

## ФАЗОВЫЙ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ ОКСИДИ МЕДИ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА

<sup>1</sup>Ф. Ф. Арзикулов,

<sup>2</sup>Ш. К. Кучканов

<sup>1</sup>Tashkent Medical Academy Forobiy st. 2, Tashkent;

<sup>2</sup>Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,

4, University Street, 100095, Tashkent, Uzbekistan

Оксид меди (I) -  $\text{Cu}_2\text{O}$  является р-тип полупроводником с шириной запрещенной зоны  $E_g \sim 2,0-2,2$  eV. В последние годы  $\text{Cu}_2\text{O}$  интенсивно исследуется для осуществления преобразования солнечной энергии в электрическую. Теоретически эффективность этого процесса для  $\text{Cu}_2\text{O}$  составляет 9-11%.  $\text{Cu}_2\text{O}$  - перспективный материалы для создания ячеек Бозе с высокой экситонной энергией связи ( $\sim 150$  meV). Кроме того,  $\text{Cu}_2\text{O}$  является фотокатализатором, работающим под действием видимого света [1]. Синтезируя частицы различного размера можно управлять шириной запрещенной зоны  $\text{Cu}_2\text{O}$  создавая фотокатализаторы с чувствительностью к различным длинам волн видимого света. Оксид меди как фотокатализатор может быть использован для разложения воды и для борьбы с органическими загрязнениями, а также в медицине.  $\text{Cu}_2\text{O}$  – также является хорошим магнитным полупроводником [1]. Оксид меди является перспективным материалом современной наноэлектроники и оптоэлектроники [2]. Оксиды меди с 1D-морфологией нанопроволок, наностержней и нанолент являются объектами пристального изучения в химии и физике наноразмерных материалов, так как характеризуются уникальным набором электрофизических, оптических и каталитических свойств. Так, было показано, что иерархические структуры 1D-наноразмерных оксидов меди являются активными катализаторами разложения озона [3], основой проводящих и прозрачных покрытий, электродов суперконденсаторов [4], сенсоров, литий-ионных аккумуляторов и электрокатализаторов [3], используются в качестве фотокатализаторов [4] и т.д. В настоящей работе экспериментально обнаружены и исследованы различные пики в спектре рентгенофазового анализа XRD образцов кремния, имплантированных ионами меди. Были проведены исследования образцов оксида меди имплантированного ионной имплантации на кремниевую подложку методом рентгенофазового анализа XRD-6100 SHIMADZU. Спектры, полученные методом рентгенофазового анализа для образцов  $\text{CuO}$  и  $\text{Cu}_2\text{O}$  приведены на рисунках 1 и 3 соответственно. А также были рассчитаны размеры кристаллитов с помощью формулы Дебая-Шеррера (таб.1 и таб.2). Как показывает полученные расчетные данные размеры кристаллитов были меньше 100 нм, это подтверждает наноразмерности полученных кристаллитов.

