

## Наноструктури і нанотехнології в електроніці

УДК 621.383  
Т.Ю. Білик

### Електричні властивості шарів наноструктурованого кремнію, отриманого хімічним способом

Метою даної роботи є подальше дослідження взаємозв'язку властивостей наноструктурованих шарів з параметрами їх отримання. В роботі досліджена зміна електричних параметрів структур Al-por-Si-Al від часу обробки та за допомогою диференціального аналізу визначені способи переносу заряду в наноструктурованому шарі. Зі зростанням часу травлення зростає кількість нанокристалічних утворень що призводить до зменшення провідності шару та утворення однонаправленого потенціального бар'єру.

In the paper further investigation of correlation between properties and formation conditions of nanostructured layers is performed. In this work dependence of nanoporous silicon layer properties from formation time is studied and charge transfers regimes are investigated by differentiate analysis. Etching time increment results on decrement of layer conductivity and formation of unidirectional potential hill.

#### Вступ

Наноструктурований або нанопористий кремній є матеріалом з великим спектром перспективних властивостей. Нанопористий кремній широко застосовується як у фотовольтаїчній техніці та оптоелектроніці, так і в МДН структурах. Однією зі значних переваг наноструктурованого кремнію є можливість простого і дешевого отримання значних за площею шарів шляхом хімічного травлення. В даній роботі проведені дослідження зміни електричних параметрів та режимів інжекції та рекомбінації в структурах Al-por-Si-Al в залежності від часу обробки.

#### Отримання зразків

В роботі досліджувалися шари наноструктурованого кремнію, отримані шляхом хімічного травлення шліфованих пластин монокристалічного кремнію орієнтації [100] p-типу (КДБ -10) та n-типу (КЕФ - 4,5) у розчині 100мл HF + 2г NaNO<sub>2</sub> + x H<sub>2</sub>O протягом 20 – 60 с. Омичні контакти утворені вакуумним нанесенням шару Al при температурі 60<sup>0</sup> С.

#### Електричні властивості пористого шару

З ростом часу травлення змінюється мікроструктура пористого шару, і вольтамперні характеристики від резистивного характеру наближаються до випрямляючого (рис 1).

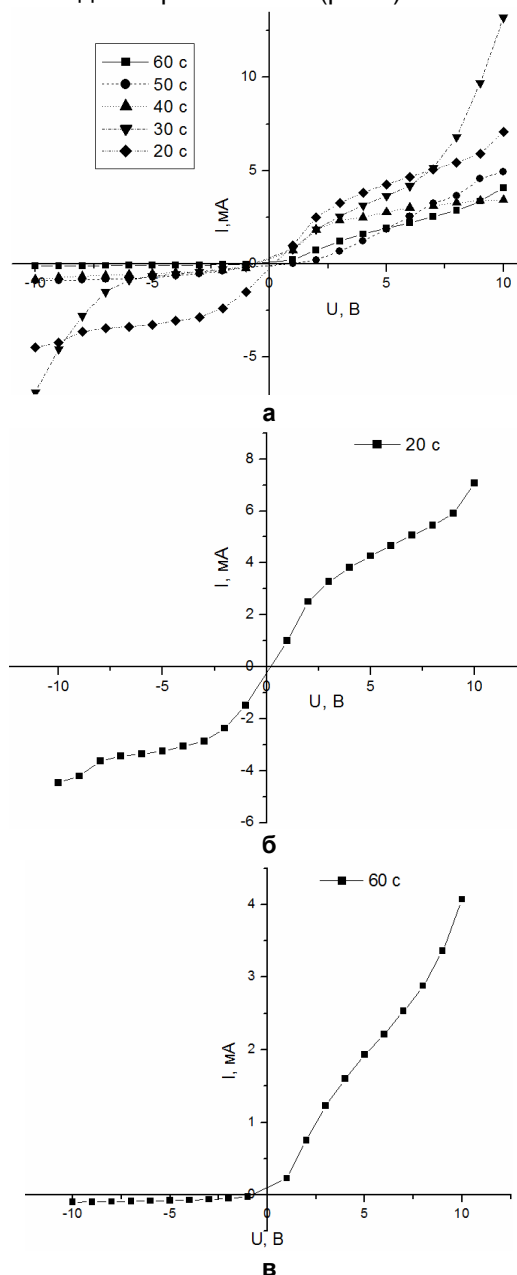


Рис. 1. Вольт-амперні характеристики структури Al – por-Si – Al при різних часах травлення (а) і окремо при часі травлення 20 с (б) та 60 с (в)

Водночас відбувається зменшення провідності шару (рис. 2, а) та зростання коефіцієнту випрямлення ( $K = \frac{I_{U=1B}}{I_{U=-1B}}$ ) (рис 2, б), що зумовлено зменшенням розмірів мікрокристалітів та збільшенням частки аморфної фази в структурі.

