

соответствует отношению периода следования СКИ к величине временного разрешения системы фоторегистрации.

Таким образом, сконструирован, создан и исследован источник высокочастотной последовательности сверхкоротких оптических импульсов с длительностью около 2 пс и пиковой мощностью около 1 Вт на длине волны 1,32 мкм. Следует отметить технологичность такой конструкции, а также стабильность ее характеристик при условии жесткой фиксации сочленения лазер-волокно. Использование кратных резонансов внешнего волоконного резонатора позволяет получать импульсы на различных рабочих частотах, что дает возможность создания перестраиваемого по частоте повторения источника СКИ.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Петрунькин В.Ю., Сысуюев В.М., Щербачков А.С., Гарбузов Д.З., Ильин Ю.В., Овчинников А.В., Тарасов И.С. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 9. С. 25-29.
- [2] Петрунькин В.Ю., Сысуюев В.М., Щербачков А.С. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 16. С. 27-32.
- [3] Петрунькин В.Ю., Сысуюев В.М., Щербачков А.С., Гарбузов Д.З., Ильин Ю.В., Тарасов И.С. // Письма в ЖТФ. 1989. Т.15. В. 24. С. 64-68.

Поступило в Редакцию
15 ноября 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 3

12 февраля 1991 г.

06.1; 06.2; 06.3

© 1991

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ С ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ

В.П. М а х н и й

Создание полупроводниковых излучателей с высокой временной и температурной стабильностью является актуальной задачей современной оптоэлектроники. Широко используемые в настоящее время инжекционные светоизлучающие диоды (СИД) обладают достаточно малым температурным коэффициентом излучения (ТКИ) - 0,5-1%/°С [1, 2]. Его дальнейшее уменьшение требует применения

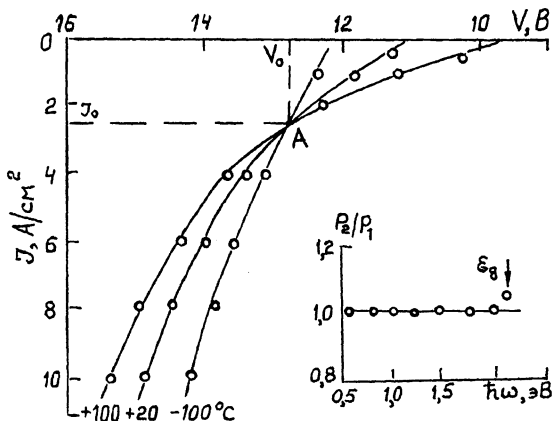


Рис. 1. Обратная ветвь ВАХ диода металл- GaP при различных температурах. На вставке - отношение спектральных плотностей излучения при двух температурах $+100$ и -100 °C.

дополнительных мер термостабилизации - микрохолодильников, гибридных приборов, термокомпенсирующих электронных схем и т.п. Кроме того, для создания широкополосного термостабильного излучателя необходимо использование нескольких различных СИД, что усложняет конструкцию и схему управления. Одним из путей устранения указанных трудностей является использование светодиодов в предпробойном режиме работы. Разработанные в последнее время на основе ряда широкозонных полупроводников предпробойные электролюминесцентные излучатели (ПЭЛИ) обладают однородным по площади выпрямляющего контакта и стабильным во времени излучением, высоким быстродействием и внутренней эффективностью 10^{-4} - 10^{-2} квант/электрон [3, 4]. При работе в схеме с генератором тока они легко обеспечивают ТКИ $\lesssim 0.1$ %/°C в широких спектральном и температурном интервалах [1, 3-5]. Вместе с тем, приведенные ниже результаты показывают реальную возможность резкого уменьшения ТКИ ПЭЛИ.

В качестве объекта исследования были выбраны поверхностно-барьерные диоды на основе GaP , технология получения и основные свойства которых описаны в работе [5]. ТКИ в диапазоне ± 60 °C составляет всего 0.03 %/°C и является наименьшей известной величиной для данного класса приборов.

