

В. А. Забелин (5 курс, каф. ФТТ), В.В.Калаев, инж.-физ. (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

ФОРМИРОВАНИЕ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В КРЕМНИИ

В представленной работе описываются эффекты, связанные с формированием и эволюцией точечных дефектов, возникающих при выращивании кристаллов кремния по методу Чохральского. Тип основных дефектов, возникающих в кристалле, определяется быстрой диффузией и рекомбинацией первичных дефектов – вакансий и межузленных атомов, происходящей в горячей зоне вблизи границы кристалл/расплав. В процессе охлаждения кристалла первичные дефекты собираются в кластеры: микропоры в вакансионно-избыточной и дислокационные петли в межузельно-избыточных зонах кристалла. Особенность выращивания кристаллов по методу Чохральского является большая концентрация растворенного в кремнии кислорода и, соответственно, выпадение большого числа преципитатов аморфного SiO_2 , играющих основную роль в нарушении структуры термического слоя SiO_2 , используемого в современной микроэлектронике.

В данной работе описывается модель внедрения первичных дефектов в кристалл, позволяющая определить тип и концентрацию основных первичных дефектов в кристалле в зависимости от условий роста: скорости кристаллизации и аксиального градиента температуры на интерфейсе кристалл/расплав. В зависимости от соотношения этих параметров возможно выращивание кристалла с избытком дефектов заданного вида. В данной работе впервые была предложена нестационарная модель вхождения дефектов, учитывающая высокочастотные колебания скорости кристаллизации, возникающие из-за сильной турбулентности расплава [1]. Учет этих колебаний оказывается принципиально важным при режимах роста, характерных для так называемых “perfect crystal” – структур, выращиваемых без сильного преобладания дефектов определенного типа.

При охлаждении кристалла происходит образование и рост микропор и преципитатов SiO_2 , образующихся в вакансионно-избыточной области кристалла. Предлагаемая модель описывает кинетику зарождения точечных дефектов, основываясь на изменении объемной и поверхностной свободной энергии поры или преципитата. Процесс формирования становится термодинамически выгодным при пересыщении первичными дефектами своих равновесных концентраций, и активное зарождение точечных дефектов начинается при температуре, зависящей от концентрации внедренных первичных дефектов [2]. Дальнейшее развитие точечных дефектов описывается уравнениями типа Фоккера-Планка для их функций распределения по размерам. Решение этой системы уравнений позволяет находить итоговую концентрацию и распределение по размерам точечных дефектов в кристалле после его охлаждения в зависимости от условий роста. Было показано, что получаемые концентрации микропор и преципитатов кислорода очень чувствительны к изменению концентрации первичных дефектов, что подтверждается в экспериментальном наблюдении OSF-ring – зоны резкого возрастания концентрации преципитатов SiO_2 в кристалле.

ЛИТЕРАТУРА:

1. V. V. Kalaev, V. A. Zabelin, Solid State Phenomena, vol. 82-84, p. 41 (2002).
2. V. V. Voronkov, R. Falster, J. Appl. Phys 86, 5975 (1999)