

Формирование нанокластеров кремния в аморфном диоксиде кремния под воздействием электронного зонда высокой удельной мощности

Е. В. Колесникова¹, М. В. Заморянская²

¹ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 292-73-82, эл. почта: kolesnikova@mail.ioffe.ru

²ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 292-73-82, эл. почта: zam@mail.ioffe.ru

В данной работе проводилось изучение процесса формирования кластеров кремния в диоксиде кремния в результате взаимодействия электронного зонда высокой удельной мощности с аморфным диоксидом кремния, а также изучение люминесцентных свойств модифицированного диоксида кремния методом катодolumинесценции. В результате модификации аморфного диоксида кремния в облучаемом микрообъеме формируются собственные дефекты и нанокристаллы кремния. При этом методе источником кремния для формирования нанокристаллов является облучаемая матрица. Модификация диоксида кремния электронным зондом происходит, за счет локального перегрева облучаемой области при неупругом рассеянии электронов. Для аморфного диоксида кремния температура перегрева значительна, поскольку он имеет низкую теплопроводность и температура перегрева в этом случае на порядки превышает температуру перегрева полупроводниковых материалов.

Основным методом исследования собственных дефектов являлся метод локальной катодolumинесценции (КЛ). По люминесцентным свойствам диоксида кремния можно судить о присутствии точечных дефектов и кластеров кремния. Известно, что в спектрах КЛ диоксида кремния наблюдаются три полосы, характеризующие собственные точечные дефекты: полоса КЛ с максимумом 1,9 эВ соответствует точечному дефекту немостигого атома кислорода [1]; полоса с максимумом 2,2 эВ связана с кислородной вакансией Si-Si [2]; и полоса с максимумом 2,65 эВ — дефект двухкоординированного атома кремния [3]. Также в спектрах КЛ систем SiO₂/Si содержащих нановключения кремния наблюдается люминесценция с максимумом 1,4-2,0 эВ. Положение максимума этой полосы люминесценции зависит от размера нановключений [4].

При отработке режимов формирования нанокластеров кремния были обнаружены следующие закономерности. При низкой плотности тока электронного зонда, а, соответственно, и низкой температуре перегрева, наблюдалось изменение интенсивности катодolumинесценции основных точечных дефектов, но не возникало необратимых изменений в облучаемом микрообъеме. При более высокой плотности тока электронного зонда в облучаемом микрообъеме происходят необратимые изменения, формируются дополнительные точечные дефекты и нанокластеры кремния [4]. При дальнейшем повышении плотности тока электронного зонда после стадии формиро-

вания собственных дефектов наблюдается общее падение интенсивности люминесценции, которое может быть связано с уменьшением доли диоксида кремния в облучаемом микрообъеме и формированием крупных кластеров кремния за счет «испарения» кислорода в вакуум.

Пленки диоксида кремния на кремнии, используемые в микроэлектронике, обычно выращиваются термическим способом во влажном кислороде. Такие пленки отличаются высоким качеством интерфейса диоксид кремния — кремний, быстрым ростом и значительным содержанием ОН-групп. Высокое содержание ОН-групп вызывает увеличение содержания собственных дефектов в пленках и, соответственно, влияет на процесс формирования нанокластеров кремния. Исследования процесса модификации аморфного диоксида кремния с различным содержанием ОН-групп показали, что высокое содержание ОН-групп приводит к уменьшению времени формирования нанокластеров и увеличению количества нанокластеров.

Литература

1. L. N. Skula, A. R. Silin, *phis. stat. sol. (a)* 70, 43 (1982)
2. Gee C. M. , Kastner M. , *Journal of Non-Crystalline Solids* p. 557-586 (1980)
3. H. -J. Fitting, T. Barfels, A. N. Trukhin, B. Schmidt, A. Gulans, A. Von Czarnovski, *Journal of Non-Crystalline Solids* 303, p. 218-231, (2002)
4. E. V. Kolesnikova, A. A. Sitnikova, V. I. Sokolov, M. V. Zamoryanskaya, *Solid State Phenomena* V. 108-109, p. 729-734 (2005)