

**Тонкопленочный преобразователь солнечной энергии**

Есман А. К., Зыков Г. Л., Потачиц В. А.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Работа относится к области полимерных электронных технологий. В рассмотренном тонкопленочном преобразователе энергия всего спектрального диапазона входного солнечного излучения (за исключением ультрафиолетового) преобразуется в энергию постоянного электрического тока. КПД такого устройства может достигать величины 40–60 %. Более того, в тонкопленочный преобразователь также эффективно поглощает и отражает солнечное излучение ИК-диапазона, что позволяет использовать его для ослабления интенсивного теплового потока.*

Среди альтернативных источников энергии солнечное излучение является наиболее перспективным. Энергия Солнца является самым мощным, экологически чистым, естественным и общедоступным источником. Использование этого источника энергии возможно во многих регионах мира, в том числе и в Беларуси. Главным фактором, обуславливающим развитие фотовольтаики (использование энергии солнца) в Беларуси, – это наличие достаточного количества световой энергии, падающей на единицу поверхности. По количеству световой энергии, падающей на единицу поверхности (инсоляции), Беларусь находится примерно на одном уровне с такими странами, как Германия, Япония, Канада, где солнечная энергетика развивается очень активно.

В последние годы на рынок солнечной энергетики активно выходят именно тонкопленочные преобразователи солнечной энергии [1–3]. Их доля в общем объеме солнечных модулей составляет уже более 3 %, причем происходит дальнейшее увеличение этой доли. Одним из путей увеличения эффективности этих устройств является повышение КПД преобразования солнечной радиации в электричество при одновременном расширении функциональных возможностей устройства за счет эффективного поглощения и отражения части ИК-излучения солнечного спектра, что и предполагает рассмотренная конструкция тонкопленочного преобразователя (рис.).

Падающее солнечное излучение видимого  $\lambda_1$  и инфракрасного (ИК)  $\lambda_2$  диапазонов электромагнитных волн оптически связано с проводящими областями внешнего активного слоя 2 диэлектрической подложки 1 непосредственно. Это же излучение, но преломленное и отраженное, как указано на

рис. 1, также оптически связано с проводящими областями внешнего активного слоя 2 диэлектрической подложки 1 через нее и внутренний активный слой 3. Проводящие области выходные 4 электрически связаны как непосредственно, так и туннельно через наноразмерные зазоры 5, с проводящими приемными областями 6.

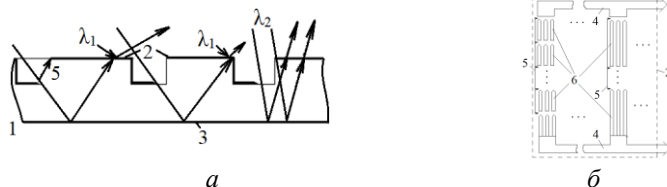


Рис. Схема расположения элементов:

*a* – устройства; *б* – топология внешнего активного слоя; 1 – диэлектрическая подложка; 2 – проводящие области внешнего активного слоя; 3 – внутренний активный слой; 4 – проводящие области выходные; 5 – наноразмерные зазоры; 6 – проводящие приемные области

Солнечное излучение с длиной волны  $\lambda_1$  видимого диапазона электромагнитных волн, попадая на внешнюю сторону диэлектрической подложки 1 под углом, близким к нормальному падению, практически полностью поглощается проводящими приемными областями 6 – несимметричными полуволновыми вибраторами соответствующих размеров. Под действием электрического поля указанного электромагнитного излучения свободные электроны никеля последовательно туннелируют через заостренные концы проводящих приемных областей 6 и наноразмерные зазоры 5. Таким образом осуществляется преобразование энергии видимого диапазона солнечного электромагнитного излучения в энергию электрического тока высокой частоты, соответствующей падающему излучению, с последующим его детектированием в постоянный электрический ток в наноразмерных зазорах 5.

При падении солнечного излучения с длиной волны  $\lambda_1$  под углом к поверхности диэлектрической подложки 1, отличающимся от нормального падения, часть мощности этого излучения, попадающая на проводящие приемные области 6, будет отражаться наружу, а поглощенная часть излучения преобразуется в энергию постоянного электрического тока выше описанным образом. В тоже время часть мощности этого солнечного излучения, поступающая на участки, не занятые проводящими областями внешнего активного слоя 2 диэлектрической подложки 1 преломляется и проходит через нее. Затем оно отклоняется от зеркально отражающего солнечное излучение

внутреннего активного слоя 3 и поступает на внутреннюю сторону проводящих областей внешнего активного слоя 2. Далее это излучение аналогичным образом преобразуется в энергию постоянного электрического тока. Так как в данном случае перепад коэффициентов преломления на границе перехода диэлектрик – металл будет меньше, чем на границе перехода воздух – металл, то создаются условия для поглощения солнечного излучения рассматриваемого диапазона длин волн.

