

## СТРУЙНАЯ ПЕЧАТЬ ХАЛЬКОПИРИТА $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Se}_2$ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

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

Мишутто В. А.

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

В этой статье, мы расскажем о новом подходе для изготовления халькопиритных  $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Se}_2$  тонкопленочных солнечных фотоэлементов методом струйной печати. Струйная печать в атмосферных условиях, дает возможность прямого структурирования поглощающих материалов в крупных масштабах. Это обеспечивает потенциальные преимущества по издержкам перед обычным процессом производства, что предполагает последовательное осаждение, рисунка и травление выбранных материалов. Кроме того, струйная печать, повышает коэффициент использования сырья, по сравнению с более расточительным методом осаждения на основе вакуума.

В настоящее время халькопиритные  $\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{S,Se})_2$  (CIGS) тонкопленочных солнечных элементов дошли до 20.1% КПД преобразования энергии с использованием трехступенчатого совместного процесса испарения. Достойная эффективность преобразования и высокая химическая стабильность CIGS делают его перспективным материалом р-типа для тонкопленочных солнечных элементов. Однако, высокая стоимость производственного процесса на вакуумной основе, становится препятствием для доступности коммерческих модулей для замены традиционных видов ископаемого топлива в качестве первичного источника энергии. Эффективный безвакуумный процесс печати имеет потенциал для преодоления этого барьера [1].

Решения, основанные на прямой печати неорганических материалов, предоставляет возможность нанесения высокого качества тонких пленок при низкой температуре в атмосферных условиях, а также прямое аддитивное структурирование процессов, что позволит изготавливать высокоэффективную и ультранизкостойкую электронику. Струйная печать неорганических материалов является относительно более сложной, по сравнению со струйной печатью органических материалов, особенно для полупроводниковых материалов [2-4].

Струйная печать в атмосферных условиях, дает возможность прямого паттерна поглощающих материалов в крупных масштабах. Это обеспечивает потенциальное преимущество издержек перед обычным процессом производства, что предполагает последовательное осаждение, рисунка и травление отдельных полупроводниковых, проводящих, и изоляционных материалов. Кроме того струйной печати увеличивает коэффициент использования сырья, по сравнению с более расточительным методом на основе вакуумного депонирования. В этой статье мы представляем информацию о недорогом и быстром подходе для изготовления халькопирит  $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Se}_2$  тонкопленочных солнечных фотоэлементов струйной печатью.

Наше решение для процесса производства солнечных элементов имеет несколько преимуществ по сравнению с обычным методом на основе вакуума и другими подходами, решениями. Данный подход дает решение для потенциально большого понижения капитальных затрат, связанных с более дорогим вакуумным оборудованием. Этот недавно разработанный метод использует дешевые и высококачественные соли металлов непосредственно в качестве исходных материалов. Этот метод сокращает пути реакции изготовления CIGS тонких пленок, которые позволяют сократить расходы на обработку и снизить воздействие на окружающую среду. В отличие от ряда решения процессов требуют дополнительной химической обработки для удаления вторичной стадии, использованием токсичных химических веществ, или утомительный процесс для подготовки прекурсоров. С химической точки зрения соли металлов, таких как хлорид металла и ацетат более реактивные, чем оксиды металлов, которые успешно используются для изготовления CIGS солнечных элементов. Эти преимущества делают металлические соли хорошими кандидатами в качестве CIGS прекурсоров. Наиболее эффективные CIGS солнечные элементы производятся путем совместного испарения с элементарной концентрацией градиента, которые являются выгодными для мобильных разработок. Этот метод струйной печати, потенциально может быть использован для создания аналогичных различий путем корректировки концентрации чернил [5-7].

Список использованных источников:

1. M. A. Green, K. Emery, Y. Hishikawa, W. Warta, Solar cell efficiency tables (version 36), Prog. Photovolt.: Res. Appl. 18 (2010) 346–352.
2. W. Liu, D.B. Mitzi, M. Yuan, A.J. Kellock, S.J. Chey, O. Gunawan, 12% Efficiency  $\text{CuIn}(\text{Se}, \text{S})_2$  photovoltaic device prepared using a hydrazine solution process, Chem. Mater. 22 (2010) 1010–1014.
3. Q. Guo, G.M. Ford, H.W. Hillhouse, R. Agrawal, Selenization of copper indium gallium disulfide nanoparticle films for thin film solar cells, in: Proceedings of the 34th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, vols. 1–3, 2009, 879–882.
4. V. Akhavan, M.G. Panthani, B. Goodfellow, D.K. Reid, B.A. Korgel, Thickness-limited performance of  $\text{CuInSe}_2$  nanocrystal photovoltaic devices, Opt. Express 18 (2010) A411–A420.
5. B. Weil, S.T. Conner, Y. Cui,  $\text{CuInS}_2$  solar cells by air-stable ink rolling, J. Am. Chem. Soc. 132 (2010) 6642–6643.
6. W. Wang, C. Jeffryes, D. Gale, G.L. Rorrer, T. Gutu, J. Jiao, C.-H. Chang, Self-assembly of nanostructured flatom microshells into patterned arrays assisted by polyelectrolyte multilayer deposition and inkjet printing, J. Am. Chem. Soc. 131 (2009) 4178–4179.
7. B.A. Ridley, B. Nivi, J.M. Jacobson, All-inorganic field effect transistors fabricated by printing, Science 286 (1999) 746–749.