

# ВНУТРИКАНАЛЬНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ МАТРИЦЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА



**В**ертикально-излучающие лазерные матрицы — основа смартлинков и активных оптических кабелей. Традиционно в матрицах используют VCSEL-лазеры, конструкция которых ограничивает величину излучаемой мощности. ООО «Интрофизика» запатентована конструкция вертикально-излучающей лазерной матрицы на основе внутриканальных наногетероструктур (патент РФ № 2359381), принципиально отличающихся от VCSEL-лазеров. В соответствии с изобретением, лазерные структуры формируются в подложке внутри матрицы вертикальных каналов. Мощные внутриканальные лазерные матрицы открывают новые возможности в создании оптических USB-интерфейсов и голографического видео.

## ВНУТРИКАНАЛЬНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ МАТРИЦЫ

Фундаментальные основы и принципы разработки инъекционных гетеролазеров заложены трудами нобелевских лауреатов Басова Н.Г. и Алферова Ж.И. [1, 2]. На основе их работ были созданы полупроводниковые инъекционные лазеры с плоским лучом. В качестве материалов при изготовлении полупроводниковых слоев используются, как правило, GaAs или GaP или GaAsP. Недостатками таких лазеров являются относительно малый уровень излучаемой мощности и электро-тепловая деградация при эксплуатации.

Для повышения мощности излучения были разработаны инъекционные лазеры с кольцевым лучом [3], в которых на внешней поверхности металлического цилиндра последовательно расположены монокристаллические слои полупроводников. Недостатком подобных устройств является невозможность прямого массового изготовления матриц или массивов таких лазеров на подложках.

Для массового изготовления лазерных матриц перспективно применение вертикально-излучающих лазеров с вертикальным резонатором (VCSEL-лазеры), однако в силу небольшой длины резонаторов они имеют мощность, недостаточную для многих приложений.

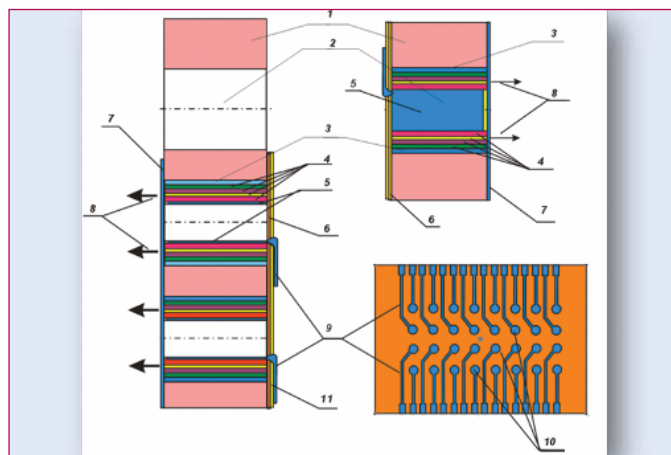
Между тем, создание матриц лазеров — прямой путь к высокоэффективному оптоволоконным многоканальным интерфейсам, перспективным для использования в скоростных многопроцессорных вычислительных структурах. Это делает актуальным создание технологий, позволяющих формировать лазерные структуры, лучи которых сразу будут направлены перпендикулярно плоскости подложки.

Одним из способов повышения мощности микролазерных матриц является увеличение объема излучающей полупроводниковой структуры. Так как на выходное сечение матричных лазеров накладываются ограничения, диктуемые минимизацией размера, то единственным эффективным путем повышения мощности матричных лазеров остается увеличение длины их резонаторов. Одним из эффективных способов создания таких лазерных матриц может стать технология, разрабатываемая ООО «Интрофизика».

В соответствии с патентом [4], внутриканальный инъекционный лазер (рис.1) выполнен в сквозном канале подложки и содержит соединенный со стенками канала внешний металлический контактный слой. Внутри канала коаксиально расположены слои полупроводниковых материалов, образующие активную излучающую структуру, а внутри них находится слой проводника (металла) — центральный контактный слой. Канал под лазер может быть выполнен кругового,  $n$ -угольного

<sup>1</sup> ООО «Интрофизика».

<sup>2</sup> Рыбинская государственная авиационная технологическая академия, кафедра «Вычислительные системы».



**Рис. 1** Внутриканальный инжекционный лазер: 1 – подложка; 2 – сквозной канал; 3 – внешний контактный слой; 4 – активная излучающая структура; 5 – центральный контактный слой; 6 – непрозрачный зеркальный слой; 7 – полупрозрачный зеркальный слой; 8 – луч лазера; 9 – токопроводящие дорожки; 10 – лазеры в каналах; 11 – диэлектрик. Слева показаны этапы формирования внутриканального лазера

или иного фигурного сечения. Внешний контактный слой может быть соединен со стенками канала непосредственно или через буферные слои.