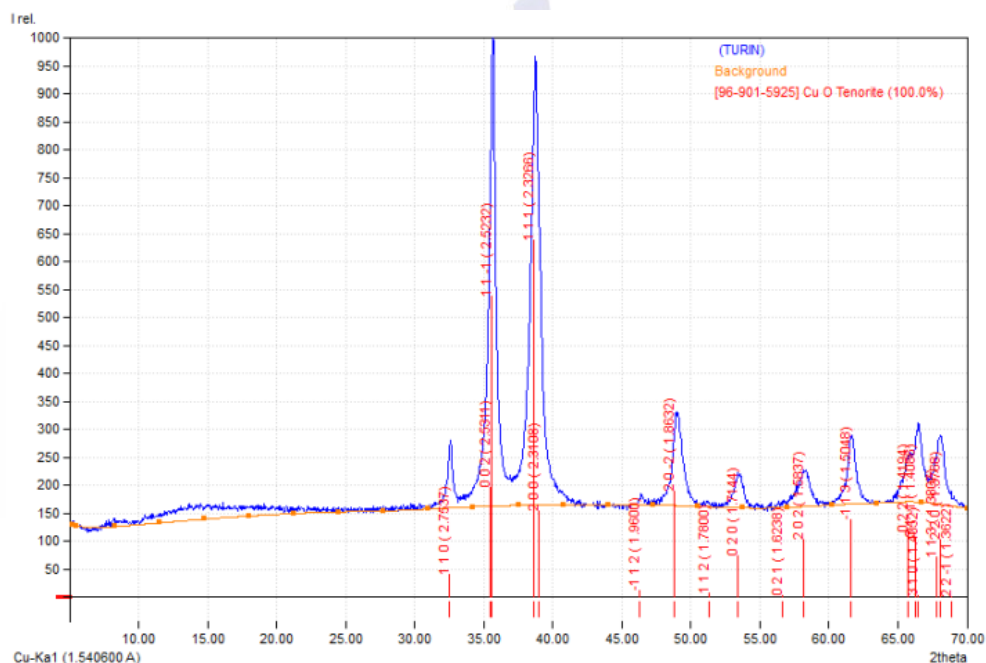


Рис-1. Дифрактограмма полученная методом рентгенофазового анализа для пленки CuO.

Phase composition (Weight %)

Elemental composition (Weight %)

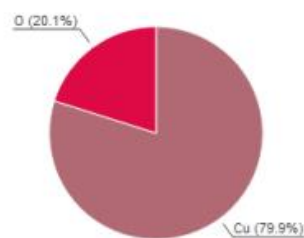


Рис-2. Диаграммы фазового и элементного анализа для CuO полученного по данным XRD

Таблица 1. Размеры наночастиц определенная по формуле Дебая-Шеррера для CuO.

|   | 2θ      | d       | I/I <sub>1</sub> | FWHM    | The size of the crystallites | Average size of crystallites |
|---|---------|---------|------------------|---------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 35.6570 | 2.51593 | 100              | 0.51070 | 17,07nm                      | 14,77 nm                     |
| 2 | 38.7684 | 2.32087 | 97               | 0.73620 | 12 nm                        |                              |
| 3 | 49.0413 | 1.85605 | 22               | 0.72050 | 12,66 nm                     |                              |
| 4 | 66.4723 | 1.40542 | 19               | 0.57120 | 17,38 nm                     |                              |

