Коэффициенты умножения фотоносителей в лавинных гетерофотиодах с разделенными областями поглощения и умножения

В.А.Холоднов^{1,2,3,4)}, И.Д. Бурлаков^{1,2)}, А.К.Ильясов¹⁾

¹ АО «НПО «Орион», Москва, 111538, ул. Косинская, 9

²МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, 119454, проспект Вернадского, 78

³ *Институт радиотехники и электроники им.В.А. Котельникова РАН, Москва, 125009,
ул. Моховая 11, корп.7*

⁴ МФТИ, Москва, 117303, ул. Керченская, д. 1А, корп. 1

тел: +7 (916) 189-11-28, эл. почта: vkholodnov@mail.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-49

Двойные $p-n$ гетероструктуры (ГС) для лавинных фотодиодов (ЛФД) представляют собой ГС $p_{wg}^+ - n_{wg} - n_{ng} - n_{wg}^+$ (рис.1) или $n_{wg}^+ - p_{wg} - p_{ng} - p_{wg}^+$ типов. Такие ГС на основе прямозонных полупроводников позволяют создавать высокоэффективные лавинные гетерофотодиоды (ЛГФД) с разделенными областями поглощения и умножения (РОПУ) [1-3]. Для достижения высоких характеристик ЛГФД параметры ГС должны быть такими, чтобы в рабочем режиме область пространственного заряда (ОПЗ) проникала в "узкозонный" (ng), фотопоглощающий слой II, имеющий толщину W_2 (рис.1).

Одной из основных характеристик ЛФД, в том числе и ЛГФД, является коэффициент размножения фотоносителей M_{ph} . Именно им определяется коэффициент усиления фототока. Обычный способ вычисления зависимости M_{ph} от напряжения на структуре V основан на численной обработке в каждой конкретной ситуации известных интегральных соотношений [2,4].

Такой способ вычисления трудоемок, особенно при решении сопутствующих задач. В случае ЛГФД с РОПУ такой задачей является вычисление туннельных токов [1,2]. Поэтому весьма ценно иметь аналитические зависимости $M_{ph}(V)$. За счет слабого, чем E^7 , изменения с

напряженностью поля E функции $f(E) = \frac{\ln(\beta/\alpha)}{(\beta/\alpha) - 1}$ этого

позволяет добиться соотношение [2, 4] $\alpha(E) = A \cdot f(E) \cdot E^7$, где $\alpha(E)$ и $\beta(E)$ - коэффициенты ударной ионизации электронов и дырок, A - некоторая константа, определяемая фундаментальными параметрами полупроводника [2, 4].

Для гомогенных структур соответствующие выражения получены в работе [5], а для ЛГФД с РОПУ таких выражений до сих пор практически нет. В тоже время они нужны для физического проектирования ЛГФД с РОПУ. Определению искомых зависимостей и посвящен данный доклад.

Литература

- [1] В.А. Холоднов. Оптимальные параметры гетероструктуры порогового лавинного фотодиода с разделенными областями поглощения и умножения. Оптический журнал. 1996. № 6. с.42-48
- [2] И.Д. Бурлаков, А.М. Филачев, В.А. Холоднов Аналитическое описание характеристик лавинных фотодиодов (части I и II). Успехи прикладной физики, 2016. т. 4, № 1 и №2.
- [3] С. М Зи. Физика полупроводниковых приборов. М.: Мир, 1984. Кн. 1, 455 с.; Кн. 2, 455 с.; Sze S.M., Ng Kwok K. Physics of Semiconductor Devices. Wiley, 2007.
- [4] В.А. Холоднов. О возможной связи между коэффициентами ударной ионизации электронов и дырок в полупроводниках. Письма в ЖТФ. 1988 г., Т. 14, 6, стр. 551 - 556.
- [5] В.А. Холоднов. Коэффициенты лавинного размножения носителей в р-п структурах. Физика и техника полупроводников. 1996. т. 30, № 6.