

НА ПУТИ СОЗДАНИЯ УМНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ИНТЕГРАЦИЕЙ Si/III-V СВЕТОДИОДНЫХ СТРУКТУР.

В.И. Осинский¹, И.В. Масол², Н.Н. Ляхова¹, П.В. Деминский^{1,3}

¹Институт Микроприборов НАН Украины. Северо-Сырецкая 3, 04136, Киев,
+3(044)4347655, e-mail: osinsky@imd.org.ua;

²Компания "Росток", Киев

³НТУУ "КПИ", пр. Победы 37, 03056, Киев

В данной статье представлена технология монолитной интеграции Si/A³B⁵ белого источника света. В [1,2] предлагается принцип создания белого сверхъяркого светодиода на основе гетерогенных полупроводниковых материалов и структур. Белый сверхъяркий светодиод содержит твердые материалы гетероструктур A³B⁵ инжекторов электронов и дырок, активные излучающие слои сформированные из метастабильных фаз многокомпонентных твердых соединений и градуированной структуры запрещенной зоны с квантовыми точками (Рис.1) Гетероструктуры инжекторов электронов и дырок формируются молекулярно-лучевой или МОС-гидридной эпитаксией и излучающий слой формируется лазерным или ионно-плазменным воздействием на процесс роста, последующего отжига и формирования р-п перехода который пересекает всю толщину активной области таким образом, что переход формируется планарной или другой формы.

В системе GaInN, GaNP, GaInNAs и AlGaInAs есть области существенного обеднения смешивания при реальных температурах технологического процесса. Расчеты показывают, что критическая температура для получения результата составляет немного больше тысячи градусов. Например, для получения GaNP гетероструктуры требуется 7000К. Для четверных твердых соединений, критическая температура (Tc) выше чем для трех-компонентных; для систем GaInAsP Tc = 1081 К, тогда как для GaInP Tc = 897 К.

Из статистических данных наглядно видно что увеличение количества различных атомов увеличивает вероятность получения нанокластеров в макро и микро матричных твердых соединениях. Размеры нанокластеров при некоррелированном росте возможно оценить из статистически независимых распределений атомов в решетке.

Эпитаксиальный рост реализован на наличии твердых растворов которые обладают большой шириной запрещенной зоны Eg с постепенным изменением атомного состава таким образом, что Eg уменьшается в соответствии с уменьшением энергии кванта излучения от синего до красного видимого спектра. Адаптированная запрещенная зона последовательно выращивается легированием донорными примесями, без легирования и с легированием акцепторными примесями. При этом как доноры используются Si, Mg, Se или Te. В качестве акцепторов используются Zn или Be. Активный излучающий слой формируется таким образом, что он содержит метастабильные фазы твердых соединений из которых путем использования лазерного или ионного воздействия с последующим легированием формируются квантовые ямы и точки. Они постепенно заполняют активную запрещенную зону с высокой плотностью. Рост от ионизированного источника для третьей и пятой групп элементов начинается с нитрида галлия-алюминия, постепенно уменьшается концентрация алюминия и увеличивается концентрация галлия, после чего водятся ионы и атомы индия, мышьяка и фосфора (Рис.1б).

Значение и толщина р-п перехода светоизлучающих диодов определяется в зависимости от специфики белого источника света с учетом технологических параметров подготовки многослойной структур с использованием вычислительной техники для контроля процессов как эпитаксиального роста так и микроэлектронных процессов создания сложных технологических схем. Технологически, для контроля состава, разработанная в этой работе позволяет формировать большое количество светодиодов и селективных фотоприемников в одном чипе. Таким образом, белый свет синтезируется из большого числа монохроматических спектров, которые перекрываются между собой.

