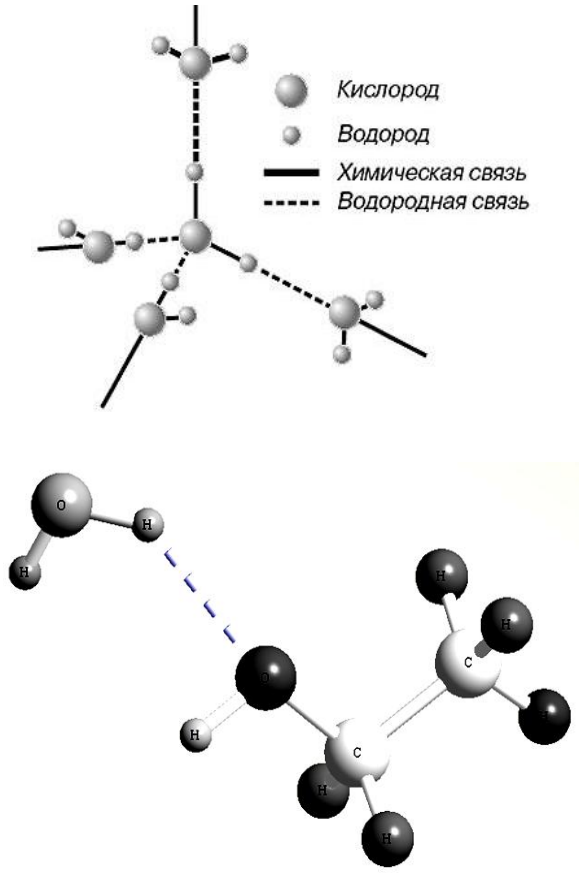


Рис. 3. Образование водородных связей: а) — между молекулами воды; б) - между молекулой спирта и воды.

5. Выводы

1. На основе проведенных исследований предложена схема технологической линии обработки воды и водно-этанольных смесей методом гидродинамических колебаний для производства водно-этанольных смесей.

2. Была получена вода и водно-этанольная смесь с улучшеными органолептическими качествами, химическими параметрами.

Литература

1. Долинский А.А. Дискретно-импульсный ввод энергии / Долинский А.А., Басок Б.И., Накорчевский А.И., Шуркова Ю.А. – К.: ИТТФ НАНУ, 1996.– 196 с.
2. Вода підготовлена для лікеро-горілчаного виробництва. Технічні умови (СОУ 15.9-37-237:2005) Видання офіційне - [Чинний від 2005-12-27].- К. Мінагрополітики України, 2006. – 17 с. - (Національний стандарт України).
3. Шурчкова Ю.О., Коник А.В. Исследование влияния дискретно-импульсного ввода энергии на физико-химические показатели воды // Пром. теплотехника. - 2009. -Т.31, №3. - С.108-112.
4. Nose A., Hojo M. Hydrogen bonding of water–ethanol in alcoholic beverages // J. of Bioscience and Bioengineering. 2006. V. 102. N 4. P. 269–280.
5. Saiz L., Padro J.A., Guardia E. Structure and Dynamics of Liquid Ethanol // J. Phys. Chem. B. 1997. V. 101. N 1. P. 78–86.

Процес текстурування поверхні напівпровідникових пластин використовується для зменшення коефіцієнту світловідбиття та, відповідно, збільшення значень фотоконверсії

Ключові слова: мультикремній, текстура, світловідбиття, полірування

Процесс текстурирования поверхности полупроводниковых пластин используется для уменьшения коэффициента светоотражения и, соответственно, увеличения значений фотопреобразования

Ключевые слова: мультикремний, текстура, светоотражение, полирование

The semiconductor wafers texturizing process is used for the decreasing of the light reflection proceses and, respectively, the increasing of photoconversion coeficients

Keywords: multycrystalline silicon, texture, light reflection, polishing

УДК 621.315.592

ПІДГОТОВКА ПОВЕРХНІ КРЕМНІЄВИХ МАТЕРІАЛІВ ДО ТЕКСТУРУВАННЯ

Ю.В. Попадинець
Технічний директор ООО «ПіВі»
вул. Алексія 10, Свалява, Україна, 89300
Контактний тел. 050 414 00 91
e-mail: popadynetsyv@gmail.com

Ефективність роботи фотоелектричних перетворювачів може бути збільшена за рахунок оптимізації процесів поверхневого світлосприймання, що здійснюється шляхом підвищення ступеню чорноти поверхні. Умовою зменшення значення світловідбивання є утворення на поверхні напівпроводника структури з

розмірами елементів в межах від 2 до 10 мкм, що забезпечують відбиття світла всередині поверхні більш ніж 2 рази [1].

