

ВПЛИВ ТЕРМІЧНОГО ВІДПАЛУ НА ПОВЕРХНЮ МОНОКРИСТАЛУ КАРБІДУ КРЕМНІЮ 6H-SiC

За допомогою методів Оже-електронної, рентгенофотоелектронної спектроскопії, а також електроннографічного аналізу досліджено розподіл елементів за фазами і стан на поверхні й у приповерхневому шарі монокристалів карбіду кремнію 6H-SiC. Показано характер розподілу домішок кисню і вуглецю на поверхні й у приповерхневій ділянці після термічної обробки у вакуумі $2 \cdot 10^{-3}$ Па. Результати можна використати у технології виготовлення мікроприладів на основі карбіду кремнію [1].

Відомо, що на поверхні монокристалу карбіду кремнію присутня тонка плівка оксиду кремнію. При виробництві напівпровідникових приладів на основі карбіду кремнію дуже важливо знати елементний склад, хімічний стан і товщину оксидної плівки. Тому необхідне проведення дослідів поверхні монокристалів карбіду кремнію після термічної обробки у вакуумі.

Матеріали і методика.

Для вивчення елементного складу і хімічного стану поверхні карбіду кремнію ми використовували монокристали 6H-SiC, n-типу з концентрацією некомпенсованих донорів 10^{18} см^{-3} [1].

Монокристали карбіду кремнію відпалювали у вакуумній камері з тиском залишкових газів $2 \cdot 10^{-3}$ Па. За допомогою мас-спектрометра РОМС-2 було виявлено, що у камері в процесі відпалу містяться такі гази: H_2 , He, CH_4 , N_2 , O_2 , H_2O , CO, Ar, CO_2 . Склад поверхні монокристалів карбіду кремнію досліджували методом Оже-електронної спектроскопії (спектрометр ЮС-10005). Режим запису спектрів: відносне розширення енергоаналізатора - 0,6%, струм первинного пучка - 10^{-7} А, енергія 3 кеВ. Базовий тиск у камері Оже-спектрометра 10^{-8} Па. Електронний та іонний пучки з'єднувалися в одній точці зразка, що дозволяло виконувати пошаровий аналіз досліджуваних зразків. Крім того, склад поверхневого шару монокристалів карбіду кремнію вивчали методом рентгенофотоелектронної спектроскопії. Як джерело рентгенівських квантів використовували K_{α} -випромінювання магнію (1253,6 еВ). Кількісний аналіз виконували за стандартною методикою, описаною в працях [2,3], рівень вакууму під час вимірювання становив 10^{-8} Па. Калібрування спектрів виконували за I(S)-лінією вуглецю, електроннографічні дослідження - в електроннографі ЕМР-100 при прискорюванні напрузі 75 кВ.

Результати та їх обговорення

Аналіз Оже-спектрів поверхні монокристалів 6H-SiC при температурі 293 К виявив наявність кисню (503 еВ), вуглецю (260 еВ), аргону (206 еВ) і кремнію (81 еВ). Травлення поверхні монокристалу карбіду кремнію пучком позитивних іонів аргону дозволило одержати Оже-спектри, що відповідають різній глибині. За отриманими Оже-спектрами були розраховані атомні концентрації елементів за глибиною травлення. На рис.1 показані Оже-спектри, а в таблиці 1 подані результати розрахунку. Як видно з одержаних даних, монокристали карбіду кремнію мають підвищений склад кисню на поверхні і в приповерхневому шарі.

