

К. ф.-м. н. А. С. ГАРКАВЕНКО

Украина, г. Львов, Центр физ.-мат. исследований "Кварк"

Дата поступления в редакцию
18.11 1999 г.

Оппонент д. т. н. В. А. МОКРИЦКИЙ

МЕТАЛЛЫ С ДЫРОЧНОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ В ИЗЛУЧАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТНО-БАРЬЕРНЫХ ДИОДАХ

Металлы с дырочной проводимостью позволяют получить излучающие диоды на основе барьера Шоттки с полупроводниками A^2B^6 .

Известно, что полупроводниковые материалы с униполярной проводимостью (ZnS, ZnO, CdS, CdSe, GaN и т. д.) являются прямозонными и имеют высокий квантовый выход излучательной рекомбинации. В этой связи актуальным становится вопрос о создании на основе этих материалов светодиодов и инжекционных лазеров. Однако получение $p-n$ -перехода на ZnS, ZnO, GaN практически невозможно, а на CdS, CdSe, ZnSe — связано с существенными технологическими трудностями [1]. Эти трудности побуждают специалистов создавать на основе таких соединений другие типы выпрямляющих структур, например, диоды Шоттки или, как они еще называются, поверхностно-барьерные диоды, основанные на контакте «металл — полупроводник».

Поскольку базовый полупроводник здесь имеет n -тип проводимости, то для возникновения люминесцентного излучения необходима инжекция дырок в него. Как правило, для металлов дырочная составляющая тока — ничтожная доля электронной. Вместе с тем инжекция дырок из металла в полупроводник становится существенной при сильном искривлении энергетических зон у поверхности, т. е. при высоком потенциальном барьере [2, с. 116]. Этим можно воспользоваться для создания диодов на основе Au — ZnS, Au — ZnSe, Ni — ZnSe [3], но такие диоды обладают низким квантовым выходом (0,1 — 0,01 %) и низкой интенсивностью излучения (500 — 1000 фотон/с). Это естественно, поскольку если плотность потока дырок оценить по формуле

$$N_p \approx S \vartheta_T N \exp\left[-(E_g - eu)/kT\right], \quad (1)$$

где S — площадь перехода;

ϑ_T — средняя тепловая скорость носителей;

N — эффективная плотность состояний в металле;

E_g — ширина запрещенной зоны полупроводника;

e — заряд электрона;

u — прямое напряжение, приложенное к диоду;

k — постоянная Больцмана;

T — абсолютная температура,

то она составила при комнатной температуре (при $u \approx 1,4 \dots 1,6$ В, $\vartheta_T \approx 10^7$ см/с и $N \approx 10^{18} \dots 10^{19}$ см⁻³) примерно $10^2 - 10^8$ с⁻¹, т. е. была достаточно мала для интенсивной инжекционной люминесценции.

Для увеличения плотности потока дырок из металла в полупроводник в данной работе предлагается использовать *контактирующий металл, обладающий не электронной, а дырочной проводимостью*. Такими металлами, по данным измерения эффекта Холла [4, с. 76], являются ванадий, хром, марганец, железо. В этом ряду может быть рассмотрен и полуметалл сурьма. Сурьма, например, имеет высокую концентрацию дырок ($p \approx 5,5 \cdot 10^{19}$ см⁻³ [5, с. 124]), а дырочная проводимость сохраняется вплоть до температуры плавления.

Для сильно легированного полупроводника n -типа плотность прямого тока через барьер Шоттки равна [11]

$$j = \frac{ep\vartheta_T}{4} \left(\frac{eu}{kT} - 1 \right), \quad (2)$$

где $ep\vartheta_T/4 = j_s$ — плотность тока насыщения, равная плотности дырочного тока из металла в полупроводник.

Величину полного потока инжекционной люминесценции можно оценить по формуле

$$I \approx pd/\tau, \quad (3)$$

где τ — время жизни носителей;

d — ширина обедненного слоя.

При $p \approx 10^{19}$ см⁻³, $d \approx 0,1$ мкм, $\tau \approx 10^{-7}$ с величина I примерно равна 10^{21} фотон/(см²·с), что свидетельствует об интенсивной люминесценции. (Применение, например, сурьмы для создания барьера Шоттки с сульфидом кадмия позволяет получать полный поток инжекционной люминесценции около 10^{25} фотон/(м²·с).)

