

УДК 621.3.049.77

ПОРИСТЫЙ КРЕМНИЙ В МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИЯХ

Лемешевский И.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
филиал Минский радиотехнический колледж
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Гордюнин В.А. – преподаватель специальных дисциплин.

Аннотация. Данное исследование посвящено изучению свойств параметров пористого кремния и его особенностей, а также сферы применения пористого кремния и перспективы его использования.

Ключевые слова: рельеф поверхности, рельефа текстурированной поверхности пористого слоя, спектральные зависимости.

Пористый кремний впервые был получен А. Улиром (A. Uhler) в 1956 году в ходе исследований процесса электрохимической полировки поверхности кремния в водных растворах плавиковой кислоты. Плёнки пористого кремния длительное время считали лишь лабораторным курьёзом и детально не изучали. И все же этот материал привлекал внимание исследователей, поскольку механизм его формирования был совершенно непонятен.

Необычайный интерес исследователей к пористому кремнию вызвало обнаруженное в 1990 году Л. Кэнхэмом (L. Canham) излучение света при комнатной температуре в видимой области спектра (красно-оранжевая область) при облучении лазером. Интерес к люминесценции материалов на основе кремния вызван тем, что вся полупроводниковая промышленность основана на кремнии, а монокристаллический кремний не может быть использован для создания светоизлучающих устройств, так как его излучательная способность ничтожно мала (менее 0,001 %).

Пористый кремний привлекает внимание исследователей в связи с широким спектром своих потенциальных применений. Благодаря развитой системе пор площадь поглощающей поверхности фотоприемника значительно увеличивается, а спектральная чувствительность расширяется в коротковолновую область за счет увеличения ширины запрещенной зоны кремния в nano размерных кремниевых нитях, образующих стенки пор. Рассмотрим спектральные характеристики фоточувствительных структур со слоем пористого кремния, образованным на поверхности монокристаллического кремния различного типа: полированной, текстурированной, эпитаксиальной. Слои макропористого и пористого кремния формировались методом глубокого анодного травления (ГАТ) в водных растворах плавиковой кислоты с добавлением этилового спирта или уксусной кислоты. Плотность анодного тока на образце изменялась от 10 до 50 мА/см. Время травления составляло от 10 до 70 минут. Для получения текстурированной поверхности образцы подвергались анизотропному травлению в горячем водном растворе щелочи КОН. В результате травления поверхность была покрыта правильными четырехугольными пирамидами высотой от 2 до 7 мкм, степень заполнения поверхности пирамидами составляла 80–100 %. Вследствие глубокого анодного травления на всех типах образцов формировались слои пористого кремния толщиной от нескольких микрон до сотни микрон, с *p-n* переходом, расположенным внутри пористого слоя. Таким образом, на подложке формировалась система вертикальных *p-n* переходов, выходящих на стенки пор. На полированной поверхности образование пор шло равномерно по всей площади, и образовывался пористый слой с правильными круглыми порами, расположенными перпендикулярно к поверхности. Максимальный диаметр пор не превышал 0,1 мкм, что демонстрирует рисунок 1.

При травлении текстурированной поверхности поры формировались на стыке пирамид в виде узких щелей. При этом травление по глубине шло достаточно равномерно, образуя пористую структуру с вертикальными порами глубиной несколько десятков микрон (рисунок 2). Происходило также некоторое сглаживание граней и вершин пирамид.

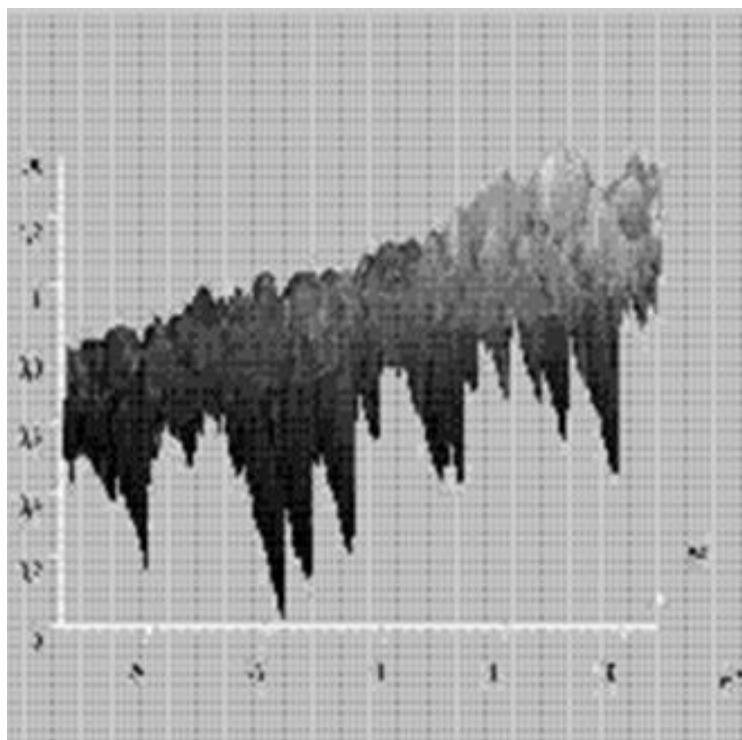


Рисунок 1 – 3D изображение рельефа поверхности пористого кремния, полученного на полированной поверхности.

При травлении поверхности эпитаксиального слоя образование пор происходит по границам эпитаксиальных блоков с образованием похожих параллельных щелевидных пор, уходящих вглубь эпитаксиального слоя, но при этом не совсем перпендикулярно поверхности, а под небольшим наклоном, как представлено на рисунке 2.

