

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ИНЖЕКЦИОННЫЙ ЛАЗЕР НА ОСНОВЕ  
GaAs С ЛОКАЛИЗАЦИЕЙ ТОКА ИНЖЕКЦИИ

В. С. Каргапольцев, А. П. Лыткин, В. И. Молочев,  
К. Н. Нарзуллаев, В. В. Никитин, А. И. Петров

УДК 621.382.3

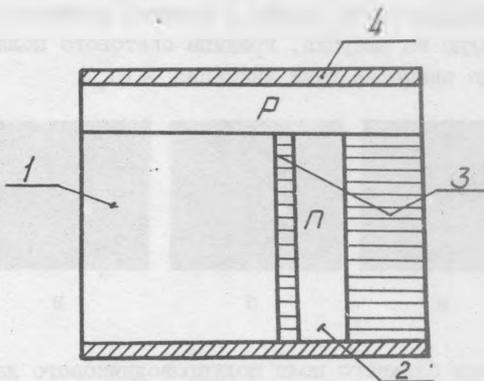
Созданы полупроводниковые инжекционные лазеры на основе GaAs с двухсторонним ограничением активной области пленками, выращенными из твердого раствора  $Ga_{1-x}Al_xAs$  ( $x = 0,22$ ). Приведены результаты исследования ближнего поля и температуры активной области лазерных диодов.

В последнее время большое внимание уделяется созданию полупроводниковых инжекционных лазеров, обладающих высокой когерентностью излучения (т.е. работающих в одночастотном режиме генерации). Исследования по улучшению когерентности излучения ведутся в нескольких направлениях. К ним относятся: селекция типов колебаний с применением составных резонаторов, фильтров, распределенной обратной связи; создание лазеров с локализацией тока инжекции при помощи полоскового контакта и пр. Во всех подобных случаях необходимо использовать сложную технологию, что затрудняет серийное производство таких лазеров. Метод выращивания специальных лазерных структур, о котором сообщалось в работах /1-3/, позволяет технологически достаточно просто создавать лазеры с областью свечения в несколько микрон. Эти лазеры работали в одночастотном режиме генерации до 3-4 кратного превышения тока накачки над пороговым значением /2/. Однако, как отмечалось в работе /2/, при дальнейшем увеличении тока наблюдалось свечение, исходящее из прилегающих к p-n переходу областей высокоомной подложки. Это указывает, что в подобных лазерах локализация тока инжекции и светового поля еще не является оптимальной.

В настоящей работе осуществлена иная лазерная структура,

позволяющая получать одночастотную генерацию до 5-6 кратного превышения тока накачки над пороговым.

Методика изготовления подобных лазерных диодов была следующей. На высокоомную подложку арсенида галлия наращивалась пленка из твердого раствора  $Ga_{1-x}Al_xAs$  ( $x = 0,22$ ), толщиной 10-15 мкм

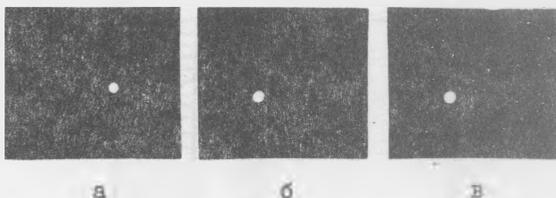


Р и с. 1. Схематическое изображение лазерного диода со стороны зеркала резонатора Фабри-Перо: 1 - высокоомная подложка GaAs, 2 - активная область, 3 - слои из твердого раствора  $Ga_{1-x}Al_xAs$ .  
4 - металлические контакты

На пленку методом жидкостной эпитаксии наращивался слой GaAs, легированный теллуром с концентрацией примеси порядка  $10^{18} \text{ см}^{-3}$ . Затем на легированный слой наносилась пленка толщиной 100-150 мкм того же состава, что и на подложку. Таким образом, в отличие от предыдущих конструкций /1-3/, создавался симметричный волновод. Полученная многослойная пластинка раскалывалась на "иглочки" шириной  $\sim 1$  мм, а в последние проводилась диффузия цинка в атмосфере мышьяка при температуре  $850^\circ\text{C}$ . Из иглочек методом скалывания изготавливались лазерные диоды, схематичное изображение которых дано на рис. 1. Удельное сопротивление активной области этих лазеров на три порядка меньше удельного сопротивления прилегающих к ней слоев. По данной технологии были изготовлены образцы с шириной активной области от 1,5 до 11 мкм. Диоды работали как в

импульсном, так и в непрерывном режимах генерации при температуре жидкого азота. Одночастотный режим генерации наблюдался для токов инжекции до  $(5-6) I_{\text{п}}$ , где  $I_{\text{п}}$  - пороговый ток генерации.