Для входного солнечного излучения ИК-диапазона с длиной волны  $\lambda_2$  проводящие области внешнего активного слоя 2 диэлектрической подложки 1 будут полупрозрачными при любых углах падения. Поэтому часть солнечного излучения рассматриваемого диапазона, поглощенная проводящими приемными областями б диэлектрической подложки 1, преобразуется в энергию постоянного электрического тока аналогично. Прошедшая часть этого солнечного излучения через проводящие приемные области б и диэлектрическую подложку 1, отклоняется от зеркально отражающего солнечное излучение внутреннего активного слоя 3. Затем поступает на внутреннюю сторону проводящих областей внешнего активного слоя 2, где точно также преобразуется в энергию постоянного электрического тока. Часть солнечного излучения ИК-диапазона, поступающая на участки, не занятые проводящими областями внешнего активного слоя 2 диэлектрической подложки 1 преломляется и проходит через нее. После зеркального отражения от внутреннего активного слоя 3 поглощается в проводящих приемных областях б и аналогичным образом преобразуется в электричество.

В рассмотренном электронном тонкопленочном элементе энергия всего спектрального диапазона входного солнечного излучения (за исключением ультрафиолетового) преобразуется в энергию постоянного электрического тока. КПД такого широкоспектрального устройства может достигать порядка 40–60 %. Более того, в электронном тонкопленочном элементе также эффективно поглощается и отражается ИК-диапазон солнечного излучения, что позволяет использовать его для ослабления интенсивного теплового потока.

### Литература

1. Marangi, F. New strategies for solar cells beyond the visible spectral range / F. Marangi, M. Lombardo, A. Villa, Scotognella // *Optical Materials: X*. – 2021. Vol. 11. – P. 100083-1–26.
2. Esman, A. K. Simulation of tandem thin-film solar cell on the basis of  $\text{CuInSe}_2$  / A. K. Esman, V. K. Kuleshov, V. A. Potachits, G. L. Zykov // *Energetika. Proc. CIS Higher Educ. Inst. And Power Eng. Assoc.* – Vol. 63, No. 1. – P. 5–13.

3. Есман, А. К. Многопереходные солнечные элементы на основе GaInN / GaN / GaInP / GaAs / Si / InGaAsP / А. К. Есман, Г. Л. Зыков, В. А. Потачиц // Проблемы физики, математики и техники. – 2022. – Т. 52, № 3. – С. 18–21.

УДК 538.54.16

### Условия получения сверхпроводящих керамик на основе ртути

Савчук Г. К.<sup>1</sup>, Летко А. К.<sup>2</sup>, Юркевич Н. П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup>ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»

Минск, Республика Беларусь

*В работе представлены результаты исследований условий синтеза сверхпроводящего соединения  $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$  и их влияния на температуру перехода в сверхпроводящее состояние. Установлено, что синтезированные образцы Hg-1201 имеют узкую область гомогенности по кислороду. Получено, что от отношения массы навески к реакционному объему ширину и температуру сверхпроводящего перехода не зависят.*

Изучение физики сверхпроводящих материалов непрерывно продолжается с момента открытия явления сверхпроводимости. Идея технического прорыва в этой области остается важной по настоящий день. До сих пор непонятен механизм сверхпроводимости. Не исключено, что он является фононным, или спиновым, или экситонным и т. д. [1].

Целью данной работы является изучение условий получения и их влияния на температуру перехода в сверхпроводящее состояние в сверхпроводниках на основе  $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$ .

Синтез соединения  $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$  (Hg-1201) производился из высокочистых оксидов  $\text{BaO}_2$ ,  $\text{HgO}$  и  $\text{CuO}$  [2; 3]. Гомогенизированная в спирте смесь исходных компонентов прессовалась в таблетки диаметром 0,008 м и толщиной 0,004 м при давлении  $500 \cdot 10^6$  Па. Таблетки в алуидовых тиглях помещали в вакуумированные до  $10^{-2}$  Па кварцевые ампулы. Ампулы в стальном контейнере нагревались в печи в течение 1 ч до температуры 700 К, при которой начинается интенсивное разложение оксида ртути  $\text{HgO}$ . Затем нагрев продолжали со скоростью 30 К/ч до температур 1070–1100 К, при которых ампулы выдерживались от 1 ч до 50 ч. Температуру в печи контролировали с точностью  $\pm 2$  К