

В диссертационный совет

34.01.02

при ФТИ им А.Ф. Иоффе

**ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации Лебедева Сергея Павловича «Получение графена методом диссоциативного испарения (сублимации) поверхности SiC и исследование свойств структур графен/SiC», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Диссертация С.П. Лебедева посвящена исследованию синтеза графенов на поверхности карбида кремния SiC, оптимизации этого синтеза, и некоторых применений структуры SiC-Graphene, новых и известных.

**Актуальность** работы связана с тем, что в настоящее время графен на SiC является (в идеальном варианте такой структуры) готовым элементом планарной электроники со всеми преимуществами, которые графен готов дать в принципе – высокая подвижность носителей, теплоотвод, оптическая прозрачность в широком диапазоне и т.д. Несмотря на ряд серьезных проблем с внедрением графена в практику, тенденция роста числа работ в этом направлении, как теоретических, так и прикладных, сохраняется.

Существенным препятствием к использованию SiC-графенов является их однородность на больших подложках, которая позволила бы проводить *patterning* графенового слоя, будучи уверенным в качестве выделенного фрагмента.

**Научная новизна работы** состоит в том, что автору и коллективу, который он представляет, удалось существенно продвинуться в построении научной базы и технологии всего реакторного комплекса для получения больших структур SiC-Graphene и в применениях, причем одно из них – калибровка нано перемещений в сканирующей зондовой микроскопии – можно считать вполне оригинальным.

По сути, реализован комплексный подход к реакторной установке синтеза системы SiC- графен, аналогичный подходу к классической установке роста карбида кремния: теплотехническое моделирование → моделирование роста графена → работа с полученным материалом.

Why Multilayer Graphene on 4H-SiC 000\_1 Behaves Like a Single Sheet of Graphene / J. Hass, F. Varchon, J. E. Milla'n-Otoya et al. // Phys. Rev. Lett. 2008. Vol. 100. P. 125504-10 (и полдюжины других)

и, что более существенно, полученные там более 10 лет назад результаты: последовательности реконструкций поверхности SiC, предшествующие графену, варианты газовой среды при отжиге (вакуум – инертный газ – источник газофазного Si и т.д.), геометрии (e.g., face to face), другие ухищрения, позволяющие повысить качество графена. Эти результаты перекрываются с положениями, выносимыми на защиту, в частности, с положениями 1 и 4. В связи с этим был бы желателен более тщательный выбор этих положений, в большей степени базирующийся на собственных оригинальных результатах. Тем более, что в диссертации таких результатов предостаточно.

3. Тот факт, что основные и наиболее доступные политипы SiC – 4H и 6H не влияют на качество графена, также является довольно известным результатом.

Сделанные замечания касаются в основном стиля автореферата диссертации и не отменяют полученного в диссертации результата – физико- химического обоснования технологии получения графена на карбиде кремния увеличенного масштаба, приближающегося к производственному

Считаю, что диссертация «Получение графена методом диссоциативного испарения (сублимации) поверхности SiC и исследование свойств структур графен/SiC» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу и соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Лебедев Сергей Павлович, достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Николай Игоревич Алексеев  
доктор физико-математических наук  
профессор кафедры  
Микро- и нанoeлектроники  
С.-Петербургского Электротехнического  
Университета ЛЭТИ  
Тел. 911 943 56 24  
[NIAlekseyev@yandex.ru](mailto:NIalekseyev@yandex.ru)