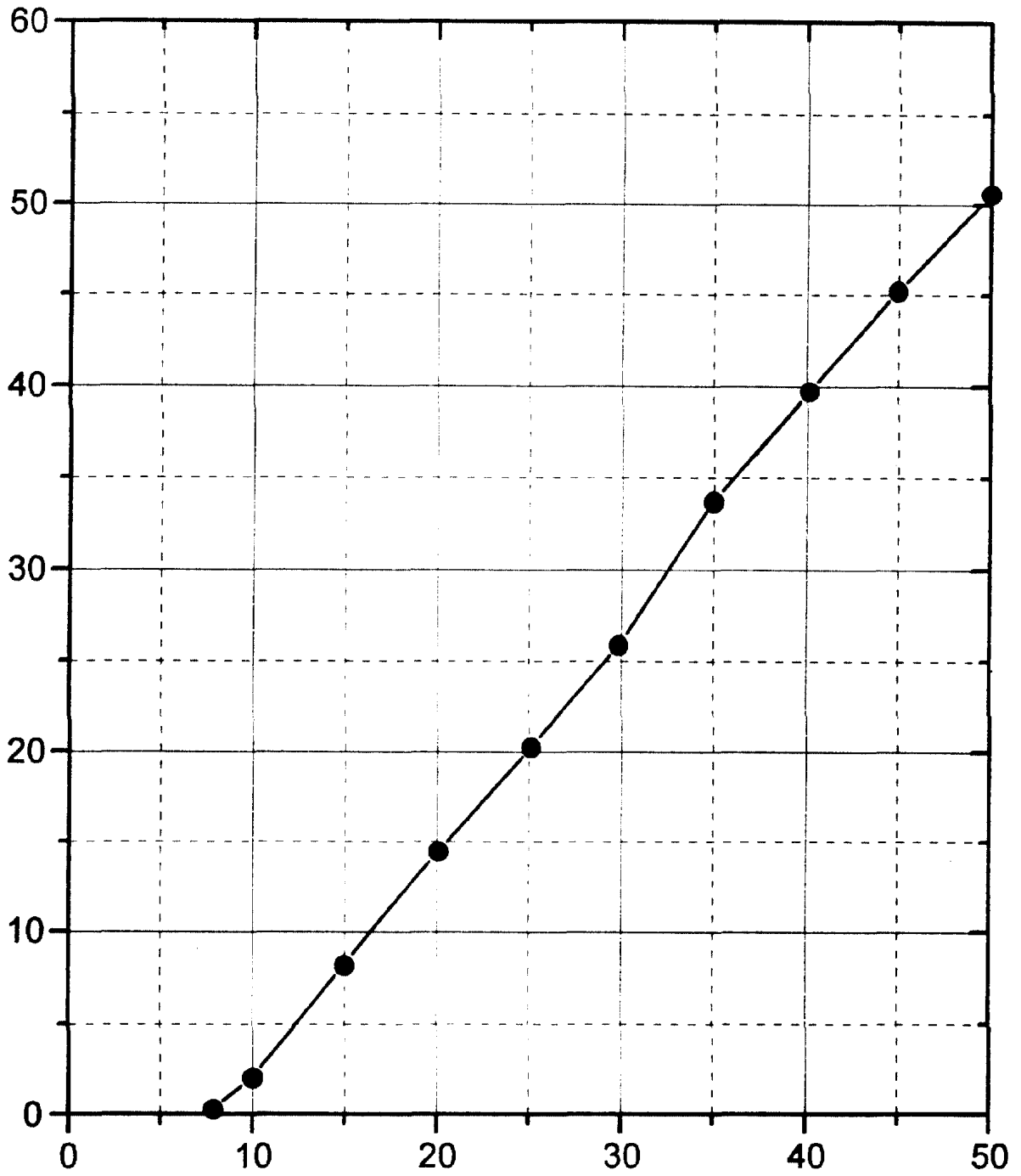


Фиг. 3



Фиг.4

Мощность, Вт



Ток инъекции, А

Фиг.5

RU 2169977 C2

RU 2169977 C2