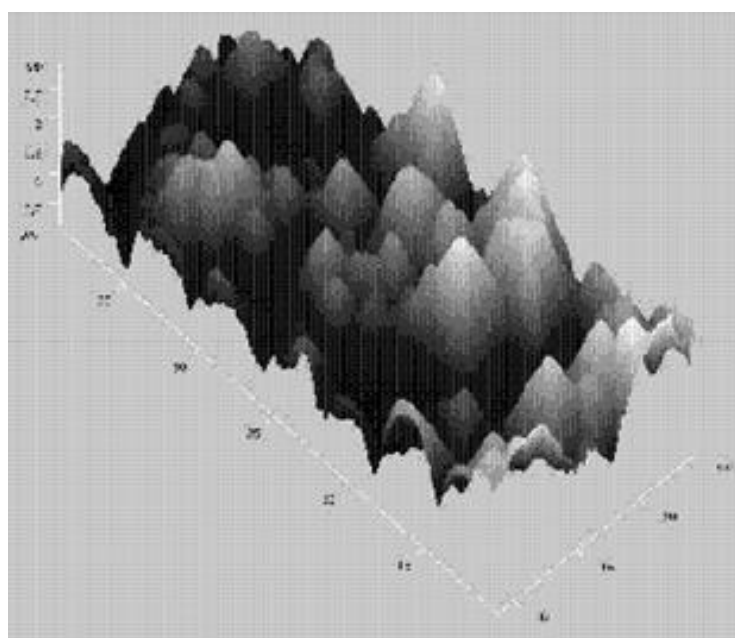
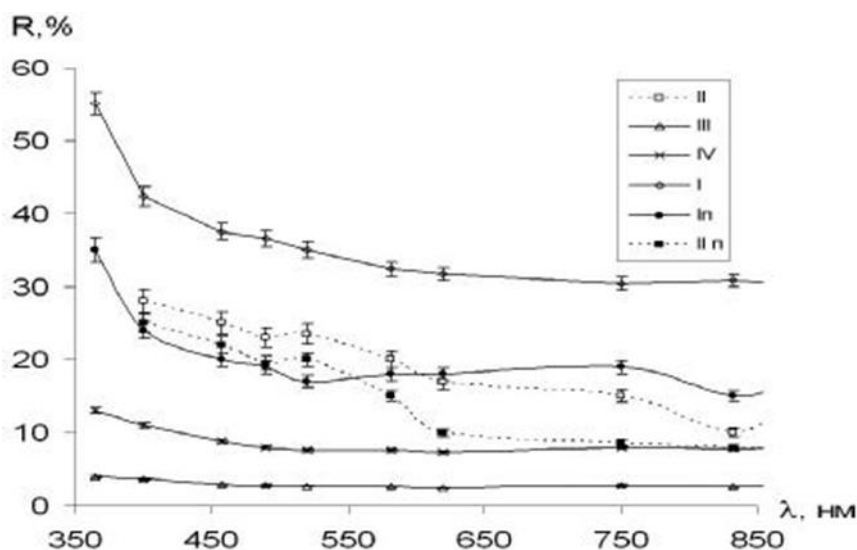


Рисунок 2 – 3D изображение рельефа текстурированной поверхности пористого слоя

Как показано на рисунке 3, создание пористого слоя на полированной поверхности снижает коэффициент отражения более чем вдвое, по сравнению с исходной. Вид кривой спектральной зависимости несколько изменяется, что может быть связано с наличием оксидной пленки на поверхности пористого кремния (кривые I и II). Коэффициенты отражения просто текстурированной поверхности и текстурированной поверхности с порами не сильно

различаются между собой (на 5–6 %), причем ход спектральных зависимостей практически одинаковый (кривые II и II). Это обстоятельство отражает тот факт, что поры на текстурированной поверхности занимают очень небольшую часть площади, располагаясь между пирамидами.



I – полированная; II – текстурированная с высотой пирамид до 7 мкм;
 III текстурированная с высотой пирамид до 5 мкм; IV – текстурированная с высотой пирамид от 2 до 3 мкм;
 Ip – пористый слой на полированной поверхности; II n – пористый слой на текстурированной поверхности II

Рисунок 3 – Спектральные зависимости коэффициентов отражения поверхностей разного типа:

Таким образом, технология создания пористого слоя с использованием поверхностей с заранее созданным микрорельефом позволяет изготовить фоточувствительные кремниевые структуры с расширенным в коротковолновую область спектральным диапазоном чувствительности. Это может быть использовано для создания значительно более дешёвых светоизлучающих устройств (светодиодов, плоских цветных дисплеев). Однако широкого применения пористый кремний не находит из-за сложности в управлении свойствами получаемого пористого слоя, связанной с различными технологическими параметрами, часто не контролируемые.

Список литературы

1. Латухина Н.В., Нечаева Н.А., Храмов В.А., Волков А.В., Агафонов А.Н. Структуры с макропористым кремнием для фотопреобразователей на кремниевой подложке // Тонкие пленки в оптике и нанозлектронике. Сборник докладов. 18 межд. симпозиума. Харьков. 2006 / Т.2. – С. 207–211.
2. Н.В. Латухина, Т.С. Дерезлазова, С.В. Ивков, А.В. Волков, В.А. Деева. Фотоэлектрические свойства структур с микро-и нанопористым кремнием.