Физика и технология полупроводниковых и гибридных наноструктур: тенденции развития, практические применения

Принц В.Я.

ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

DOI 10.34077/Semicond2019-35

В результате более чем 60 летнего развития кремниевая технология почти достигла предельных атомных размеров. В связи с этим для физиков и технологов 21 века вызовом является необходимость найти, исследовать и внедрить в промышленность новые материалы, с новыми функциональными свойствами, которые позволили бы продолжить прогресс в электронике, фотонике, информационных и коммуникационных технологиях. Более того, новые материалы должны обладать большим, чем кремний набором физических функциональных свойств, достаточных для создания нейромиметических вычислительных систем. Одной из областей исследования является окисная и коррелированная наноэлектроника [1]. Известно несколько десятков окислов, в том числе переходных металлов VO_2 , ZnO , Cu_2O , TiO_2 и т.д., которые являются полупроводниками, с уникальными важными для практических применений свойствами. В докладе представлен анализ физических свойств (электрических, оптических, магнитных, топологических) данных окислов, 2D полупроводниковых материалов HfSe_2 , ZrSe_2 , CuCrO_2 , Ga_2O_3 , полупроводниковых перовскитов, новых Ван-дер-Ваальсовых гетероструктур на основе дихалькогенидов переходных металлов MoS_2 , WS_2 , MoSe_2 и слоистых полупроводников TaS_3 , TiS_3 , перспективных для окисной электроники.

Во второй части доклада приведены оригинальные результаты по исследованию одного из самых перспективных полупроводников - VO_2 , который относится к сильно коррелированным электронным материалам. При фазовом переходе полупроводник-металл его проводимость меняется до 10^5 раз, наблюдается также рекордное изменение коэффициента преломления ($\Delta n > 1$). Известны структурные и электронные фазовые переходы. Рекордно малое время переключения 26 фемтосекунд (переход Мотта-Хаббарда). Наиболее ярко свойства VO_2 проявляются в монокристаллических нанокристаллах. Нам удалось впервые синтезировать упорядоченные массивы монокристаллических VO_2 нанонитей [2]. Такие массивы могут рассматриваться как законченные интеллектуальные устройства для управления оптическим излучением (фотонные кристаллы, метаматериалы). Важно, что предложенный подход стыкуется с кремниевой технологией. В работе [3] предложен новый подход в формировании VO_2 наноэлектроники, достигнуты рекордно малые энергии для электрических переключений. Приведены достижения в области формирования 3D наноструктур. На основе полученных результатов обсуждаются перспективы формирования нейроморфных вычислительных систем.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-19-00694).

[1] Colla M. et al, *Appl. Surf. Scien.* **482**, 1-93, (2019).

[2] Mutilin S. V., Prinz V. Ya., Seleznev V. A., Yakovkina L. V. *Appl. Phys. Lett.* **113**, 043101 (2018).

[3] Prinz V. Ya., Mutilin S. V., Yakovkina L. V., Gutakovskii A. K., Komonov A. I., *Nanoscale* (2019)