Чувствительность пленок PbSnTe:In к тепловому излучению низкотемпературных (вплоть до $T=60\text{K}$) источников

А.Э. Климов^{1,2}, В.А. Голяшов^{1,3}, Д.В. Горшков¹, Н.С. Пашин¹, Г.Ю. Сидоров¹, С.П. Супрун¹,
В.Н. Шерстякова¹, О.Е. Терещенко^{1,3}

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск,
630090, пр. Ак. Лаврентьева, 13

тел: +7 (383) 330-7883, факс: +7 (383) 333-2771, эл. почта: klimov@isp.nsc.ru

² Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск,
630073, пр. Карла Маркса, 20

³ Новосибирский государственный университет, Новосибирск, 630090, Пирогова, 1

DOI 10.34077/RCSP2021-39

В настоящее время интерес к узкозонному $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ обусловлен, прежде всего, наличием фазы топологического кристаллического изолятора (ТКИ) в области инверсии краев зоны проводимости и валентной зоны. Вблизи $T=4,2\text{ K}$ фаза ТКИ реализуется в области $x > x_{\text{inv}} \approx 0,35$. Формально x_{inv} соответствует $E_g=0$. При $x \sim x_{\text{inv}}$ потенциально возможно получение PbSnTe со сколь угодно малой E_g . Это является базой для создания фотодетекторов (ФД) на межзонных переходах не только для сверхдальнего ИК, но и терагерцового (ТГц) спектральных диапазонов. Известно также, что добавление индия с концентрацией $\sim (1-2)$ ат.% позволяет на многие порядки снизить проводимость в PbSnTe:In в определенной области x с улучшением пороговых параметров ФД [1]. Значительное число публикаций подтверждает чувствительность PbSnTe в указанных диапазонах [1,2]. Однако прямое измерение «красной границы» чувствительности $\lambda_{\text{кр}}$ затруднено из-за гигантских (до часов и суток) постоянных времени фотоответа $\tau_{\text{ф}}$ при гелиевых температурах. Так, при типичном для спектральных измерений уровне фонового излучения сопротивление образцов и постоянные времени фотоответа снижаются, по сравнению с «темновыми», на многие порядки (до 10^8 раз и более). Это может существенно менять $\lambda_{\text{кр}}$, особенно в случае, если чувствительность зависит от заселенности уровней в запрещенной зоне.

ФД ИК диапазона широко используются в системах формирования теплового изображения источника и «сцены». Их важнейшим параметром является не только температурное разрешение, но и допустимая средняя температура «сцены». Очевидно, что чем больше $\lambda_{\text{кр}}$, тем меньшая температура «сцены» может регистрироваться. В работе представлены результаты прямых измерений параметров макетов детекторов с большими $\tau_{\text{ф}}$ при $T=4,2\text{ K}$ к излучению АЧТ с $T_{\text{АЧТ}} < 80\text{ K}$ в условиях сверхнизкого фонового потока. Подобные условия могут реализовываться, например, при наблюдении за удаленными объектами Солнечной системы. При $T_{\text{АЧТ}}=70\text{ K}$ получено значение температурного разрешения $\Delta T < 0,0007\text{ K}$, соответствующее интегральной обнаружительной способности по этому источнику $D^* > 10^{14}\text{ см}\cdot\text{Гц}^{0,5}\cdot\text{Вт}^{-1}$. Рассмотрены механизмы фоточувствительности, оценено значение $\lambda_{\text{кр}}$ и возможность управления $\tau_{\text{ф}}$ в PbSnTe:In -фотодетекторах на основе впервые созданных МДП-структур с Al_2O_3 подзатворным диэлектриком. В качестве иллюстрации на рисунке показано изменение тока канала структуры этого типа под действием освещения в условиях малых потоков фотонов Φ .

Зависимости затворного напряжения (вверху) и тока канала от времени при разных потоках квантов на МДП-структуру.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 20-02-00324).

Литература

- [1] Л.И. Рябова, Д.Р. Хохлов // УФН. 2014. Т.184, вып. 10. С. 1033-1044.
- [2] A.N. Akimov et al. // J. Phys.: Conf. Series. 2018. V. 946, P. 012016.