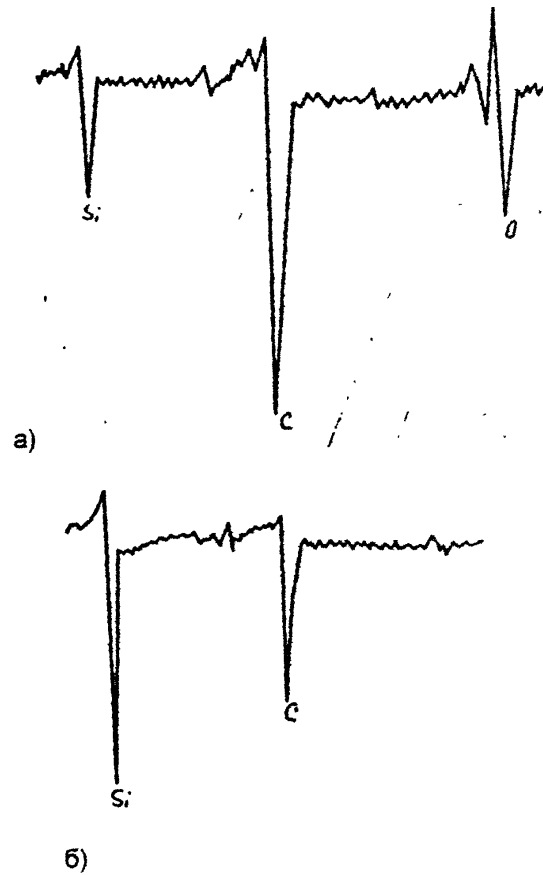


Рис. 1. Оже-спектри монокристалу карбіду кремнію (Т підкладки 293 К):
 а) вихідна поверхня;
 б) - після травлення пучком позитивних іонів аргону протягом 5 хв.

Таблиця 1

Атомні концентрації кисню (ат.%), кремнію (ат.%), вуглецю (ат.%) і аргону (ат.%) на поверхні монокристалу карбіду-кремнію

Тип монокристалу;	Час травлення, хв.	Кисень (ат.%)	Кремній (ат.%)	Вуглець (ат.%)	Аргон (ат.%)
	Вих.	14,0	14,6	70,6	0,8
6H-SiC	0,5	1,9	45,7	50,9	{,5
	1,5	1,6	48,7	48,0	ї,5
	3	1,6	49,1	48,3	1,6
	4	1,8	47,6	48,7	1,9
	5	0,8	48,5	49,0	1,7

Досліджувані зразки монокристалів карбіду кремнію 6H-SiC були витримані при температурах 1173 К і 1473 К протягом 30 хв. у вакуумі $2 \cdot 10^{-3}$ Па. Аналіз Оже-спектрів поверхні монокристалів виявив, що на поверхні знаходиться кисень, вуглець, аргон і кремній. Оже-пік вуглецю на поверхні монокристалу карбіду кремнію після відпау при температурі 1473 К подібний за формою до Оже-піку вуглецю в плівках вуглецю, отриманих вакуумним осаджуванням. Із отриманих Оже-спектрів були розраховані

атомні концентрації елементів за глибиною травлення. Профілі концентрацій елементів подані на рисунках 2 і 3.

Аналіз Оже-спектрів поверхні монокристалів карбіду кремнію після відпалу в вакуумі $2 \cdot 10^{-3}$ Па при температурі 1173 К протягом 30 хв виявив шар SiO_2 на поверхні карбіду кремнію.

Методом рентгенофотоелектронної спектроскопії були досліджені монокристали карбіду кремнію 6H-SiC.

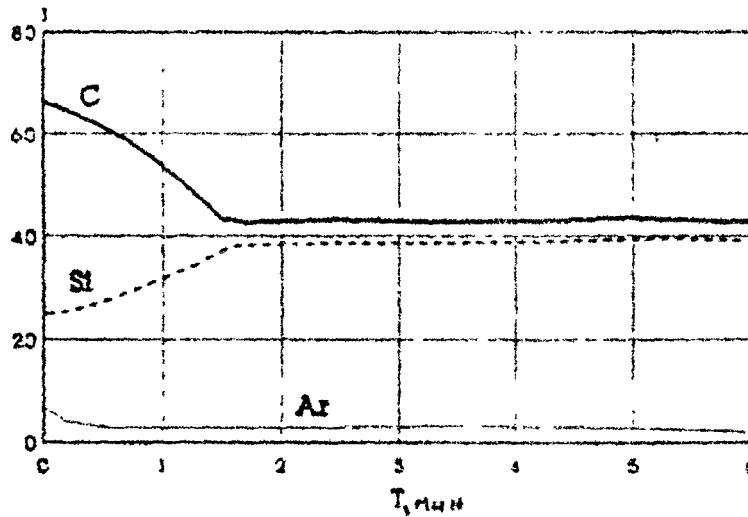


Рис.2. Профілі концентрації Si, C, Ag для 6H-SiC : відпал при $T=1173$ К, 30 хв.

