Металлорганические перовскиты для фотоники

О.И. Семенова

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,

Новосибирск, 630090, пр. Ак. Лаврентьева, 13

тел.: +7 (383) 330-8591, факс: +7 (383) 333-2771, эл. почта: oisem@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-67

Гибридные перовскиты – класс полупроводников с общей формулой ABX_3 , где $A = CH_3NH_3$ (метил аммоний); $B = Pb$ (свинец), Sn (олово); и $X = Cl$ (хлор), Br (бром), I (йод). На основе данного класса материалов за последние пять лет наблюдается значительный прогресс в области создания тонкопленочных солнечных элементов (СЭ) [1,2], светоизлучающих диодов [3], датчиков гамма - и рентгеновского излучения. Главным преимуществом металлорганических перовскитов является то, что для их синтеза используются распространенные достаточно дешевые исходные соединения и простые технологические приемы, исключающие энергоемкие стадии и вакуумные установки. Синтез пленок, основанный на осаждении из растворов при температурах вблизи комнатной, позволяет использование стеклянных и гибких пластиковых подложек и методы струйной печати. Также неоспоримым преимуществом является возможность изменения ширины запрещенной зоны полупроводника посредством количественного изменения соотношения разных анионов. Замена йода на бром и хлор дает изменение E_g от 1,5 до 2,1 эВ.

В настоящее время наиболее изученным перовскитом является $CH_3NH_3PbI_3$ - метиламмония трийодид свинца. При использовании этого гибридного материала эффективность конверсии солнечной энергии в электрическую для лабораторных СЭ возросла с 3,5% [1] в 2009 году до 22% в 2015 [2], т.е. почти сравнялась с КПД элементов на кремниевых подложках. Добиться такого КПД удалось благодаря уникальным свойствам $CH_3NH_3PbI_3$, таким как оптимальная для СЭ ширина запрещенной зоны (1,5 эВ), высокое значение коэффициента поглощения солнечного спектра (10^5 см^{-1}), низкая энергия разложения экситонов (16 мэВ) и большая длина пробега носителей заряда (1 мкм в плёнках, 175 мкм в монокристаллах).

Другое интенсивно развивающееся применения перовскитов – светоизлучающие диоды (LED). В 2014 году в работе [4] сообщалось о первых светодиодах, которые показали квантовую эффективность 0,76%, 0,1% и 0,018% для ближнего инфракрасного, красного и зеленого излучения соответственно. Совсем недавно опубликованы сообщения о зеленых, красных и ближних инфракрасных LED с квантовой эффективностью 20,3%, [5] 21,3%, [6] и 20,7%, [7] соответственно.

Некоторые компании уже работают над коммерческим внедрением СЭ из перовскитов. Австралийские и турецкие компании вместе активно подошли к коммерциализации перовскитовых солнечных батарей, и по прогнозам, уже к 2019 году они будут представлены на мировом рынке. Аналитики энергетической отрасли утверждают, что при стоимости в 50 центов за 1 кВт, солнечная энергия становится конкурентоспособной по отношению к ископаемому топливу. То есть переход на перовскитные СЭ в глобальном масштабе позволит снизить стоимость производства электроэнергии в разы.

Литература

- [1] A. Kojima et al. // J. Am. Chem. Soc. 2009. V.131, P.6050-6051.
- [2] W.S. Yang et al. // Science. 2015. V. 348, P.1234-1237.
- [3] N.K. Kumawat et al.// Nanoscale. 2019 V. 11, P. 2109-2120.
- [4] Z.-K. Tan et al.// Nat. Nanotechnol., 2014 V. 9, P. 687-692.
- [5] K. Lin et al. // Nature, 2018, V.562, P.245 – 248.
- [6] T. Chiba et al.// Nat. Photonics, 2018, V.12, P. 681 –687.
- [7] Y. Cao et al. // Nature, 2018, V.562, P.249 – 253