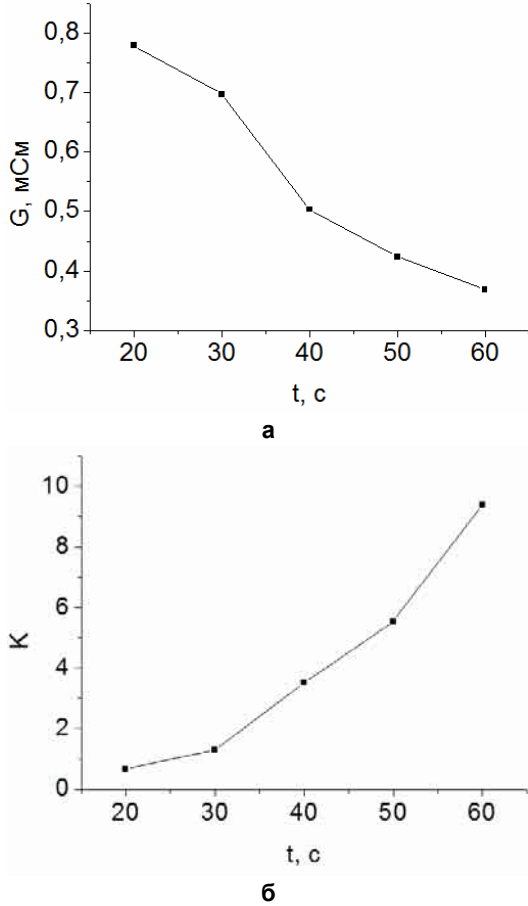


Рис. 2. Зміна провідності пористого шару (а) та випрямляючого коефіцієнту (б) від часу травлення.

**Режими інжекції та рекомбінації в нанопористому шарі**

За допомогою диференціального аналізу вольтамперних характеристик [1] були визначені основні механізми інжекції і рекомбінації в пористому шарі.

Для часу травлення 50-60 с, враховуючи малі значення похідної ( $\alpha$ ) та експоненціальний характер вольт-амперної характеристики ( $y = y_0 + A_1 \exp^{x/t_1}$ ) доцільно говорити про режим постійного поля між контактами (рис. 3).

Зі зменшенням часу травлення від вольт-амперної характеристики наближається до логістичної функції ( $y = \frac{A_1 - A_2}{1 + (x / x_0)^p} + A_2$ ), що говорить про переважаючий режим слабкої інжекції (рис 4).

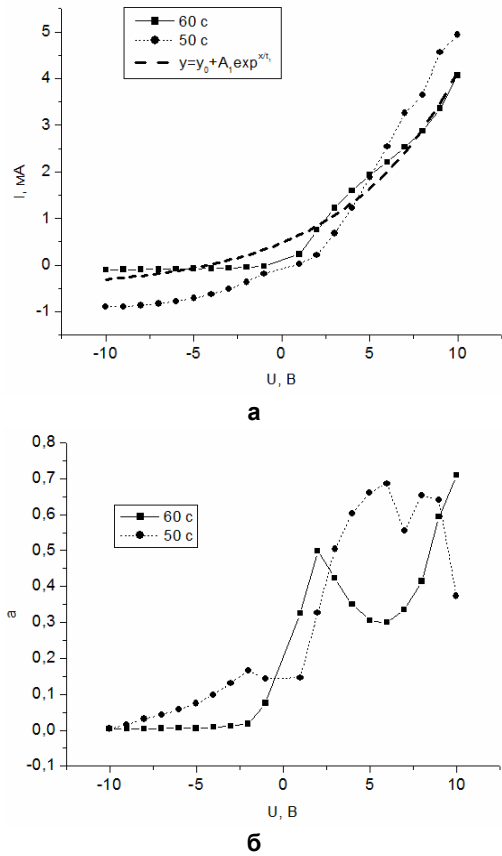


Рис. 3. Вольт-амперна характеристика (а) та її похідна (б) для часу травлення 50-60с

