

Структурные исследования карбида кремния

Structural studies of silicon carbide

Евстигнеев Д.А., Евсеев С.А.

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Ключевые слова: карбид кремния, пьезоэлектрические оси, слоистая магнитоэлектрическая структура, рентгеновский метод, кристаллографические плоскости полупроводников.

Keywords: silicon carbide, piezoelectric axes, layered magnetoelectric structure, X-ray method, crystallographic planes of semiconductor.

Аннотация: Задача данной статьи состоит в нахождении пьезоэлектрических осей в монокристаллической пластине карбида кремния. Использование этих осей для создания слоистой магнитоэлектрической структуры позволит провести экспериментальные исследования магнитоэлектрического эффекта и оценить перспективы применения новой структуры в устройствах магнитоэлектроники. На основании предложенных методов нами в настоящее время проводится работа по определению кристаллографических и пьезоэлектрических осей в пластине карбида кремния для создания экспериментальных образцов с целью исследования магнитоэлектрического эффекта. Используя уникальные свойства материала возможно добиться улучшения свойств сенсоров и приборов магнитоэлектроники на основе карбида кремния.

Abstract: The task of this article is to find piezoelectric axes in a single-crystal silicon carbide plate. The use of these axes to create a layered magnetoelectric structure will make it possible to conduct experimental studies of the magnetoelectric effect and evaluate the prospects for using the new structure in magnetoelectronics devices. Based on the proposed methods, we are currently working to determine the crystallographic and piezoelectric axes in a silicon carbide plate to create experimental samples to study the magnetoelectric effect. Using the unique properties of the material, it is possible to improve the properties of sensors and magnetoelectronics devices based on silicon carbide.

Задача данной статьи состоит в нахождении пьезоэлектрических осей в монокристаллической пластине карбида кремния. Использование этих осей для создания слоистой магнитоэлектрической структуры [1] позволит провести экспериментальные исследования магнитоэлектрического эффекта и оценить перспективы применения новой структуры в устройствах магнитоэлектроники [2]. Карбид кремния, в рамках единой химической формулы (SiC) интегрирует целое семейство материалов, являясь наноструктурированным слоистым полупроводником, макроскопические свойства которого зависят от взаимного расположения слоев, то есть последовательности их чередования и периода трансляции. Разработанные процессы целенаправленного синтеза определенных слоистых композиций на основе кремния и углерода позволяют получать нанопорядоченный карбид кремния с заданной последовательностью чередования слоев и периодом их повторения, что обеспечивает возможность создания материала с заданными свойствами

(например, с высокой подвижностью носителей заряда, имеющей место у политипа 4Н), пригодного для решения конкретных задач.

Для решения задачи, связанной с нахождением пьезоэлектрических осей в пластине монокристаллического карбида кремния, которая заключается в наведении электрического (магнитного) поля в приложенном магнитном (электрическом) поле, изготавливались образцы карбида кремния с необходимыми геометрическими размерами из монокристалла рисунок 1.



Рисунок 1 – монокристаллический карбид кремния политипа 4Н.

Свойства карбид-кремниевых подложек (предел прочности, модуль упругости, скорость травления, плотность поверхностных состояний и др.) зависят от кристаллографической ориентации подложки. Поиск заданной кристаллографической плоскости производится на специальном оборудовании оптическим или рентгеновским методами, а также ориентацию монокристалла карбида кремния можно определить также по фигурам травления (рисунок 2). При продолжительном травлении в травителе на гранях кристалла образуются правильные фигуры различной внешней формы, которые легко наблюдаются под микроскопом. Фигуры травления на различных кристаллографических плоскостях различны, и по форме в какой-то степени соответствуют сечениям, образованным соответствующими кристаллографическими плоскостями с элементарной ячейкой.

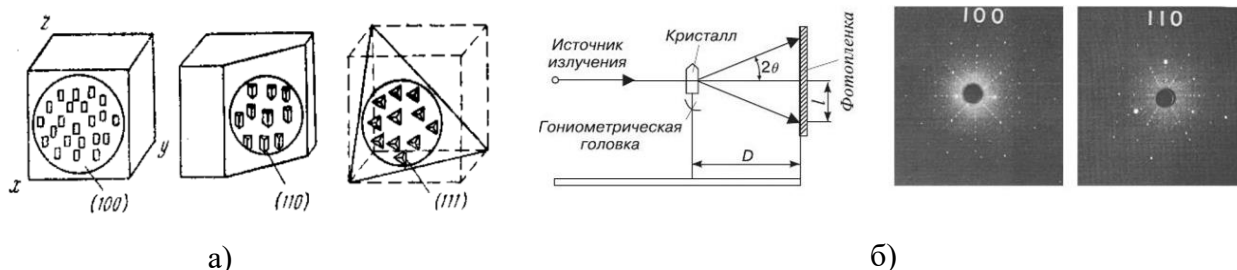


Рисунок 2: а- примеры фигур травления для различных плоскостей; б - рентгеновский метод определения кристаллографического направления.

Рентгеновский метод основан на отражении рентгеновских лучей от поверхности полупроводникового материала. Интенсивность отражения зависит от плотности упаковки

атомами данной плоскости. Кристаллографической плоскости, более плотно упакованной атомами, соответствует большая интенсивность отражения лучей. Кристаллографические плоскости полупроводниковых материалов характеризуются определенными углами отражения падающих на них рентгеновских лучей.

На основании предложенных методов нами в настоящее время проводится работа по определению кристаллографических и пьезоэлектрических осей в пластине карбида кремния для создания экспериментальных образцов с целью исследования магнитоэлектрического эффекта. Используя уникальные свойства материала возможно добиться улучшения свойств сенсоров и приборов магнитоэлектроники на основе карбида кремния.

Список литературы:

1. Bichurin, M.; Petrov, R.; Sokolov, O.; Leontiev, V.; Kuts, V.; Kiselev, D.; Wang, Y.
2. Bichurin, M.; Petrov, R.; Sokolov, O.; Leontiev, V.; Kuts, V.; Kiselev, D.; Wang, Y. Magnetoelectric Magnetic Field Sensors: A Review. *Sensors* 2021, 21, 6232