

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЕ ОДНОЧАСТОТНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ

В.Дураев, д.т.н., nolatech@mail.ru, www.nolatech.ru

Представлены лазеры для работы в линиях связи со спектральным уплотнением каналов. Одночастотные полупроводниковые лазеры с распределенными брегговскими зеркалами удачно сочетают в себе генерацию излучения с узкой линией ширины (менее 10 кГц) и динамически стабильный режим работы. Рассмотрены температурные способы плавной и дискретной перестройки длины волны излучения в диапазоне 635–1650 нм.

Возможность создания одночастотного режима генерации и перестройки длины волны излучения делает полупроводниковые лазеры привлекательными для решения многих задач. Их широко используют в телекоммуникации, волоконно-оптических линиях связи со спектральным уплотнением каналов, волоконно-оптических датчиках, спектроскопии высокого разрешения, аппаратуре медицинской и экологической диагностики, стандартах частоты, научном приборостроении.

В период начального этапа создания перестраиваемых полупроводниковых лазеров многие использовали лазерные диоды (ЛД) с коротким резонатором (100–200 мкм). Спектр излучения лазеров с коротким резонатором чаще всего имеет одну продольную моду, и их волна генерации легко перестраивается при изменении температуры и тока накачки. Но при этом их малая мощность и большие сопротивления, омическое и тепловое, приводят к нестабильности в работе и снижению ресурса.

Поэтому более широкое распространение получили лазеры с распределенной обратной связью. Данный класс лазеров обладает более стабильным одночастотным режимом работы и имеет достаточно большую оптическую мощность излучения в широком интервале температур. Для перестройки длины волны излучения в широком диапазоне чаще всего в конструкцию

лазеров вводят внешний резонатор, в качестве которого используют дифракционную решетку. На рис.1 показана конструкция одночастотного перестраиваемого лазерного диода с двумя дифракционными решетками в одномодовом световоде с сохранением поляризации. Основные ее детали – это активный элемент (передняя грань резонатора имеет просветляющее покрытие, $R_1 = 0,5\%$; задняя – отражающее, $R_2 = 80\%$); дифракционные решетки (записанные в сердцевине одномодового световода); цилиндрическая линза на конце световода для оптимизации ввода лазерного излучения [1].

Перестройка длины волны происходит согласно формуле Брэгга:

$$\Lambda = m\lambda_b / (2n_{эфф}),$$

где Λ – период решетки; λ_b – длина волны лазера; $n_{эфф}$ – эффективный показатель преломления; m – порядок волновой моды.

Взаимное расположение брегговских решеток в световоде варьируется от малого расстояния, 10–20 мкм, до 1,5 м. Минимальная ширина линии излучения достигала 8 кГц. Диапазон плавной перестройки фиксировали в пределах 1–2 нм. За счет изменения

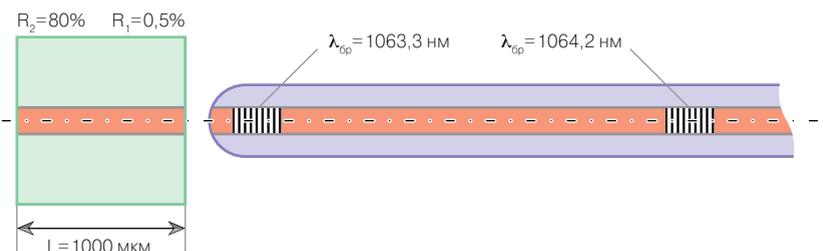


Рис. 1. Перестраиваемый одночастотный лазер с ВБР

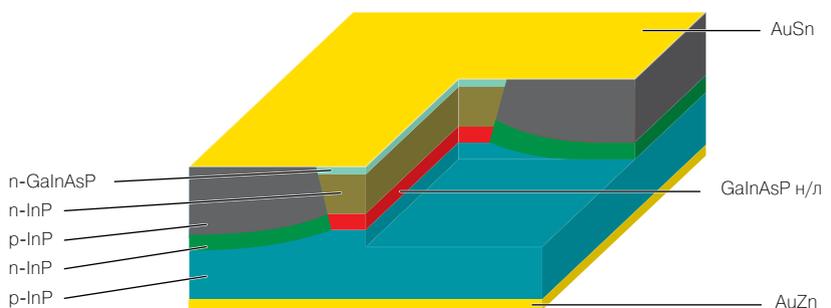


Рис. 2. Конструкция активного элемента лазера с ВБР

температуры волоконно-брэгговской решетки (ВБР) и ЛД можно было добиться тонкой перестройки длины волны.