Температурная зависимость мощности P излучения на частоте ω при постоянном токе I через диод определяется главным образом температурной зависимостью внешней квантовой эффективности $\eta_{вн}$. При этом, согласно [3],

$$P = \eta_{вн} \cdot \hbar\omega \cdot I/e, \quad (1)$$

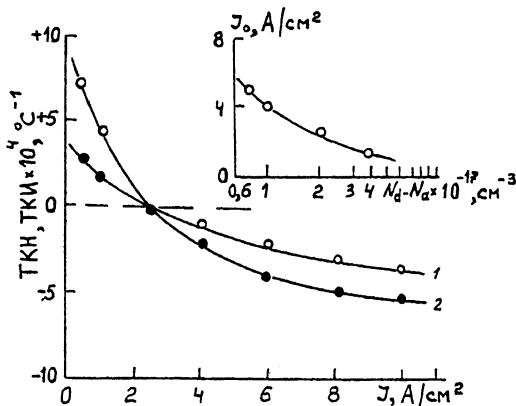


Рис. 2. Зависимости ТКН (1) и ТКИ (2) от плотности тока через диод. На вставке — зависимость J_0 от $N_d - N_a$.

где e — заряд электрона. Изменение температуры влияет на J_{BH} косвенно через изменение оптического пропускания материала диода и его рабочего напряжения V [1, 3, 6]. Влияние первого фактора в области энергии фотонов меньших ширины запрещенной зоны E_g полупроводника можно практически не учитывать. Это подтверждается данными рис. 1 и результатами исследований температурной зависимости спектрального распределения внутризонного широкополосного компонента предпробойного излучения, проведенных на других полупроводниках [1, 3].

Следовательно, зависимость $\eta_{BH}(T)$ будет практически определяться зависимостью $V(T)$, а точнее величиной температурного коэффициента изменения напряжения (ТКН). Уменьшить влияние T на η_{BH} можно выбором диодов с малой величиной ТКН, однако на практике этот способ редко применяется в силу ряда причин. Основная из них заключается в необходимости использования подложек с большой концентрацией нескомпенсированных примесей, которая, в частности, для GaP составляет около $5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ [7]. Для таких структур характерны относительно низкие рабочие напряжения, приводящие к резкому уменьшению эффективности излучения [6]. Это требует эксплуатации при больших плотностях тока, вызывающих увеличение рассеиваемой мощности и в связи с этим применение дополнительных мер термостабилизации. Последнее приводит к усложнению конструкции, увеличению габаритов и массы ПЭЛИ и ограничению областей применения.

Один из путей устранения вышеизложенных трудностей вытекает непосредственно из анализа температурной зависимости обратного тока диодов на основе широкозонных полупроводников. Для этих структур весьма типична ситуация, когда начальные участки обратной ветви вольт-амперной характеристики (ВАХ) определяются туннельными процессами (отрицательный ТКН), а в области

больших V — лавинными процессами (положительный ТКН). На обратной ветви ВАХ таких диодов имеется точка А пересечения зависимостей $J_{0SP}(V)$ при разных T . В результате действия двух конкурирующих процессов (туннельного и лавинного), обеспечивающих различные знаки ТКН, координаты J_0 и V_0 точки А практически не зависят от температуры в широком интервале ее изменения, рис. 1. Обратим внимание на то, что понятие ТКН не применимо к тепловым составляющим обратного тока (надбарьерного и генерационного в области пространственного заряда), поскольку они чрезвычайно слабо зависят от напряжения.

Таким образом, стабилизация плотности тока вблизи величины J_0 позволяет резко уменьшить значения ТКН и ТКИ, рис. 2. Существование их конечных (а не нулевых) значений обусловлено нелинейностью зависимостей $V(T)$ и $P(T)$. Тем не менее, эксплуатация исследуемого диода в схеме с генератором тока при $J = J_0$ (либо с генератором напряжения при $V = V_0$) позволила уменьшить ТКИ до 0.001% на градус в диапазоне ± 100 °С, что существенно ниже величины, приводимой в работе [5]. Оба эти режимы эксплуатации ПЭЛИ легко реализуются на практике при использовании стандартных стабилизированных источников питания.

