

РЕНТГЕНОФОТОЭЛЕКТРОННЫЙ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ $\text{Cu}_2\text{ZnSnS(Se)}_4$.

Джумабаев Д
Валиханов Н.К

Ташкентский государственный транспортный университет,
nuriddinvalikhanov@gmail.com

Содержание тонких слоев на основе Zn в воздухе обязательно приводит к проникновению и фиксации кислорода воздуха в твердой фазе таллоцианина цинка, где, действует как акцептор электронов [1]. Учитывая, что в этих слоях можно фиксировать другие частицы, присутствующие в атмосфере (которые могут играть определенную роль в фотоэлектрических свойствах), для уточнения их элементного состава применялся количественный анализ рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).

В то же время с помощью РФЭС были выявлены новые типы химических связей, появившиеся в синтезированных тонких слоях. На рис. 1 показаны спектры РФЭС во всем диапазоне энергий. В спектрах РФЭС мы свидетельствуем о наличии пиков характеристики C 1s, O 1s, N 1s, I 3d и Zn 2p.

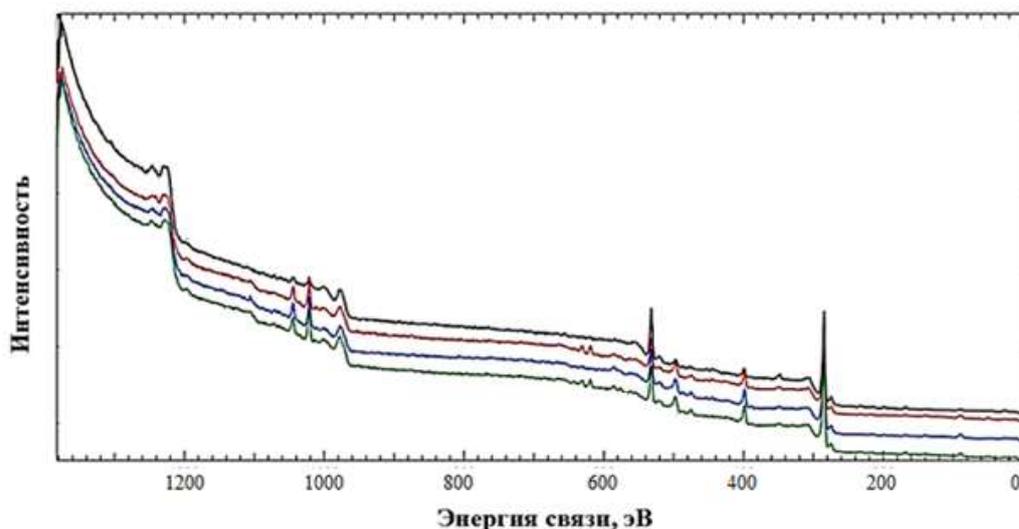


Рис. 1. Спектры РФЭС для тонких слоев 1А, 2А, 3А и 4А, без термической обработки

Деконволюция (развёртка) узкого спектра (пика) Zn 2p в результате легирования йодом показывает легкое смещение (0,2-0,3 эВ) в сторону меньшей энергии связи, а для системы Zn: Sn - небольшое смещение (0,13 эВ) в сторону большей энергии связи (рис. 2 б).

Пик энергии связи при 1021,9 эВ соответствует металлическому цинку. [2] спектры N 1s для Zn и Zn:Sn, легированные и не легированные йодом, показаны

на рис. 3а. Во всех спектрах преобладает сильный сигнал при 398,2 эВ, соответствующий Zn.