Белый сверхъяркий светодиод работает следующим образом. В связи с постоянным напряжением на р-п переходе, инжекция электронов и дырок реализуется в области пространственного заряда, где расположены квантовые точки. Электроны и дырки вводятся в квантовые точки где происходит их рекомбинация и излучение кванта света с энергией, соответствующей энергетическим уровням электронов и дырок. Широкий спектр белого излучения осуществляется одновременно тремя механизмами, которые влияют на непрерывность энергетического спектра передачи, независимость от различных изменений, для примера,

температуры. Это стабилизирует спектр белого излучения сверх яркого светодиода, который эффективно отличает их от известных технических решений.

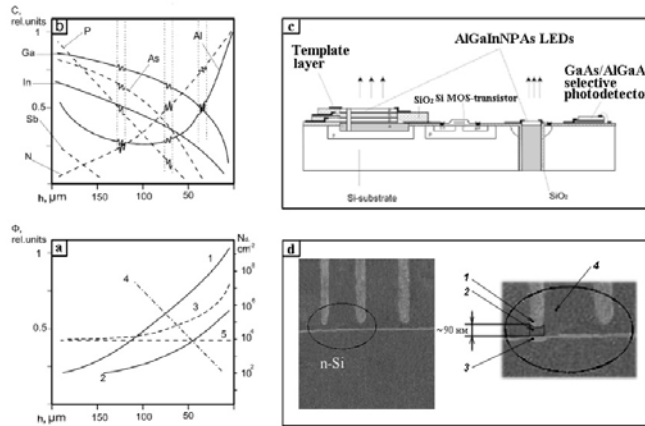


Fig. 1. (a) – диаграмма смешивания цветов в светодиоде; (b) – изменение компонентов твёрдого раствора в AlGaInNPAsSb для одночипового белого светодиода; (c) – интеграция белого светодиода на основе A^3B^5 с Si МОП-транзистором; (d) – РЭМ изображение темплетного слоя: 1 - GaN. 2 –изолирующая прослойка, 3 - Si_3N_4 -слой, предотвращающий рост GaN на кремнианаде поры, 4 –анодный Al_2O_3 .

Современные методы планарной технологии микро- и наноструктур позволяет создавать большое количество плоских p-n переходов с различной топологией в одном чипе, что обеспечивает оптимизацию протекания электрического тока и значения выходного излучения из светодиодной структуры. Смешивание белого света в кристалле светодиода может быть реализовано включением нескольких активных слоев с различными энергиями запрещенных зон для подачи цветного света с различными длинами волн, для создания смешанного света широкого спектра излучения. В этом случае квантовые ямы активных слоев имеют различные запрещенные зоны и так же разделены барьерными слоями с различными запрещенными зонами.

Литература

- [1]. V. Osinsky, P. Oleksenko, A. Palagin, et al., The problems of integration of heteroelectronic structures with silicon integrated circuits // *Tekhnologiya and konstruirovaniye v elektronnoi aparature* No. 1, p. 3-17 (1999) (in Russian).
- [2]. V. Osinsky, V. Verbitsky, Yu. Mokeev et al., White superluminescent LED and the method of its production // Patent of Ukraine #56544A, 17.07.2002.
- [3]. V. Osinsky, V. Labunov, G. Gorokh, N.M. Liahova, N.O. Liahova, D. Solovey, Template layers for Si/ A_3B_5 nanostructures // *Elektronika i svyaz'*, temat. vypusk "Problemy elektroniki" No. 1-2, p. 70-75 (2008) (in Russian).

IN THE WAY OF INTELLECTUAL LIGHTING BY LED INTEGRAL SI/III-N STRUCTURES.

V.I.Osinsky¹, I.V.Maso², N.N.Lyahova¹, P.V.Deminsky^{1,3}

¹Institute of Microdevices NAS of Ukraine. Severo-Syretska str., No 3, 04136, Kyiv, +3(044)4347655, e-mail: osinsky@imd.org.ua;

²“Rostok” company, Kyiv

In this paper, we report about Si/ A_3B_5 white LED source technology based on monolithic integration. In [1,2] the principle of a new superbright white LED based on heterogeneous semiconductor materials and structures is proposed.

Thus, Si/ A_3B_5 white LED source technology based on monolithic integration of based on heterogeneous semiconductor materials and structures has been considered.