

КЛАСТЕРЫ $\text{Si}_n\text{O}_m\text{H}_k^-$, РАСПЫЛЕННЫЕ ПРИ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКЕ ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ

Ш.Т.Хожиев^{1,*}, Б.Б.Гаибназаров², В.М.Ротштейн³, С.Ж. Ниматов², Ш.К. Кучканов², И.О. Косимов³, Ш.Ю. Менглиева¹

¹Ташкентская Медицинская Академия, Ташкент, Узбекистан *e-mail: Khojiev69@bk.ru

²Ташкентский государственный технический университет им.И.А.Каримова, Ташкент, Узбекистан

³Институт ионно-плазменных и лазерных технологий имени У.А. Арифова АН РУз, Ташкент, Узбекистан

Кремний является наиболее широко используемым материалом для создания СЭ. Значительные перспективы связаны с применением аморфного кремния а-Si [1]. Гидрогенизация является простым методом стабилизации поверхности кремния против окисления. Получение неактивной кремниевой поверхности, пассивированной водородом, активно изучалось на протяжении длительного времени. Однако, окисление до сих пор имеет место даже на гидрогенизированной атомарно гладкой кремниевой поверхности, а пассивация водородом кремния является практически значимым, но нестабильным процессом; в частности, эффективность преобразования энергии солнечного света в электричество в устройствах на основе гидрогенизированного аморфного кремния (а-Si:H) снижается из-за деградации, вызванной светом [2-4]. Это в совокупности определяет как научную, так и технологическую значимость поиска путей стабилизации поверхности кремниевых структур, так как чтобы успешно избежать проблем деградации. С этой точки зрения, важным является изучение гидрогенизированных кремниевых кластеров на поверхности кремния и их стабильности.

Мы изучали взаимодействие молекул воды с образованием гидрогенизированных кластеров на поверхности кремния и их эмиссию при его ионной бомбардировке, чтобы получить дополнительную информацию о возможных путях достижения стабильности и неактивности гидрогенизированных кремниевых структур.

Фотоэлектрическое преобразование энергии с помощью солнечных элементов (СЭ) является одной из наиболее перспективных технологий возобновляемой энергетики. При этом для всех типов СЭ всегда очень остро стоит проблема их деградации. В данной области к настоящему времени выполнено очень большое количество исследований, но для целого ряда полупроводниковых материалов понимание механизмов их деградационных процессов всё ещё является недостаточно полным.

Кремний является наиболее широко используемым материалом для создания СЭ. Значительные перспективы связаны с применением аморфного кремния а-Si [1]. Гидрогенизация является простым методом стабилизации поверхности кремния против окисления. Получение неактивной кремниевой поверхности, пассивированной водородом, активно изучалось на протяжении длительного времени. Однако, окисление до сих пор имеет место даже на гидрогенизированной атомарно гладкой кремниевой поверхности, а пассивация водородом кремния является практически значимым, но нестабильным процессом; в частности, эффективность преобразования энергии солнечного света в электричество в устройствах на основе гидрогенизированного аморфного кремния (а-Si:H) снижается из-за деградации, вызванной светом [2-4]. Это в совокупности определяет как научную, так и технологическую значимость поиска путей стабилизации поверхности кремниевых структур, так как чтобы успешно избежать проблем деградации. С этой точки зрения, важным является изучение гидрогенизированных кремниевых кластеров на поверхности кремния и их стабильности.

Мы изучали взаимодействие молекул воды с образованием гидрогенизированных кластеров на поверхности кремния и их эмиссию при его ионной бомбардировке, чтобы получить дополнительную информацию о возможных путях достижения стабильности и неактивности гидрогенизированных кремниевых структур.

Исследования процессов образования и эмиссии кластеров Si_nO_m^- и $\text{Si}_n\text{O}_m\text{H}_k^-$ с мишени кремния при её ионной бомбардировке с одновременным напуском паров воды на поверхность свидетельствует, что в этом случае происходит диссоциация молекулы H_2O с образованием водорода, который может взаимодействовать с поверхностными атомами кремния. Данный эффект представляет значительный интерес для дальнейшего более детального изучения с точки зрения

возможности определения условий ионно-стимулированной пассивации водородом поверхности кремния и её стабилизации.

