

ШИРОКОАПЕРТУРНЫЕ ФОТОПРОВОДЯЩИЕ АНТЕННЫ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ

В. В.¹ Булгакова, В. В.¹ Букин, П. А.¹ Образцов, П. А.¹ Чижов, А. А.¹ Ушаков, С. В.¹ Гарнов

¹Институт общей физики им. А. М. Прохорова Российской академии наук,
Россия, г. Москва, 119991

Наиболее распространенным и перспективным источником терагерцового (ТГц) излучения являются фотопроводящие антенны. Эти источники представляют собой относительно мощные широкополосные импульсные излучатели с высоким пондеромоторным потенциалом [1]. Повышение эффективности таких источников за счет улучшения конструкции или использования новых полупроводниковых материалов в качестве подложки является одной из основных целей текущих исследований. Органо-неорганические перовскиты представляют собой новый класс гибридных полупроводниковых материалов, используемых для создания высокоэффективных солнечных элементов и светодиодов. Однако в терагерцовом диапазоне эти недорогие гибридные материалы практически не изучены, но представляют большой интерес для создания на их основе фотопроводящих антенн [2].

В данной работе был проведен полный цикл исследований включающий в себя синтез из растворов моно-кристаллов и поликристаллических пленок галогенидов метиламмония йодида и бромида свинца ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (MAPbI_3) и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ (MAPbBr_3)) (выполненный коллегами из ИТМО), определение их стационарных и нестационарных оптических свойств (при оптическом возбуждении фемтосекундными лазерными импульсами), разработку новых устройств на основе исследуемых материалов и измерение их характеристик. Комбинация оптической и терагерцовой спектроскопии свременным разрешением позволили определить время жизни (~ 360 пс) и подвижность носителей заряда ($\mu = 88$ $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{с}$ для MAPbBr_3 и $\mu = 58$ $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{с}$ для MAPbI_3) при комнатной температуре используя неинвазивный метод. Основным результатом работы стала демонстрация использования гибридных материалов со структурой перовскита в качестве терагерцовых фотопроводящих антенн. В результате проведенного исследования впервые продемонстрирована генерация импульсов терагерцового излучения с использованием фотопроводящих антенн на основе гибридных перовскитов при их возбуждении фемтосекундными лазерными импульсами на длинах волн 400 нм и 800 нм. Методом спектроскопии во временной области было измерена зависимость напряженности электрического поля ТГц импульсов от времени. Проведено сравнение антенн из различных материалов. Получены зависимости энергии терагерцовых импульсов от энергии оптических импульсов. Определены значения пространственной плотности энергии оптического излучения, при которой происходит выход на насыщение ($F_{\text{нас}} = 0,194$ мДж/см² для MAPbBr_3 и $F_{\text{нас}} = 0,293$ мДж/см² для MAPbI_3). Полученные результаты демонстрируют возможность применения гибридных перовскитов для создания на их основе масштабируемых ТГц фотопроводящих устройств.

Список литературы

1. Ropagnol X. et al., «Intense THz pulses with large ponderomotive potential generated from large aperture photoconductive antennas», *Opt. Exp.*, 24(11), 11299-11311 (2016).
2. Grätzel, M. The light and shade of perovskite solar cells. *Nat. Mater.* 2014, 13, 838–842.
- Образцов П. А., Lyashenko D., Chizhov P. A., Konishi K., Nemoto N., Kuwata-Gonokami M., Welch E., Образцов А. Н., Zakhidov A. Ultrafast zero-bias photocurrent and terahertz emission in hybrid perovskites. *Commun. Phys.* 2018, 1, 14.