

Туннельные фотодетекторы на основе ван-дер-ваальсовых гетероструктур

Д.А. Свинцов¹, В.И. Рыжий^{1,2}

1. Московский физико-технический институт (государственный университет), лаборатория оптоэлектроники двумерных материалов
2. Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники РАН

Фотодетекторы на основе квантовых ям в соединениях $A_{II}B_{VI}$ используются в исследованиях дальнего ИК диапазона на протяжении более трех десятилетий. Однако большие темновые токи, необходимость наклонного падения регистрируемого излучения, высокая вероятность захвата фотовозбужденных носителей делают работу этих приборов невозможной при комнатной температуре [1]. В данной работе мы теоретически показываем, что детекторы, работающие по аналогичному принципу и лишенные данных недостатков, можно реализовать на основе слоев графена, разделенных тонкими слоями диэлектриков [2].

Зонная диаграмма прибора в отсутствие освещения (А) и при его наличии (В) показаны на рис. 1. Излучение, поляризованное в плоскости графена, вызывает межзонные переходы. Для большинства диэлектриков, имеющих схожую с графеном кристаллическую структуру (MoS_2 , WS_2), высота барьера для дырок много больше, чем для электронов. Это приводит к туннелированию фотовозбужденных электронов и появлению фототока. Значительно больший вклад в фототок может происходить из-за накопления объемного заряда дырок и изменения прозрачности барьера у слоя-эмиттера. В работе разработана модель многослойного графенового фотодетектора, учитывающая энергетическую релаксацию и захват возбужденных носителей, а также темновой ток термически ионизованных электронов и дырок. Показано, что чувствительность фотодетекторов очень слабо зависит от числа графеновых слоев (рис. 1 D); обнаружительная способность пропорциональна корню из числа слоев, а коэффициент фотоэлектрического усиления обратно пропорционален вероятности захвата и может быть значительно больше единицы.

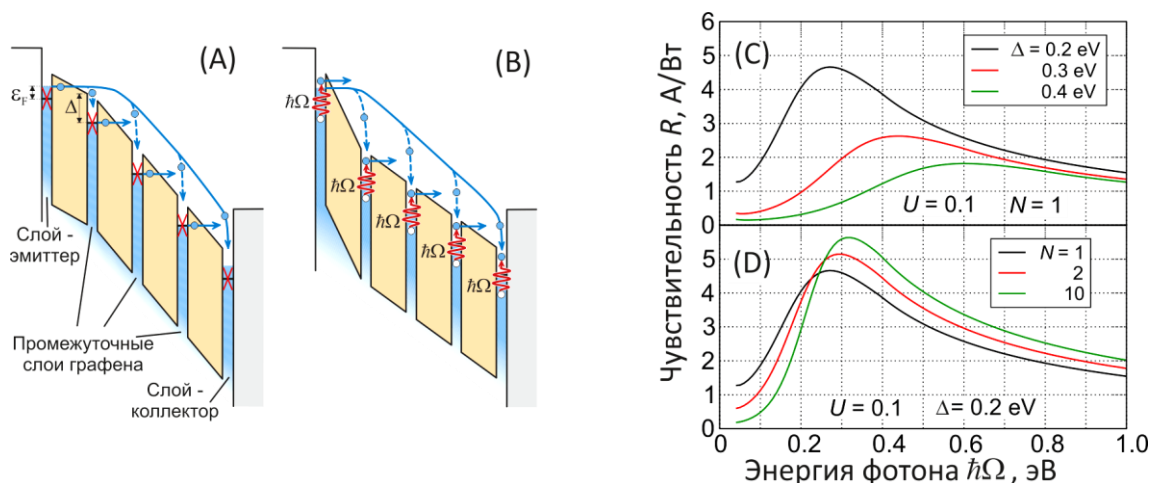


Рис. 1. Зонные диаграммы рассматриваемого фотодетектора в отсутствие освещения (А) и при его наличии (В).

Спектральная чувствительность для разной высоты барьера Δ (С) и для разного числа слоев N (D).

Литература

1. H. Shneider, H.C. Liu “Quantum well infrared photodetectors”, Springer Verlag, Berlin (2007)
2. V. Ryzhii, M. Ryzhii, D. Svintsov, V. Leiman, V. Mitin, M.S. Shur, T. Otsuji “Infrared photodetectors based on graphene van der Waals heterostructures” arXiv:1609.01381 (2016)