Створення текстури – задача, яка вирішується рядом методів: від плазмової обробки до хімічного травлення. Останній метод є найбільш поширеним, оскільки не потребує використання складного обладнання, великих капітальних та експлуатаційних затрат. При цьому, метод характеризується підвищеною чутливістю до таких факторів як чистота поверхні, орієнтація кристалітів, концентраційне співвідношення реагентів та температура. Локальні нерівномірності умов обробки великих партій пластин спричиняють небажану неоднорідність їх властивостей. І в той же час цей метод обробки залишається досить привабливим, оскільки, не дивлячись на перераховані недоліки, характеризується високою економічністю та продуктивністю. Режими текстурування поверхні монокристалічного та полі (мульти) кристалічного кремнію суттєво відрізняються. В першому випадку, наприклад, рекомендовано використання розчинів лугів [2], а в другому – навпаки, кислотне травлення [3]. Одержання рівномірної текстури на поверхні напівпровідникового субстрату є комплексним процесом, який звичайно поділяється на ряд стадій: підготовка субстрату до текстурування (зняття оксидної плівки, усунення дефектів від різки); власне текстурування; кінцева обробка (наприклад, усунення плівки пористого кремнію) [4].

Дана робота присвячується розгляду режимів обробки поверхні мультикристалічного кремнію, а саме, процесів попередньої підготовки субстратів даного типу до текстурування. Основними задачами роботи є встановлення оптимальних режимів зняття оксидної плівки з поверхні пластини та подальшого процесу „полірування", який передбачає усунення дефектів від різки.

Для оцінки якості підготовки поверхні мультикремнієвих пластин використовувалися такі методи як електронна (мікроскоп SELMI PEM – 103) та оптична мікроскопія (мікроскоп Konus Accademy з кутовимірною приставкою).

Вирішення задачі зняття оксидної плівки з поверхні мультикремнієвого субстрату дозволяє уникнути проблеми нерівномірності його змочування в подальших процесах полірування та надання текстури. При цьому, найбільш вживаним реактивом для цього процесу є фторидна кислота, яка характеризується здатністю вступати в реакцію з SiO_2 та, водночас, інертністю до елементарного кремнію. Встановлено, що оптимальна концентрація кислоти в водному розчину при цьому становить від 3 до 5 мас. %.

Визначення оптимального часу обробки вказаним розчином проводилося згідно показникові гідрофобності поверхні пластини, який, в свою чергу, характеризувався кутом змочування її водою. Встановлено, що оптимальний час операції зняття оксидної плівки становить 30 ± 3 с (див. рис. 1). При цьому, перевищення вказаного терміну перебігання даної стадії призводить до погіршення якості підготовки поверхні.

Після завершення цього етапу обробки рекомендується використовувати промивку пластини в дистильованій воді для видалення як продуктів реакції HF з SiO_2, так і залишків фтороводневої кислоти.

Видалення води з поверхні пластини для входу до наступної стадії процесу найліпше здійснювати шляхом їх виймання з води та роздуву залишкових крапель підігрітим повітрям. Цей спосіб є найбільш зручним, оскільки дозволяє працювати не з індивідуальними пластинами, а зі стеками та може бути автоматизованим.

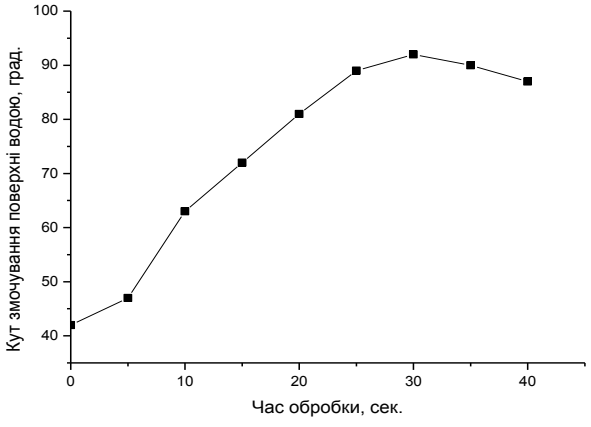


Рис. 1. Ефективність зняття оксидної плівки з поверхні мультикристалічного кремнію

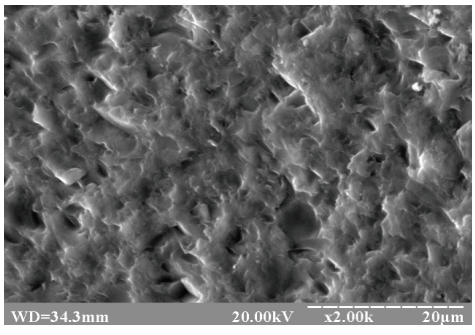
Наступною стадією підготовки до текстурування є використання т. зв. „полірувальних розчинів", призначенням яких є усунення дефектів від розрізання злитку на пластини дротовими пилками.

Ці дефекти мають вигляд „напливів", виступів та западин довжиною до 80 мкм (середня довжина 26 мкм) та висотою в межах 2 – 8 мкм (рис. 2). Сукупність виступів зумовлює розсіювання світла, що потрапляє на поверхню пластини, обумовлюючи помірну матовість. При цьому, грані кристалітів є досить чітко розрізнюваними внаслідок відмінностей кристалічної орієнтації елементів.