В другом варианте конструкции инжекционного лазера, показанной на рис.1, центральный контактный слой представляет собой сплошной металлический цилиндр, расположенный в центре лазера. Во всех вариантах на одну торцевую поверхность активной излучающей структуры нанесен непрозрачный, а на другую – полупрозрачный зеркальный слой. Центральный и внешний контактные слои соединены с расположенными на подложке токопроводящими дорожками.

Принцип действия лазера заключается в следующем. Между внешним и центральным контактными слоями прикладывается напряжение в прямом направлении в режиме инжекции. При протекании электрического тока в слоях полупроводниковых материалов, образующих активную излучающую структуру, в активной области лазера возбуждается оптическое излучение, распространяющееся в кольцевом пространстве структуры.

Взаимодействуя с оптическим резонатором (непрозрачное и полупрозрачное зеркала на поверхности подложки), излучение усиливается и приобретает когерентность. Луч лазера выходит со стороны полупрозрачного зеркала в направлении, перпендикулярном поверхности подложки, в виде кольцевого луча, повторяющего форму канала. Цилиндрическая форма слоев полупроводниковых материалов, образующих активную излучающую структуру, позволяет пропускать через них электрические рабочие токи значительной величины при заданной плотности электрического рабочего тока и наоборот – получать необходимую мощность излучения при минимальных поперечных размерах лазеров.

Предполагается, что новый тип вертикально-излучающих лазеров обеспечит повышение мощности излучения единич-

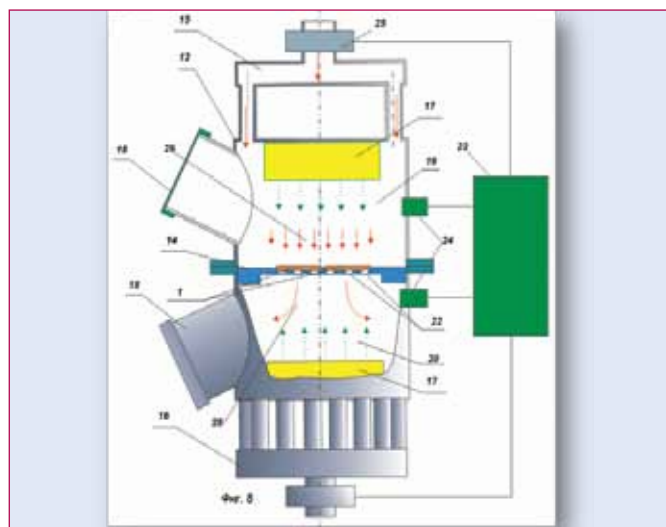
ного элемента в сотни раз. Это весьма важно, так как позволяет увеличивать длину линии связи с учетом потерь на отражение и затухание. Следует отметить, что при большой плотности упаковки возникает проблема отвода выделяемой теплоты. Для внутриканальных инжекционных лазеров благодаря большим размерам сквозного канала эта проблема решается значительно легче, чем для VCSEL-лазеров (лазеров с вертикальным объемным резонатором).

## РЕАКТОР ДЛЯ ГАЗОФАЗНОЙ ЭПИТАКСИИ В МАССИВАХ КАНАЛОВ

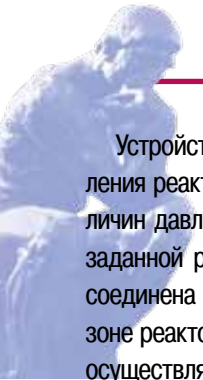
Для производства массивов внутриканальных лазеров используется новый тип реактора (рис.2), позволяющий осуществлять газофазную эпитаксию наногетероструктур в массивах вертикальных каналов, выполненных в подложках [4].

Устройство для газофазной эпитаксии содержит реактор, держатель подложек, входной и выходной патрубки, нагревателя, загрузочные и смотровые люки. Держателем подложек реактор разделен на зоны высокого и низкого давления.

Держатель подложек представляет собой пластину с гнездами под подложки и со сквозными отверстиями в тех местах, где у подложек имеются сквозные каналы. Размер отверстий в держателе больше размера каналов или области с каналами в подложке, что необходимо для снятия действия разности давления на поверхность пластины. (Нагрузка на пластины может быть настолько велика, что может привести к их деформации или даже разрушению.)



**Рис.2** Схема реактора для газофазной эпитаксии наногетероструктур в каналах лазерных микроматриц: 1 – подложка; 2 – реактор; 3 – держатель подложек; 4 – входной патрубок; 5 – выходной патрубок; 6 – нагреватель; 7 – загрузочные и смотровые люки; 8 – зона высокого давления; 9 – зона низкого давления; 10 – сквозные отверстия в тех местах, где у подложек имеются сквозные каналы; 11 – система управления реактором; 12 – датчик давления; 13 – редуцирующий узел; 14 – смесь несущего газа и парогазовой фазы металлорганических соединений



Устройство для газофазной эпитаксии имеет систему управления реактором, обеспечивающую поддержание заданных величин давления в зонах высокого и низкого давления, а также заданной разности давлений газа в них. Система управления соединена с датчиками давления, расположенными в каждой зоне реактора, и с редукционными узлами, с помощью которых осуществляется регулирование давления в этих зонах.