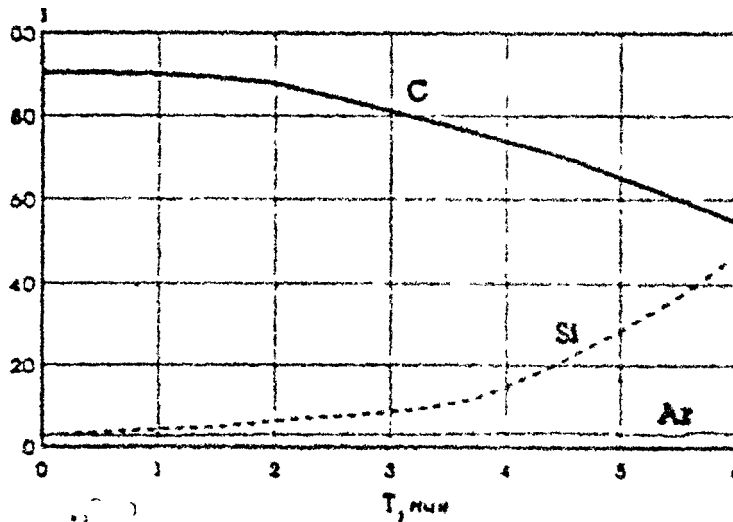


Рис.3. Профілі концентрації Si, C, Ag для 6H-SiC: відпал при $T=1473$ К, 30 хв.

У таблиці 2 подані значення енергії зв'язку остовних електронів вуглецю і кремнію.

Таблиця 2

Енергія зв'язку остовних електронів вуглецю і кремнію на поверхні монокристалу карбіду кремнію

Час травлення, хв.	Енергія зв'язку, eV			
	C(1S)	Si(2p)	C(1S)	Si(2p)
Вихідне	285,1	283,8	103,9	101,6
1,5	285,0	283,8	103,7	101,6
5	285,0	283,8	103,5	101,6

Порівняння значень енергії зв'язку остовних електронів C(1S) 285,1 eV і 283,8 eV із значеннями енергії зв'язку остовних електронів C (1S) 285,0 eV і 283,6 eV, поданими авторами [1,3], збігаються. Значення енергії зв'язку остовних електронів C(1S) 285,1 eV

свідчить про забруднення поверхні досліджуваного зразка вуглеводнями, а значення енергії зв'язку остовних електронів C(1S) 283,6 еВ властиве для монокристалу карбіду кремнію. Значення енергії зв'язку остовних електронів Si(2p) 101,6 еВ також відповідає сполученню 6H-SiC і збігається із значеннями енергії зв'язку остовних електронів Si(2p), поданими авторами [1,3] для карбіду кремнію. Значення енергії зв'язку остовних електронів Si(2p) 103,5 еВ, близьке до значення енергії зв'язку остовних електронів Si(2p) в оксиді SiO₂.

Результати дослідження поверхні монокристалів карбіду кремнію після відпалу в камері вакуумної установки методом електронографічного аналізу виявили аморфний шар на поверхні 6H-SiC.

Висновки

Поверхня і приповерхневий шар монокристалів карбіду кремнію 6H-SiC забруднені вуглецем і вкриті тонким шаром (34 нм товщиною) оксиду SiO₂, близьким до аморфного.

With the help of methods the Auger - electric, rontgenphotoelectric of spectroscopy, and also electronographic of the analysis is researched allocation of units on phases and status on a surface and in skin bed of monocrystals of silicon carbide 6H-Si. II the character of allocation of impurities of Oxygenium and Carboneum on a surface and in skin site after a heat treatment in vacuo $2 \cdot 10^{-3}$ Па is rendered. The outcomes can be utilised in production process of microinstruments on a base to silicon carbide [1].

Література.

1. Белоус М.В., Гермаш Л.П., Дрозденко О.В. Моделирование злектронных приборов и техпроцессов, обеспечение качества, надежности и радиационной стойкости приборов и аппаратуры: Сборник трудов (т. 1) международной научно-технической конференции.- М.,1998.- С.63-73.
2. Томас А., Карлсон. Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия. Л.: Машиностроение, 1981.
3. Бріггс Д., Сіх М.П. Аналіз поверхні методами Оже- і рентгенівської фотоелектронної спектроскопії. М.: Мир, 1987.

Одержано 24.05.2000 р.