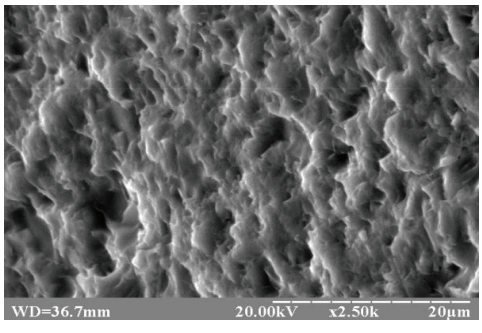
Типовий склад розчину для полірування поверхні та вирівнювання виступів є наступним: $7HF : 3HNO_3 : 3{,}5\ H_2O$ (тут і далі цифрами позначаються об'ємні частки відповідних реагентів: 40% - ної фторидної кислоти, 60 % - ної нітратної кислоти та дистильованої води) [5]. Зображення поверхні пластини після обробки таким розчином протягом 10 сек. наведено на рис. 3. а.

Встановлено, що варіювання складу цього розчину в бік збільшення питомого вмісту фтороводневої кислоти дозволяє підвищіти час виконання операції, а отже і ступінь контролю процесу полірування. Для порівняння зі стандартним процесом, на рис. 3. б наведено фотографію поверхні після обробки розчином складу $9{,}5HF : 0{,}5HNO_3 : 2\ H_2O$ час обробки складає 15 сек.

Перевагою запропонованого складу є більша рівномірність поверхні: середня висота виступів є нижчою, дефекти від різки (напливи) відсутні, розмір утворень на поверхні зберігає рівномірність, окрім того, за рахунок підвищеної інертності суміші відсутні кратероподібні дефекти. Таким чином, досягається необхідна якість субстрату для здійснення наступного процесу надання текстури. Розчин є парктично неселективним до кристалічної орієнтації кремнію.

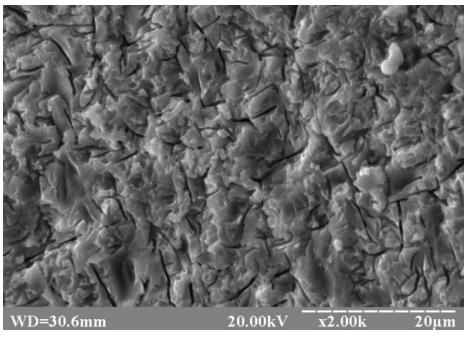


а

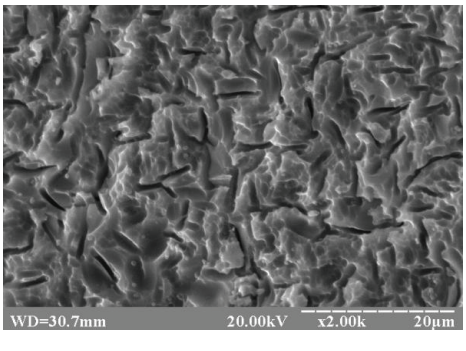


б

Рис. 2. Поверхня мультикремнієвої пластини, одержаної дротовою різкою. а — нормальний вигляд; б — під кутом 60 ° до поверхні.



а



б

Рис. 3. Поверхня полірованого мультикремнію (вид під кутом 60°): а — стандартний склад; б — запропонований склад.

Практичну цікавість являє собою також і конфігурація тунелеподібних дефектів на поверхні: в ході подальшого кислотного травлення вони збільшують ширину при збереженні довжини (в межах 4 –10 мкм) та виконують функцію уловлювачів світла за рахунок багаторазового відбиття. Таким чином, рівномірність їх розподілу на поверхні є одним з найбільш важливих параметрів для зниження світловидбиття, що може бути досягнуте використанням запропонованого складу. При цьому, перспективним напрямком подальших досліджень є встановлення кінетики розширення дефектів до одержання оптимальної структури поверхні пластини.

Література

1. J. Bauer Hot spots in multicrystalline silicon solar cells: avalanche breakdown due to etch pits / J. Bauer, J. Wagner, A. Lotnyk et al. // Phys. Status Solidi RRL. – 2009. – vol. 3, No. 2. – P. 40-42.
2. J.D. Hylton Alkaline etching for reflectance reduction in multycrystalline silicon solar cells /J.D. Hylton, A.R. Burgers, W.C. Sinke// Journal of electrochemical society. – 2004. – vol. 151. – P. 408 – 427.
3. J. Kim Surface reflectance reduction of multicrystalline silicon wafers for solar cells by acid texturing / J.Kim, B. Kim, S. Lee // Journal of the Korean institute of electrical and electronic materials engineers. – 2008. – vol. 21, No 2. – P. 99 – 103.
4. B. Gonzalez–Diaz Optimization of roughness, reflectance and photoluminiscence for acid textured mc-Si solar cells etched at different HF/HNO3 concentrations / B. Gonzales-Diaz, R. Guerrero-Lemus, B. Diaz-Herrera et al. // Materials science and engineering. – 2009. – vol. 159-160. – P. 295-298.
5. S.W. Park Application of acid texturing to multi-crystalline silicon wafers / S.W. Park, J. Kim, S.H. Lee // J. Kor. Phys. Soc. – 2002. – vol. 30, No. 1. – P. 423 – 426.