В работе [2] описаны лазеры, созданные на основе гетероэпитаксиальных структур: InGaAsP-InP и GaAs-AlGaAs – с длиной волны излучения 635–1650 нм, изготовленные методом МОС-гидридной эпитаксии. Конструкция активного элемента (рис.2) и дискретные брэгговские решетки в световоде с сохранением поляризации соответствующего периода обеспечивали динамически стабильный одночастотный режим работы на заданной длине волны. Мощность излучения одночастотного ЛД ($\lambda = 1550$ нм) – более 75 мВт при сохранении линейности ватт-амперной характеристики (рис.3). Исследование спектральных характеристик одночастотного лазера с ВБР показали, что линия излучения до и после перестройки длины волны имеет ширину 8 кГц. Подавление боковых мод составило более 40 дБ. Спектр генерации лазера

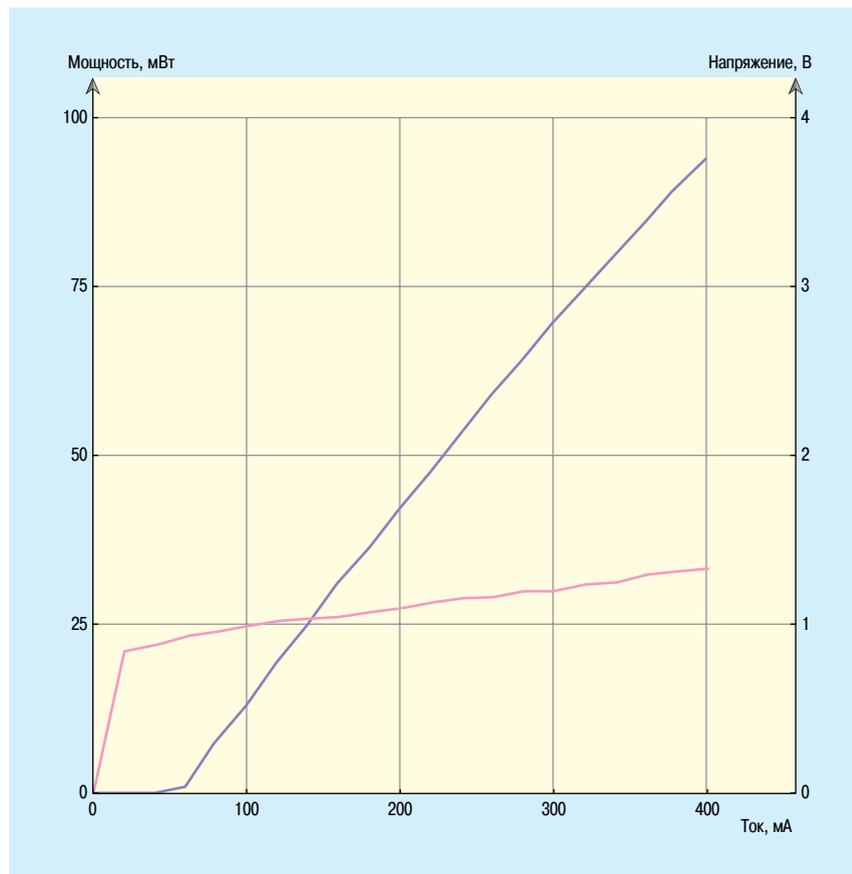


Рис.3. Ватт-амперная характеристика лазера с ВБР

на длине волны 1064 нм при разных температурах ВБР (8–70°C) смещается (рис.4) и при плавной перестройке попадает в диапазон длин волн 1,5 нм. Конструкция лазерного модуля с ВБР показана на рис.5.

Дискретную перестройку длины волны обеспечивали две или более брэгговские решетки с периодом 2 или 4 ангстрема, созданные в одномодовом волокне. Для чего изменяли их температуру или ток накачки ЛД [3,4]. Причем разработали методы варьирования температуры, которые обеспечили сдвиг λ излучения ЛД по шкале длин волн с дискретностью 2 или 4 ангстрема.

Таким образом, нам удалось создать одночастотные перестраиваемые лазерные модули, работающие в диапазоне длин волн 635–1650 нм в стабильном динамическом режиме генерации. Излучение этих ЛД имеет узкую ширину линии – 8 кГц, при этом, меняя температуру, мы перестраиваем его длину волны в диапазоне 1,5 нм с шагом 2 или 4 ангстрема.