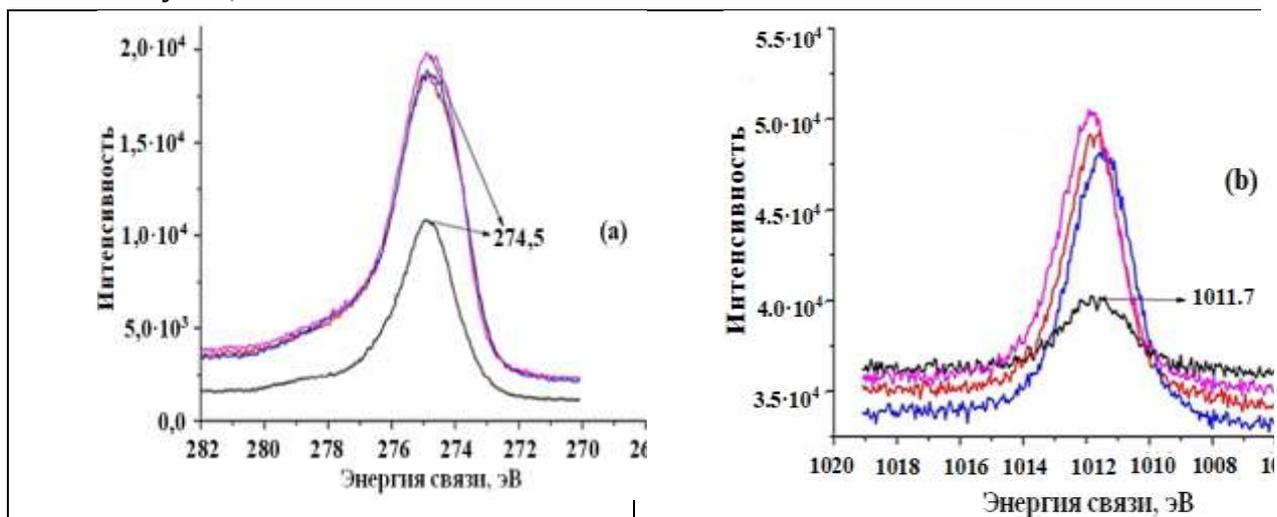


Рис. 2. РФЭС-спектры подуровней C 1s (а) и Zn 2р (б) для тонких слоев 1А-4А

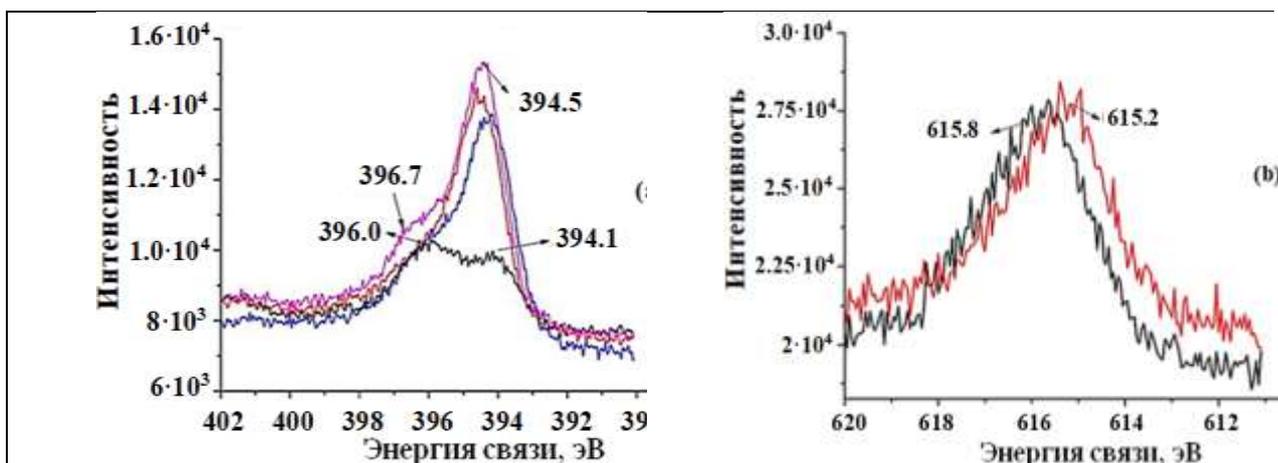


Рис. 3. РФЭС-спектры подуровней N 1s (а) и I 3d (б) для тонких слоев 1А-4А.

Легирование йодом способствует аналогичному смещению этого сигнала на 0,1 - 0,2 эВ. Второй пик, соответствующий N 1s, возникает при энергии связи 400,1 эВ для ZnSn, не легированного йодом и светом смещена в сторону более высокой энергии связи для ZnSn и Cu₂Zn:I.

Пик для энергии связи 398,4 эВ соответствует наличию - N = C, а расположенный при 400,8 эВ соответствует группе -HN-C-. [3] Соответствующий сигнал I 3d_{5/2} для комплекса Zn: I₂ смещен на 0,5 эВ по сравнению с ZnSn:I. Соответствующий РФЭС-спектр O 1s для слоев 1А-4А показан на рис. 4.

