

ИЗГОТОВЛЕНИЕ $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ СЛОЕВ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ТРАФАРЕТНОЙ ПЕЧАТИ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Мишуту В. А.

Цырельчук И.Н. – канд. техн. наук, доцент

$\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ слои были успешно изготовлены на гибкой полиимид подложке методом трафаретной печати. Ширина запрещенной зоны, сопротивление слоя, концентрации носителей, и холловская подвижность слоев $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$, полученных методом трафаретной печати, были 1.49 эВ, $2.42 \cdot 10^3$ Ом, $3.81 \cdot 10^{18}$ см⁻³, и 12.61 см² V⁻¹ s⁻¹ при 25°C, соответственно. Плотность тока короткого замыкания, напряжение холостого хода, коэффициент заполнения, и эффективность обыкновенной фотогоальванической ячейки с активной площадью 0.15 см² были 4.76 мА/см², 386 мВ, 0.27, и 0.49%, соответственно.

$\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS) - четвертные соединения, получаемые из CuInS_2 (CIS), заменой In(III) на Zn(II) и Sn(IV) в соотношении 50:50. Это прямозонные полупроводники с коэффициентом поглощения в видимой области более 10^4 см⁻¹. Их энергия запрещенной зоны составляет 1,4-1,6 эВ, что очень близко к оптимальному значению для использования в качестве слоя поглощения в солнечных элементах. Кроме того, они не токсичны и их элементы имеются в изобилии в земной коре по сравнению с $\text{CuIn}_{(1-x)}\text{Ga}_x\text{Se}_2$. В связи с этим особыми свойствами, CZTS рассматривается как перспективный материал для применения в недорогих и экологически безопасных тонкопленочных солнечных элементах [1-7].

На сегодняшний день, CZTS тонкие пленки и слои изготавливают многими экспериментальными методами, такими, как атомнолучевое напыление, электронно-лучевое испарение прекурсоров, фотохимическое осаждение, спрей пиролизным методом, медотикой нанесения защитного слоя, гибридным напылением, радио частото магнетронным напылением, и электрохимическим осаждением. Все упомянутые методы в настоящее время используется для изготовления пленок металлов, полупроводников, а также керамических пленок с большой площадью. Изготовление CZTS тонких пленок на гибких подложках или любых других веществах в основном обусловлено трудностью при изготовлении однофазных микрочастиц CZTS, которые могут быть хорошо рассредоточены в органической среде.

Трафаретная печать - это простая, быстрая, низкотемпературная, экономически эффективная и универсальная технология покрытия. Ее можно наносить на любую поверхность, форму и размер и она не требует дорогостоящего вакуумного аппарата. Между тем, развитие фотоэлементов на гибких подложках является весьма привлекательным из-за легкого и гибкого характера фотоэлектрических модулей. Насколько мне известно, метод трафаретной печати не был успешно использован в производстве CZTS слоев на гибких подложках или любых других веществах.

В настоящей работе мы покажем, реализацию технологии трафаретной печати для изготовления CZTS слоев на полиимид (PI) веществах, которые являются гибкими, легкими, и подходящими для длительной и масштабной фальсификации. CZTS микрочастицы для пасты метода трафаретной печати были подготовлены за четыре шага, мокрым методом измельчения, изостатическим прессованием, спеканием, и мокрым методом измельчения [8-12].

Список использованных источников:

1. H. Katagiri, $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin film solar cells, *Thin Solid Films* 480 (2005) 426–432.
2. H. Katagiri, K. Jimbo, S. Yamada, T. Kamimura, W. S. Maw, T. Fukano, T. Ito, T. Motohiro, Enhanced conversion efficiencies of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ -based thin film solar cells by using preferential leaching technique, *Appl. Phys. Express* 1 (2008) 041201.
3. K. Ito, T. NAKAZAWA, Electrical and optical properties of stannite-type quaternary semiconductor thin films, *Jpn. J. Appl. Phys.* 27 (1988) 2094–2097.
4. H. Katagiri, K. Saitoh, T. Washio, H. Shinohara, T. Kurumadani, S. Miyajima, Development of thin film solar cell based on $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin films, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 65 (2001) 141–148.
5. K. Moriya, J. Watabe, K. Tanaka, H. Uchiki, Characterization of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin films prepared by photo-chemical deposition, *Phys. Status Solidi C* 3 (2006) 2848–2852.
6. N. Kamoun, H. Bouzouita, B. Rezig, Fabrication and characterization of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin films deposited by spray pyrolysis technique, *Thin Solid Films* 515 (2007) 5949–5952.
7. N. Nakayama, K. Ito, Sprayed films of stannite $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$, *Appl. Surf. Sci.* 92 (1996) 171–175.
8. T. Tanaka, T. Nagatomo, D. Kawasaki, M. Nishio, Q. X. Guo, A. Wakahara, A. Yoshida, H. Ogawa, Preparation of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin films by hybrid sputtering, *J. Phys. Chem. Solids* 66 (2005) 1978–1981.
9. J. S. Seol, S. Y. Lee, J. C. Lee, H. D. Nam, K. H. Kim, Electrical and optical properties of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin films prepared by rf magnetron sputtering process, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 75 (2003) 155–162.
10. J. Zhang, L. X. Shao, $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin films prepared by sulfurizing different multilayer metal precursors, *Sci. China Ser. E52* (2009) 269–272.
11. J. J. Scragg, P. J. Dale, L. M. Peter, G. Zoppi, I. Forbes, New routes to sustainable photovoltaics: evaluation of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ as an alternative absorber material, *Phys. Status Solidi B: Basic Solid State Phys.* 245 (2008) 1772–1778.
12. J. J. Scragg, P. J. Dale, L. M. Peter, Synthesis and characterization of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ absorber layers by an electrodeposition–annealing route, *Thin Solid Films* 517 (2009) 2481–2484.