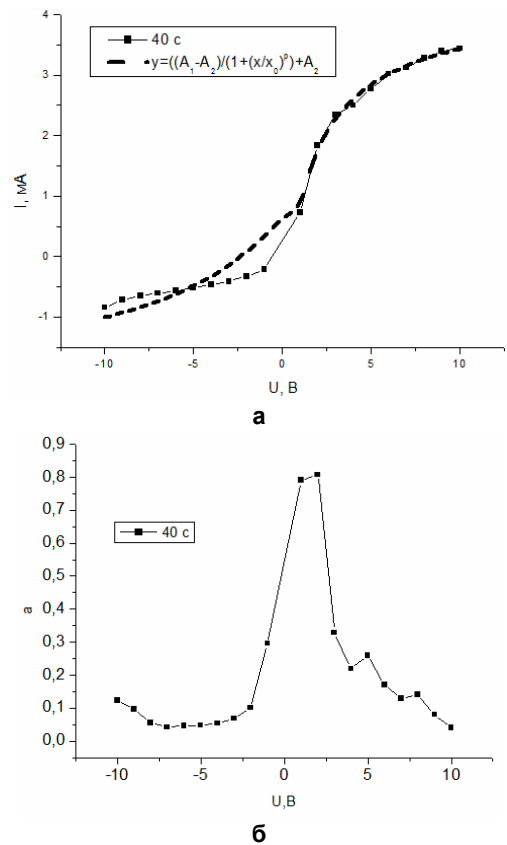


Рис. 4. Вольт-амперна характеристика (а) та її похідна (б) для часу травлення 40с

При невеликих (20-30 с) часах травлення вольт-амперна характеристика має степеневий характер ( $y=x^A$ ), що в поєднанні зі значенням похідної близько 1-1.5 вказує на механізм подвійної інжекції в напівпровідник (рис 5).

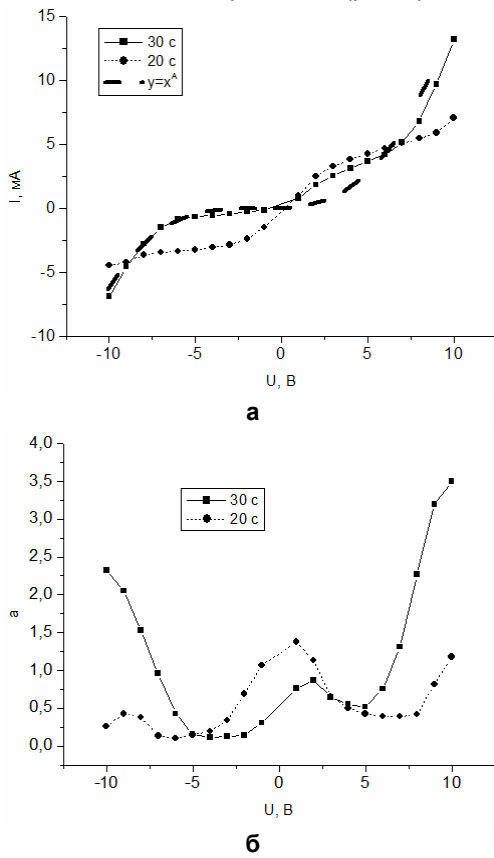


Рис. 5. Вольт-амперна характеристика (а) та її похідна (б) для часу травлення 20-30 с

## Висновки

При хімічному травленні з ростом часу травлення змінюється мікроструктура пористого шару що призводить до зростання опору та формуванню однонаправленого потенціального бар'єру завдяки чому майже в 10 разів збільшується коефіцієнт випрямлення структури.

Водночас змінюються механізми інжекції та рекомбінації носіїв – від режиму подвійної інжекції в напівпровідник та слабкої інжекції до режиму постійного поля між контактами.

## Література

1. Ciach R., Dotsenko Yu. P., Naumov V. V., Shmyryeva A. N., Smertenko P. S. Injection technique for the study of solar cell test structures // Solar Energy Materials & Solar Cells 76. – 2003. – P. 613 – 624.
2. Luchenko A.I., Melnichenko M.M., Svezhentsova K.V., Shmyryeva O.M. Complex studies of properties of nanostructured silicon //Proc. of SPIE.- 2006. - Vol. 6327, № 16.-P. 1- 11.
3. Коваль В. М., Шмырева А. Н. Гетероструктурные преобразователи на основе нанокристаллического кремния //Радиотехника. - 2006. - Т.145. - С. 57 - 61.