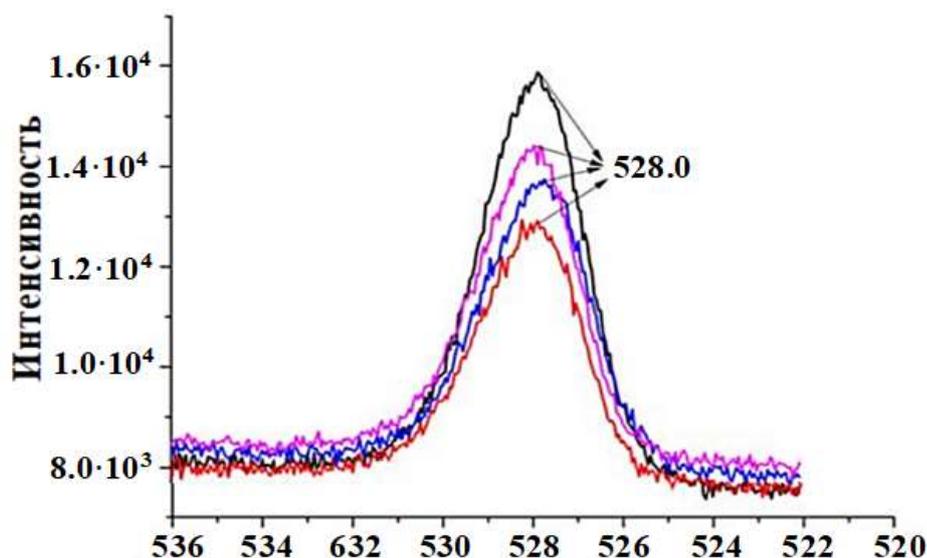


Рис. 4. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия-спектры подуровня O1s для тонких слоев 1A-4A

Сигнал для O 1s при 531,9 эВ можно отнести к связи цинка с формиат-ионом образующихся в результате диссоциации ЖК и присоединения к центральному иону в молекуле Zn, по схеме ранее показанный на рисунке 3.8. Однако не исключено, что определенный вклад в появление этих сигналами обладают подвижные формы кислорода O₂⁻, O²⁻ и OH⁻, способы формирования и роли которых будет рассмотрен в другой статье.

Результаты РФЭС исследований синтезированных тонких слоев показывают, что растворы ZnSnS₄ и Zn:I SnS₄ взаимодействует с I₂ с образованием самоорганизующихся комплексов.

Наблюдения за слоями, легированными йодом, также предполагают образование тетраэдрических комплексов, таких как nI₂ (HCOO). Образование этих комплексов способствует передаче фотоиндуцированных нагрузок от донорного материала к акцепторному [4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. F. Fan, L.R. Faulkner, Photovoltaic Effects Of Metalfree And Zinc Phthalocyanines. I. Dark Electrical Properties Of Rectifying Cells, The Journal Of Chemical Physics. 69 (1978) 3334–3340.
2. K. Nilson, P. Palmgren, J. Åhlund, M. Göthelid, Et Al. STM And XPS Characterization Of Zinc Phthalocyanine On Insb (001), Surf. Sci. 602 (2008) 452–459
3. NIST X-Ray Photoelectron Spectroscopy Database. Disponibil: <https://srdata.nist.gov/xps/default.aspx>
4. T. Potlog, V. Furtuna, I. Lungu, T. Masuzawa, H. Mimura, Physical-Chemical Properties Of Self-Assembled Structures In Solution Of Zinc Phthalocyanine And Bis-3-Pentyl-PTCDI Derivative, The Journal Of Physical Chemistry C. 17 (2020) 9470-9483.



5. Дустмуродов Э. Э. и др. ОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТИЦ ПРИ РЕЛЯТИВИСТСКОМ СТОЛКНОВЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР НА LHC (С ПОМОЩЬЮ GEANT4) //Science and Education. – 2020. – Т. 1. – №. 9. – С. 59-65.

6. Дустмуродов Э. Э. и др. ОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТИЦ ПРИ РЕЛЯТИВИСТСКОМ СТОЛКНОВЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР НА LHC (С ПОМОЩЬЮ GEANT4).

7. Дустмуродов Э. Э. и др. ОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТИЦ ПРИ РЕЛЯТИВИСТСКОМ СТОЛКНОВЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР НА LHC (С ПОМОЩЬЮ GEANT4) //Science and Education. – 2020. – Т. 1. – №. 9. – С. 59-65.

8. Safaev M. M. et al. RECOVERY CARBON-HYDROCARBON ENERGY FROM SECONDARY RAW MATERIAL RESOURCES //ПЕРСПЕКТИВНОЕ РАЗВИТИЕ НАУКИ, ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ. – 2014. – С. 16-18.

9. Makhamadzahidovich S. M. et al. RECOVERY CARBON-HYDROCARBON ENERGY FROM SECONDARY RAW MATERIAL RESOURCES //ББК Ж. я431 (0) П27 МТО-18 Председатель организационного комитета. – 2014. – С. 16.

10. Conference Paper Development of a Non-Destructive Method Determination of the Maturity of Mulberry Cocoons Mirsaatov, R., Khudoyberganov, S. AIP Conference Proceeding[this link is disabled](#), 2022, 2432, 040018

11. Conference Paper • *Открытый доступ* Relationship of parameters that characterize the quality of live cocoons Burkhanov, S.D., Mirsaatov, R.M., Khudoyberganov, S.B., Kadyrov, B.H. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science[this link is disabled](#), 2021, 677(4), 042032

12. Conference Paper • *Открытый доступ* The impact that crushed rubber can have on the quality of bitumen and asphalt concrete Sidikova, T., Barxanadjyan, A., Hakimov, R., Sabirova, D., Mirsaatov, R. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering[this link is disabled](#), 2020, 883(1), 012198