В целом, конструкции внутриканальных лазерных микроматриц и реактора для их изготовления дают возможность массового изготовления достаточно мощных и дешевых линеек и матриц лазеров. Лучи таких лазеров направлены перпендикулярно поверхности подложки, что открывает широкие возможности в области создания высокоэффективных оптоволоконных многоканальных интерфейсов для скоростных многопроцессорных вычислительных структур, позволяет упростить технологию производства лазерных матриц, снизить цены на них. Лазерные лучи могут иметь различную форму – от кольцевой и многоугольной до фигурной. Это свойство канальных лазеров может привести к созданию микрооптических устройств с новыми свойствами.

Устройство для газофазной эпитаксии позволяет изготавливать основную часть структуры лазера в массивах, сделанных в подложках каналов различной формы. Проточный ре-

актор является новым инструментом эпитаксиальных технологий и открывает широкие возможности в создании сложных канальных структур различного назначения, в том числе фотооптических, излучающих и обрабатывающих оптические сигналы, что может быть перспективно при создании элементной базы оптических компьютеров.

Мощные внутриканальные лазерные матрицы открывают новые возможности по созданию оптических USB-интерфейсов и голографического видео, необходимого для современных IT-приложений высокого уровня.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Басов Н.Г.** Полупроводниковые квантовые генераторы. УФН, Сов. энциклопедия, 1965, т. 85, вып. 4, с. 585–595.
2. **Алферов Ж.И.** Инжекционные гетеролазеры. Сборник "Полупроводниковые приборы и их применение". / Под ред. А. Я. Федотова. – М., 1971, вып. 25, с. 204–205.
3. **Кожитов Л.В., Вяткин А.Ф. и др.** Патент РФ № 2197046. Полупроводниковый лазер с инжекционным р-п-переходом. Опубликовано в БД ФИПС 20.01.2003, <http://www1.fips.ru/>.
4. **Никитин В.С.** Патент РФ № 2359381. Инжекционный лазер, способ его изготовления и устройство для газофазной эпитаксии. Опубликовано в БД ФИПС. 20.06.2009, <http://www1.fips.ru/>.

## 7-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ

# "ПОКРЫТИЯ И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ"

17-19 марта 2010 год, Москва, СК "Олимпийский"

Проект EXPOCOATING посвящен одному из прогрессивно развивающихся научно-технических направлений – покрытия и обработка поверхности; не имеет аналогов в России; собирает специалистов со всего мира.

**Разделы выставки:** процессы и покрытия; химикаты и материалы: очистка, предварительная, промежуточная и окончательная обработка; нанесение покрытий; решение экологических проблем; оборудование: подготовка поверхности; нанесение покрытий; регенерация растворов и электролитов, очистка сточных вод; обработка и утилизация твердых отходов; вспомогательное оборудование и комплектующие; контрольно-измерительная аппаратура; полимеры; аноды для гальванических производств; лакокрасочные материалы для защитных покрытий; покрытия в электронике и для печатных плат.

**Экспозиция выставки** – самые современные тенденции, последние достижения, новейшие разработки отрасли, отражающие прогресс сегодняшнего дня.

Результаты EXPOCOATING 2009 – площадь выставки 1800 м<sup>2</sup>; 74 компании-участницы из 9 стран; более 4500 посетителей-специалистов.

В рамках деловой программы выставки традиционно проходит международная научно-практическая конференция "Покрытия и обработка поверхности. Последние достижения в технологиях и оборудовании".

Это яркое ежегодное событие в области гальванотехники, оборудования и технологий обработки поверхности вызывает большой интерес со стороны ведущих российских и зарубежных специалистов.

Специалистам в области гальванотехники и гальвано-химической обработки поверхности металлов предоставляется прекрасная возможность повысить профессиональные знания, пройдя обучение по программе повышения квалификации, подготовленной и проводимой РХТУ им. Д.И. Менделеева. По окончании курсов выдаются свидетельства о повышении квалификации государственного образца.

### Организаторы:

Примэкспо, ООО и ITE Group Plc

Тел.: +7 812 380 6017/00. Факс: +7 812 380 6001

E-mail: [coating@primexpo.ru](mailto:coating@primexpo.ru) [www.expocoating.ru](http://www.expocoating.ru)

### При участии:

РХТУ им. Д.И. Менделеева

Российского химического общества им. Д.И. Менделеева

Московского химического общества им. Д.И. Менделеева