

Основные параметры формирования нитевидных нанокристаллов

Д.С. Безмельницин¹, П.А. Пронин¹, Д.А. Лизункова¹

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34а, Самара, Россия, 443086

Аннотация

В данной работе приводятся результаты исследования основных параметров формирования кремниевых наноструктур (КНН, por-Si), изготовленных методом металл-стимулированного травления (МСХТ). Получены зависимости пористости нитевидных структур от времени травления

Ключевые слова

кремниевые нанонити, металл-стимулированное химическое травление, пористость

1. Введение

В настоящее время наноструктурированный кремний является важным и многообещающим материалом в развитии кремниевой индустрии, особенно в таких ее областях как наноэлектроника [1], оптоэлектроника [2], биомедицина [3] и используется для разработки устройств преобразования энергии (солнечные батареи и литий-ионные аккумуляторы [4]), био- и химических сенсоров.

В данной работе приведены результаты исследования основных параметров формирования кремниевых наноструктур (КНН, por-Si), изготовленных двухступенчатым методом металл-стимулированного травления (МСХТ).

2. Методика эксперимента

В качестве подложек были использованы пластины кремния p-типа проводимости, со шлифованной и текстурированной поверхностью. Структуры проходили предварительную очистку в перекисно-аммиачном растворе в течение 7 минут. Осаждение Ag проводилось из водно-спиртового раствора, содержащего 10 мМ AgNO₃ и 2,5 М HF. Время осаждения серебра составляло 3 мин. Все эксперименты проводились при комнатной температуре. Для селективного химического травления кремния использовался водный раствор, содержащий 5 М HF и 0,3 М H₂O₂.

Исследование пористости проводилось полуразрушающим гравиметрическим методом. Пористость рассчитывалась по формуле:

$$P_1 = \frac{m_1 - m_2}{\rho \cdot S \cdot d} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где m_1 – масса до травления, m_2 – масса после травления, S – площадь наноструктуры, d – толщина наноструктурированного кремния, ρ_{Si} – плотность кремния.

Поверхности полученных наноструктур изучались с помощью растрового электронного микроскопа FEI QUANTA

3. Результаты и обсуждения

На рисунках 1-2 приведены РЭМ изображения поверхностей и поперечных сколов образцов с пористым слоем, сформированным на шлифованной (рисунок 1) и текстурированной (рисунок 2) поверхностях. Нитевидные структуры образуются преимущественно на

шлифованной поверхности. Длина нитей варьировалась от 17 до 52 мкм. Также было замечено, что длина нитей напрямую зависит от времени травления (Таблица 1).

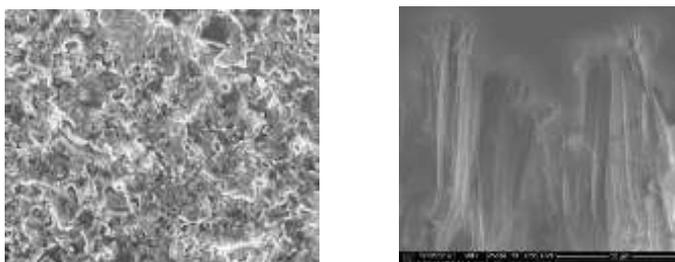


Рисунок 1: РЭМ изображение поверхности и поперечных сколов травленных образцов со шлифованной поверхностью

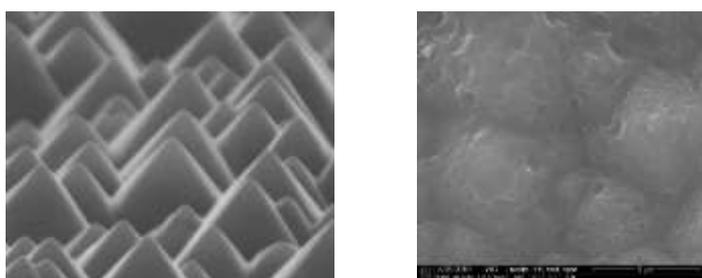


Рисунок 2: РЭМ изображение поверхности и поперечных сколов травленных образцов с текстурированной поверхностью

На РЭМ-изображении поверхности текстурированного слоя отчетливо видно, что пористый слой образовался равномерно по всей поверхности пирамид. Диаметр наиболее крупных пор не превышает 1 мкм.

Основные режимы травления и результаты подсчета пористости приведены в таблице:

Таблица 1

Основные режимы травления

Образец	t, min	m _{до} , мг	m _{после} , мг	d, см	S, см ²	ρ, г/см ³	P, %
Текстурированные							
1	15	294	293	0,00055	6,25	2,33	10,6126
2	30	288	287	0,0005			12,3605
3	60	257	251	0,002			20,6009
Шлифованные							
A	15	353	293	0,015	6,25	2,33	31,47
B	30	358	293	0,03			53,146
C	60	349	277	0,05			80,143

4. Заключение

Таким образом, для каждого типа поверхности существуют свои режимы травления. При увеличении времени травления, пористость образцов растет. Для текстурированных образцов она составляет до 20%, для шлифованных – 80%.

5. Литература

- [1] Schmidt, V. Realization of a silicon nanowire vertical surround-gate field-effect transistor / V. Schmidt, H. Riel, S. Senz, S. Karg, W. Riess, U. Gosele. – Small, 2005. – 85 p.

- [2] Priolo, F. Silicon nanostructures for photonics and photovoltaics / F. Priolo, T. Gregorkiewicz, M. Galli, T.F. Krauss. – Nature Nanotechnology, 2014. – 19 p.
- [3] Tian, B. Coaxial silicon nanowires as solar cells and nanoelectronic power sources / B. Tian, X. Zheng, T.J. Kempa, Y. Fang, N. Yu, G. Yu, J. Huang, C.M. Lieber. – Nature, 2007. – 449 p.
- [4] Booker, K. A Robust Metal-Assisted Etching Process for Ag-Catalyzed / K. Booker, S. Rahman, T-K. Chong, R. Mankelow, K. Weber, A. Blakers // Texturing of Silicon IEEE J. Photovolt., 2015. – 2156 p.