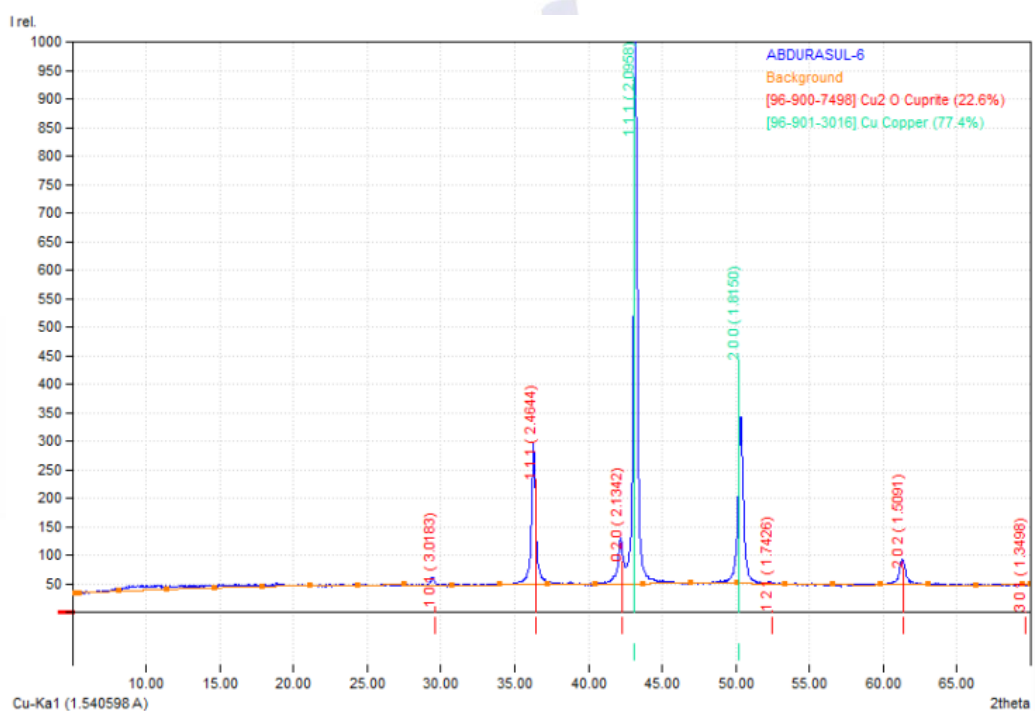


Рис-3 . Дифрактограмма полученная методом рентгенофазового анализа для пленки  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

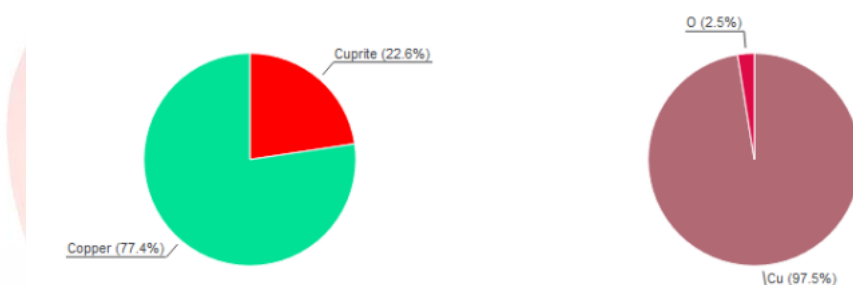


Рис-4 Диаграммы фазового и элементного анализа для  $\text{Cu}_2\text{O}$  полученного по данным XRD

Таблица 2 Размеры наночастиц определенная по формуле Дебая-Шеррера для тонкой пленки  $\text{Cu}_2\text{O}$

|   | $2\theta$ | $d$     | $I/I_1$ | FWHM    | The size of the crystallites | Average size of crystallites |
|---|-----------|---------|---------|---------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 36.3      | 2,47    | 30      | 0.27    | 32,35nm                      | 28,28 nm                     |
| 2 | 43.2081   | 2.09212 | 100     | 0.30450 | 29,32 nm                     |                              |
| 3 | 50.3264   | 1.81163 | 39      | 0.33300 | 27,54 nm                     |                              |
| 4 | 42.2006   | 2.13971 | 10      | 0.33070 | 26,91 nm                     |                              |

Также были определены степень кристалличности и аморфности. Для  $\text{CuO}$  аморфность составляет 81%, а кристалличность 19%, соответственно. А для  $\text{Cu}_2\text{O}$  аморфность

составляет 82%, а кристалличность 18%, соответственно. Эти данные являются взаимно дополняющими друг друга результатами. На основе данных XRD полученных для образцов с различными режимами имплантации Cu и лазерного отжига, исследована динамика трансформации микроскопической структуры приповерхностного слоя кремния. На основе данных по расчету размеров кристаллитов по формулы Дебая-Шеррера определены наноразмерность имплантированных пленок оксида меди.

### **Литература**

1. Lei Huang. // Solid State Sciences. 2009. Vol. 11. P. 129-138.
2. Isakhanov, Z. A., Kosimov, I. O., Umirzakov, B. E., & Erkulov, R. M. (2020). Modification of the surface properties of free Si–Cu films by implantation of active metal ions. Technical Physics, 65(1), 114-117.
3. Lu C., Wang J., Czioska S. et al. // J. Phys. Chem. C. 2017. V. 121. № 46. P. 25875.  
<https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.7b08365>
4. Nkhaili L., Narjis A., Agdad A. et al. // Adv. Condens. Matter Phys. 2020. V. 2020. P. 5470817. <https://doi.org/10.1155/2020/5470817>