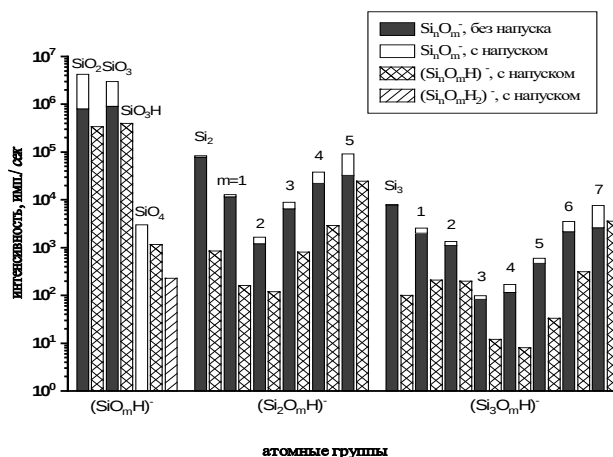


Рис.1. Диаграмма интенсивностей выходов кластеров $\text{Si}_n\text{O}_m\text{H}_k^-$ ($n=1-3$, $m=2n$, $2n+1$, $k=0-4$) при распылении ионами O_2^+ поверхности мишени Si.

С фундаментальной точки зрения, полученные результаты указывают на то, что механизмы образования гетероядерных кластеров идентичны в случае напуска на распыляемую поверхность паров воды и кислорода; это, в свою очередь, подтверждает универсальный характер синергетического механизма образования кластеров [9,11,12] при ионном распылении поверхностей с учётом комбинаторной природы [13] данного процесса. Кроме того, с практической точки зрения полученные результаты актуальны с точки зрения развития методов генерации кластерных частиц для их дальнейшего использования в многочисленных приложениях современных ионных и нанотехнологий [14].

1. S.Sreejith, J.Ajayan, et al. //Silicon. 2022. V.14. P.8277.
2. M.Fehr, A.Schnegg, et al.. //Phys. Rev. Letters. 2014. V.112. P.066403(1-5).
3. D.L.Staebler, C.R.Wronski. //Appl.Phys.Let. 1977. V.31. P.292.
4. D.L.Staebler, C.R.Wronski. //J.Appl.Phys. 1980. V.51. P.3262.
5. A.D.Bekkerman, N.Kh.Dzemilev, V.M.Rotstein. //Surf. Interf. Anal. 1990. V.15. P.587. <https://doi.org/10.1002/sia.740151003>
6. Распыление твёрдых тел ионной бомбардировкой I. Физическое распыление одноэлементных твёрдых тел. Под ред. Бериша Р. Москва: Мир, 1984. 336с.
7. С.Е.Максимов, Н.Х.Джемилев, Л.Ф.Лифанова, О.Ф.Тукфатуллин, Ш.Т.Хожиев. //Поверхность. 2008. № 5. С. 54-58.
8. Н.Х.Джемилев, С.Ф.Коваленко, С.Е.Максимов, О.Ф.Тукфатуллин, Ш.Т.Хожиев. //Поверхность. 2017. № 5. С. 10-16.
9. С.Е.Максимов, Ш.Т.Хожиев, и др. Фундаментальные свойства и механизм образования кластеров, распыленных с поверхности под действием ионной бомбардировки. Ташкент: «Miron-Art Design». 2024. 267 с.
10. I.A.Wojciechowski, B.J.Garrison. //J. Phys. Chem. B. 2005. V.109. P.2894.
11. С.Е.Максимов, Б.Л.Оксенгендлер, Н.Ю.Тураев. //Поверхность. 2013. №4. С.42.
12. Ш.Т.Хожиев, Х.Б.Ашуров, С.Е.Максимов, Б.Л.Оксенгендлер, Н.Ю.Тураев. //Доклады Академии Наук Республики Узбекистан. 2021. №4. С.21.
13. Н.Х.Джемилев. //Поверхность. 2012. № 8. С. 28-34.
14. V.N.Popok, I.Barke, E.E.B.Campbell, K.- H.Meiwes-Broer. //Surf. Sci. Reports. 2011. V.66. P.347.