Фотолюминесценция эрбия в In_2O_3

К.В. Феклисов¹⁾, А.В. Гуляев¹⁾, А.Г. Лемзяков²⁾

¹ ИФП СО РАН, Новосибирск, 630090, пр. Ак. Лавреньева, 13

тел.: +7 (383) 333-2537, факс: +7 (383) 333-2771, эл. почта: kos@isp.nsc.ru

² Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск, 630090, пр-кт акад. Лавреньева, 11

тел.: +7 (383) 329-4697, эл. почта: A.G.Lemzyakov@inp.nsk.su

DOI 10.34077/RCSP2019-170

Одним из актуальных вопросов современной физики полупроводников является создание эффективных светоизлучающих приборов, интегрированных с хорошо развитой кремниевой технологией. Создание подобных гибридных устройств откроет перспективу передачи данных по оптическому каналу как между различными процессорами на одной плате, так и между блоками внутри одного процессора, что значительно увеличит скорость обработки информации. Особенный интерес представляют источники излучения в телекоммуникационном диапазоне пропускания оптоволоконных линий связи 1.5 мкм.

Эрбий считается перспективным легирующим элементом для создания интегрированных опто-электронных приборов на кремнии. Его оптический переход $\text{Er}^{+3}: {}^4\text{I}_{13/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$ на длине волны 1.54 мкм попадает в диапазон наименьших потерь оптоволоконных линий. На его основе, например, созданы оптоволоконные лазеры с оптической накачкой. Преимуществом данной системы Er в SiO_2 является 100% оптическая активность всех внедренных атомов Er благодаря окружению из атомов кислорода и слабое гашение фотолюминесценции (ФЛ) при комнатной температуре. Недостатком этой системы является большой барьер для инжекции электронов и дырок из кремния в окисел (~3 и 5 эВ). При этом электрическую накачку-возбуждение Er удастся осуществить лишь по ударному механизму горячими носителями, что приводит к ограниченно низкой эффективности электролюминесценции. Перспективной так же считается система Er в кремнии. Преимуществом этой системы является полная совместимость с кремниевой технологией и возможность электрической накачки возбуждения по экситонному механизму в результате рекомбинации электронно-дырочных пар. Несмотря на длительные и обширные исследования, начиная с 1983 года с работ Ennen [1] и по настоящее время (см. обзоры [2]) в этой системе остается не решен ряд технологических и физических задач. Во-первых, легирование кремния высокой концентрацией атомов Er в оптически активном состоянии. Во-вторых, проблема обратного девозбуждения атомов Er без эмиссии фотона, которое ведет к эффекту температурного гашения фотолюминесценции при комнатной температуре при возбуждении эрбия в кремнии по экситонному механизму.

В работе предложена система в которой предполагается обойти вышеперечисленные трудности. Предлагается исследовать электролюминесценцию Er в пленке оксида металла In_2O_3 , осажденной на кремниевую подложку. Преимуществом данной системы является, во-первых, оптическая активность всех внедренных атомов Er, а так же возможность сильного легирования Er до 10 ат.%. Во-вторых, ожидается отсутствие значимого эффекта температурного гашения люминесценции Er, присущее диэлектрикам. В третьих, относительно небольшая ширина запрещенной зоны In_2O_3 (непрямая 2.6 эВ [3], прямая 3.7-3.8 эВ [3,4]) позволяет надеяться на эффективную инжекцию обоих типов носителей из кремния, как электронов, так и дырок и реализацию эффективного экситонного механизма возбуждения. В работе возбуждение ФЛ Er в In_2O_3 планируется осуществить двумя способами. Во-первых, прямым возбуждением уровня $\text{Er}^{3+} {}^2\text{H}_{11/2}$ 19010.8 cm^{-1} (526 нм) [5] с помощью YAG:Nd лазера (527 нм). Во-вторых, с помощью ультра-фиолетового лазера (325 нм), с энергией 3.8 эВ, превышающей ширину запрещенной зоны In_2O_3 и достаточной для создания электронно-дырочных пар в In_2O_3 и возбуждения эрбия по экситонному механизму. Сравнение температурных зависимостей ФЛ в диапазоне 77-300К для этих двух типов возбуждения позволит подтвердить эффективность экситонного механизма возбуждения для перспективной электролюминесценции (ЭЛ). Кроме того, будут рассмотрены предпосылки получения электролюминесценции (ЭЛ) в предложенной системе: исследована инжекция электронов и дырок в пленки $\text{In}_2\text{O}_3\text{:Er}$ на кремнии.

Литература

- [1] H. Ennen et. al. // *J. Appl. Phys.* 61, 4877 (1987)
- [2] Соболев Н.А. // ФТП. 1995. Т. 29. С. 1153.; A. Polman // *J. Appl. Phys.* 1997. V 82. P. 1.; Kenyon A.J. // *Semicond. Sci. Technol.* 2005. V. 20 P. R65
- [3] R.L. Weiher, R.P. Ley, *J. Appl. Phys.* 37 (1966) 299; P. A. Cox, W. R. Flavell, and R. G. Egdell, *J. Solid State Chem.* 68, 340 (1987).
- [4] V. Senthilkumar, P. Vickraman, *Current Applied Physics* 10, pp. 880-885 (2010)
- [5] Carnall W.T., Fields P.R. and Rajnak K. // *J. Chem. Phys.* 1968. V. 49. P. 4424.