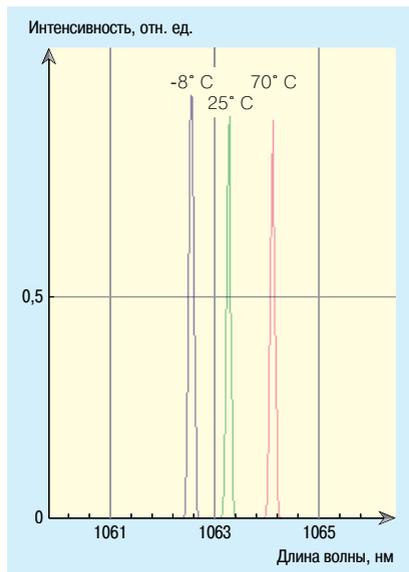


Рис.4. Спектры излучения лазера при разных температурах ВБР

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дураев В., Неделин Е.** и др. Полупроводниковые лазеры с волоконной брэгговской решеткой и узким спектром генерации на длинах волн 1530–1560 нм. – Квантовая Электроника, 2001, т. 31, №6.

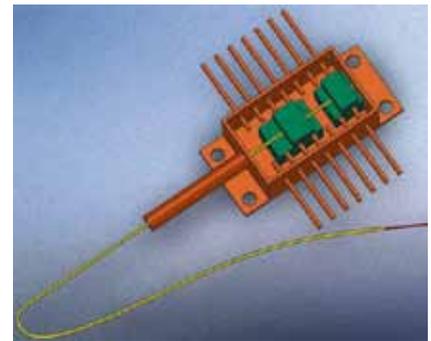


Рис.5. Конструкция лазерного модуля с ВБР

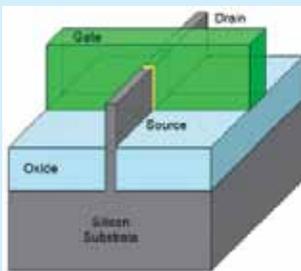
2. **Дураев В.** – Техника и Оптоэлектроника, 1992, т. 40, № 3.
3. **Дураев В. и др.** Одночастотный полупроводниковый лазер на длине волны 1,06 мкм с распределенным брэгговским зеркалом в волоконном световоде. – Квантовая электроника, 1998, т. 25, №4.
4. **Акпаров В., Дмитриев В., Дураев В., Казаков А.** Полупроводниковый кольцевой лазер и исследование его характеристик в режиме датчика вращения. – Квантовая электроника, 2010, т. 40, № 10.



INTEL ПРОДЛЕВАЕТ ЗАКОН МУРА

ПерсТ много раз упоминал о перспективных кремниевых полевых транзисторах на сверхтонком слое нелегированного кристаллического кремния (FD SOI). Они уже давно "прописаны" в дорожной карте по полупроводникам. Много лет ими активно занимается компания IBM. Казалось, что компания Intel слабо ими интересуется. Однако недавно Intel объявила о том, что изготовила микросхемы нового поколения с технологическим размером 22 нм на основе подобных транзисторов. На рисунке представлено схематическое изображение нового транзистора: затвор огибает канал с трех сторон, что позволило авторам употребить название "3D-технология". До сих пор это понятие применялось к межсоединениям, что более строго называлось многоуровневой металлизацией.

Главное преимущество тонкого слоя кремния в том, что он позволяет избежать легирования канала. Его применение неизбежно в субмикронных транзисторах на объемной подложке. Таким образом, кремниевая технология на завершающем витке спирали развития вернулась к исходному варианту с нелегированным каналом. Гениальность изобретения кремниевого транзистора как раз и состояла в том, что использовался нелегированный кремний, в котором возникал инверсионный канал с большой концентрацией носителей. В закрытом состоянии транзистор представлял собой два включенных навстречу друг другу p-n-перехода, ток был маленьким. Именно перекрытие областей обеднения в субмикронных транзисторах вынудило легировать канал, что приводило к уменьшению быстродействия и увеличивало энерговыделение. Однако конструкция транзистора Intel существенно отличается от конструкции транзистора IBM (FD SOI), которая использовала подложки "кремний на изоляторе" со сверхтонким слоем кремния (< 10 нм). Как видно на рисунке, канал транзистора не имеет полной изоляции от подложки, он как бы вырастает из нее. Из-за малой толщины канала ток транзистора в закрытом состоянии остается достаточно низким. Новая конструкция транзистора позволила



на 50% снизить мощность и на 37% поднять рабочую частоту.

*В.Вьюрков,
ПерсТ, 2011,
т. 18, в. 17*