Отметим, что рассмотренные выше механизмы образования J_{0SP} реализуются в исследуемых контактах металл- GaP с большой высотой барьера (когда тепловые составляющие тока пренебрежимо малы) и концентрацией нескомпенсированных доноров $N_d - N_a$ меньше $5 \cdot 10^{17}$ см⁻³ [7]. При этом возрастает соответственно V_0 и $J_{ВН}$, а в конечном итоге и мощность излучения. Кроме того, рост P происходит также вследствие наблюдаемого на опыте увеличения J_0 при уменьшении $N_d - N_a$ (вставка на рис. 2). Учет соотношения $I = J_0 \cdot S$ между током и его плотностью дает возможность простого управления мощностью излучения путем изменения площади S структуры. Последнее обстоятельство особенно важно при создании термостабильных монокристаллических ПЭЛИ с калиброванной мощностью излучения.

Таким образом, основное условие выбора диодной структуры для создания ПЭЛИ с низким значением ТКИ состоит в том, что обратная ВАХ должна быть обусловлена лавинным размножением носителей заряда, вводимых в область сильного электрического поля барьера туннельным путем. Тепловые составляющие J_{0SP} при этом должны быть намного меньше туннельного тока. Указанное неравенство выполняется для диодных структур с большой высотой барьера, полученных на основе умеренно легированных широкозонных полупроводников. При большой концентрации нескомпенсированных примесей J_{0SP} имеет туннельный характер во всех исследуемых интервалах V и T , а при низкой — резко уменьшается вероятность туннелирования. Установление реальных пределов изменения концентрации требует исследования механизмов образования J_{0SP} конкретного типа диодной структуры на основе конкретного полупроводника.

В заключение отметим, что высокая температурная и времен-

ная стабильность в сочетании с другими достоинствами ПЭЛИ на широкозонных полупроводниках позволяют использовать их в оптической метрологии для определения параметров широкого класса фотоприемников.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Ермаков О.Н. Влияние температурных эффектов на характеристики полупроводниковых источников излучения. 4. П. Обзоры по электронной технике. Сер. 2. Полупроводниковые приборы. 1987. В. 1 (1254). 54 с.
- [2] Коган Л.М. Полупроводниковые светоизлучающие диоды. М.: Энергоатомиздат, 1983. 208 с.
- [3] В е р е щ а г и н И.К. и др. Электролюминесцентные источники света / М.: Энергоатомиздат, 1990. 168 с.
- [4] К о з у а с х е н к о Л.А., М а к н и у V.P. Fourt. Intern. Conf. on II-VI Compounds. 17-22 September. 1989. Berlin (West). Th. P-46.
- [5] К а б а н о в а И.С., К о с я ч е н к о Л.А., М а х н и й В.П. // Электронная техника. Сер. 2. Полупроводниковые приборы, 1986. В.5 (184). С. 74-76.
- [6] К о с я ч е н к о Л.А. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1985. Т. 49. В. 10. С. 1934-1939.
- [7] К а б а н о в а И.С. Генерационно-рекомбинационные, туннельные и лавинные процессы в контактах металл-фосфид галлия. Авт. канд. дис., Черновцы, 1988. 20 с.

Поступило в Редакцию

5 апреля 1990 г.

В окончательной редакции

29 октября 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 3

12 февраля 1991 г.

02; 11

© 1991

ЛАЗЕРНОЕ ИНИЦИИРОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛЕНОК ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ МОЛЕКУЛ ГАЗА

В.С. А к с е н о в, А.П. Б е л и к о в,

В.Д. Б о р м а н, В.И. Т р о я н,

А.В. Х м е л е в

Ранее в работах [1, 2] был установлен эффект лазерного инициирования восстановления CuO аммиаком при колебательном возбуждении NH_3 и стимулировании электронных переходов при поглощении в оксиде излучения лазера. Об увеличении скорости реак-