Исследование ближнего поля излучения лазеров проводилось с помощью инфракрасного микроскопа МИК-1, обеспечивающего разрешение не хуже 1 мкм. На рис. 2 представлена картина ближнего поля излучения полупроводникового лазера с шириной активной области 1,5 мкм. Как видно из рисунка, границы светового поля практически не изменяются до значений тока инжекции  $\sim 6I_{\text{п}}$ .

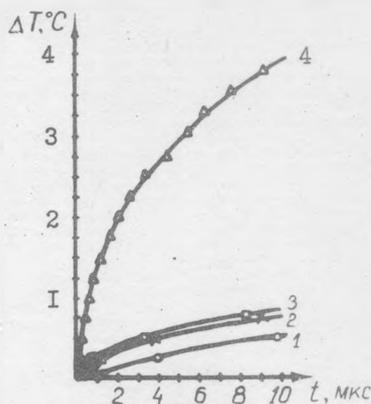


Р и с. 2. Картина ближнего поля полупроводникового лазера с шириной активной области 1,5 мкм,  $I_{\text{п}} = 10$  мА: а)  $I = 12$  мА, б)  $I = 30$  мА, в)  $I = 55$  мА

Следует отметить, что данная конструкция лазерного диода имеет ряд преимуществ по сравнению с лазерами, имеющими полосковый контакт. Известно /4/, например, что использование контакта с шириной менее 12 мкм приводит к резкому возрастанию порогового тока. У вышеописанных лазеров плотность порогового тока  $I_{\text{п}}$  слабо изменялась с уменьшением ширины активной области от 11 мкм до 2 мкм ( $I_{\text{п}} = (1,6 - 2,5)$  кА/см<sup>2</sup>). Кроме того, хорошая локализация тока инжекции в лазерах предложенной конструкции обеспечивала меньший разогрев активной области, чем в полосковых лазерах при одинаковых значениях плотности тока накачки.

Измерение температуры р-п перехода лазерных диодов производилось по регистрации длины волны излучения за время импульса тока накачки по методике, описанной в работе /5/. Данная методика позволяла измерять изменение температуры р-п перехода лазера до 0,25 °С.

На рис. 3 приведены графики изменения температуры активных кристаллов лазеров с двухсторонним ограничением области генерации (кривые 1-3) и изготовленного нами лазерного диода с полосковым контактом шириной 15 мкм (кривая 4). В последнем случае нагрев активной области был в 5-6 раз больше. Длительность импульса тока накачки составляла 10 мкс, величина тока инжекции во всех случаях  $\sim 1,5I_n$ .



Р и с. 3. Изменение температуры р-п перехода лазерных диодов с течением времени: 1) ширина контакта  $d = 1,5$  мкм, 2)  $d = 4$  мкм, 3)  $d = 11$  мкм, 4)  $d = 15$  мкм

Таким образом, показано, что применение высокоомных ограничивающих слоев позволяет эффективно локализовать ток накачки и световое поле. Использование одинаковых по составу ограничивающих пленок симметризует волновод и тем самым, вероятно, улучшает его характеристики. Все это позволяет осуществлять генерацию полупроводникового лазера в одночастотном режиме вплоть до шестикратного превышения тока инжекции над его пороговым значением.

В заключение авторы выражают благодарность И. А. Полуэктову за полезное обсуждение результатов работы.

Поступила в редакцию

II января 1979 г.

15

## Л и т е р а т у р а

1. Н. П. Иванов и др., Препринт ФИАН № 31, 1973 г.
2. Н. П. Иванов и др., Квантовая электроника № 6, (18), II7 (1973).
3. В. С. Каргапольцев и др., Квантовая электроника, 5, 2II (1978).
4. J. S. Dument, J. E. Ripper, T. H. Zachos, J. Appl. Phys., 40, 1802 (1969).
5. Ю. А. Быковский, В. Л. Величанский, И. Г. Гончаров, В. А. Маслов, В. В. Никитин, ФТП, 5, 498 (1971).