Очевидно, этот факт малоизвестен (или неизвестен вовсе), и все предшествующие исследователи излучающих диодов Шоттки прошли мимо него. Автором проведены исследования физических характеристик таких излучающих диодов на основе контакта Sb — ZnS, Sb — ZnSe, Sb — ZnO, Sb — CdS, Sb — GaN и т. д. и запатентован способ их получения.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Георгобиани А. Н., Котляревский М. Б. Проблемы создания инжекционных светодиодов на основе широкозонных полупроводниковых соединений A^2B^6 // Изв. АН СССР. Сер. Физ. — 1985. — Т. 49, № 10. — С. 1916—1992.

2. Верецагин И. К., Ковалев Б. А., Косяченко Л. А., Кокин С. Н. Электролюминесцентные источники света. — М.: Энергоатомиздат, 1990.

3. Гаркавенко А. С., Гатало М. С., Кособуцкий П. С. Измерение квантового выхода фото- и электролюминесценции // Физическая электроника. — 1992. — Вып. 42. — С. 116—118.

4. Соболев В. Д. Физические основы электронной техники. — М.: Высшая школа, 1979.

5. Каллуэй Дж. Теория энергетической зонной структуры. — М.: Мир, 1969.

ОТ РАЗРАБОТКИ К ВНЕДРЕНИЮ

Украина, г. Донецк, НИИ комплексной автоматизации

ГАСТРОДУОДЕНОСКОП С ВОЛОКОННОЙ ОПТИКОЙ

Сформулированы предложения по организации в Донецком НИИ комплексной автоматизации центра по производству отечественных волоконно-оптических эндоскопов.

Как известно, волоконно-оптические эндоскопы, приборы визуальной медицинской и технической диагностики, относятся к изделиям технологий высокого уровня [1, 2]. Особенно перспективны их применения с учетом появления данных по взаимодействию биологических тканей с лазерным излучением [3], когда с помощью волоконно-оптических линий передачи лазерного излучения легко решаются задачи терапии и хирургии труднодоступных органов.

В рамках программы развития медицинского приборостроения Донецким НИИ комплексной автоматизации была начата разработка первого отечественного волоконно-оптического (гибкого) гастродуоденоскопа (ГД-ВО-1). (Заказчиком является ГУО «Политехмед», медико-технические требования на разработку утверждены Комитетом по новой медицинской технике МОЗ Украины.) До этого в Украине не разрабатывались и не изготовлялись изделия такого уровня. В качестве аналога был принят гастродуоденоскоп производства Санкт-Петербургского объединения «ЛОМО» — ГД-Б-ВО-3.

Соисполнителями разработки выступили СКТБ «Электромедтехника» (г. Каменец-Подольск), Институт проблем регистрации информации НАНУ (г. Киев), научно-производственные фирмы «Оптрон» (г. Мелитополь) и «ДИСК» (г. Донецк).

Медико-технические требования к гастродуоденоскопу: общая длина — $1349,5 \pm 40$ мм; размер поперечного сечения рабочей части — $12,3 \pm 1,0$ мм; диаметр инструментального канала — $2,8 \pm 0,2$ мм; длина рабочей части — 1035 ± 30 мм; длина дистального управляемого конца — 100 ± 5 мм; длина жесткой части дистального конца — не более 10 мм; длина осветительного кабеля — 1600 ± 48 мм; поле зрения гастродуоденоскопа должно иметь резкую границу, в нем не должно быть видно светящихся



фасок оптических деталей и рефлексов, мешающих наблюдению и снижающих качество изображения; при осмотре поля зрения гастродуоденоскопа в проходящем свете не должны быть видны загрязнения, пятна, царапины, налеты, свили и дымы, мешающие наблюдению; угловое поле оптической системы гастродуоденоскопа в пространстве предметов — $100 \pm 15^\circ$; диапазон рабочих расстояний оптической системы — 3—100 мм; расчетное рабочее расстояние — 15 ± 5 мм; видимое увеличение оптической системы на расчетном рабочем расстоянии — не менее 1,5 крат; разрешающая способность оптической системы на расчетном рабочем расстоянии в центре поля — не менее 3 лин./мм; максимальная освещенность рабочей зоны на расчетном рабочем расстоянии — не менее 3000 лк и не менее 3600 лк — при фотографировании; в поле зрения гастродуоденоскопа не должно быть более 40 темных и серых пятен; коэффициент равномерности освещенности объекта наблюдения — не менее 0,6; коэффициент интегрального светопропускания каналов освещения и передачи изображения — не менее 7%; угол изгиба дистального конца гастродуоденоскопа: вверх — 180° , вниз — 90° , вправо — 100° , влево — 100° ; допустимое отклонение угла изгиба дистального конца не более $+20^\circ$, -10° ; диоптрийная подвижка окуляра — ± 5 дптр; рабочая часть гастродуоденоскопа должна быть герметичной; масса гастродуоденоскопа — не более 1,5 кг; гастродуо-