

Влияние условий галогенидной «активации» на электрофизические свойства тонких пленок CdTe

Д. С. Луценко^{1,2}, М. В. Гапанович², И. Н. Один¹, Г. Ф. Новиков^{1,2}

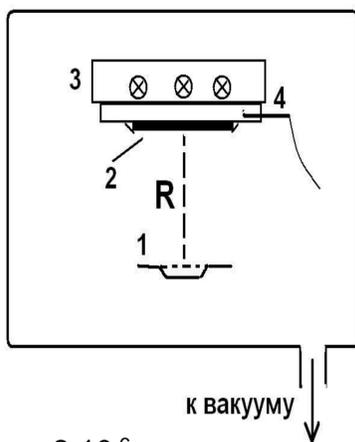
¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

²Институт проблем химической физики РАН

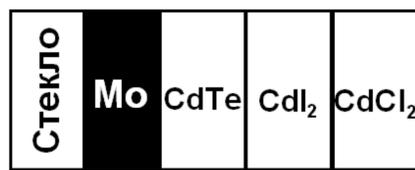
e-mail: lutsenkods161@yandex.ru

Синтез образцов

Тонкие пленки CdTe используются в качестве поглощающего слоя гибких солнечных батарей. Однако выбор материала основы для таких устройств крайне ограничен из-за необходимости применения высоких температур ($T > 400^\circ\text{C}$) в процессе их производства - на стадии активации фотопроводимости поглощающего слоя. В данной работе исследовалась возможность снижения этой температуры.



Пленки CdTe и активационной смеси (а/c - CdI_2 и CdCl_2) получали методом резистивного вакуумного испарения (PVD). После этого производился отжиг образцов в трехзонной печи при $T = 200 \div 430^\circ\text{C}$.



Структура полученных образцов

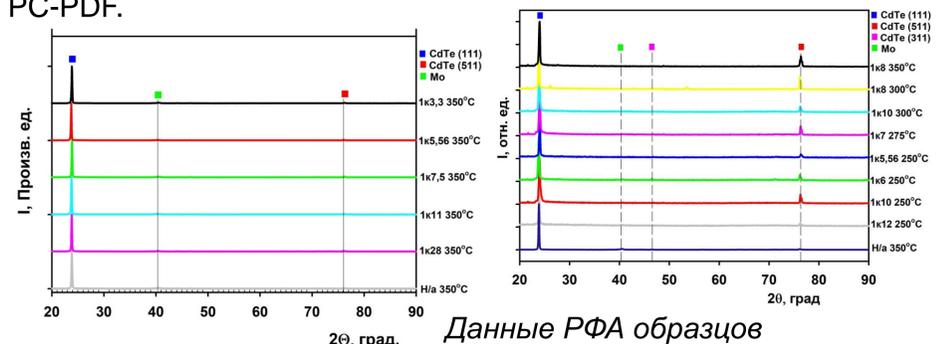
$\rho = 2 \cdot 10^{-6}$ мм.рт.ст.
 $R = 15$ см;

- 1 – тигель с напыляемым веществом;
- 2 – подложка;
- 3 – нагреватель;
- 4 – термопара.

$d(\text{Mo}) = 3$ мкм;
 $d(\text{CdTe}) = 2$ мкм;
 $d(\text{a/c}) = 0,07 \div 1$ мкм.

Исследование образцов

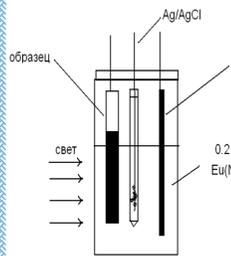
Исследование методом РФА проводилось на дифрактометре АДП-2-01, излучение Cu-K α . Для определения фазового состава использовалась электронная база рентгенографических данных PC-PDF.



Данные РФА образцов

Зёрна в пленке CdTe во всех образцах имеют преимущественную ориентацию (111).

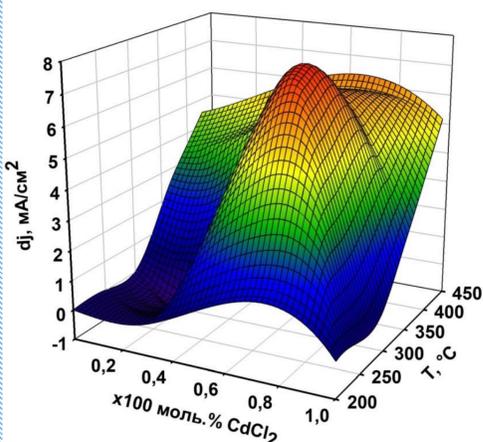
Экспресс-тестирование пригодности полученных пленок к созданию поглощающего слоя солнечных батарей проводилось методом фотоэлектрохимических ячеек (ПЕЯ).



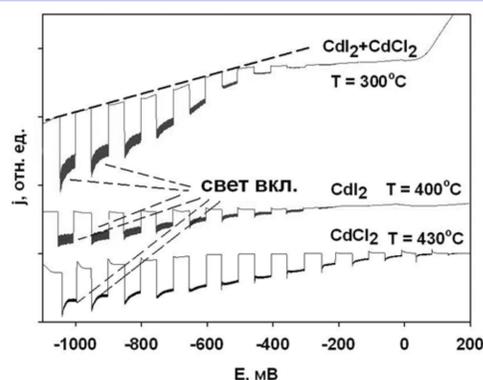
Использовалась трехэлектродная ячейка (рабочий электрод – исследуемый образец, контрэлектрод – графит, электрод сравнения 3М Ag/AgCl , электролит – 0,2М $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$) в режиме импульсного освещения образца ($t_{\text{имп.}} = 10$ с, источник света – металлогалогенная лампа Sylvania CMI-T, $P = 100$ мВт/см²).

* Damodar Das V., Damodare L. // J. Materials Chemistry and Physics. 1998. №56. P.116–124.

Исследование образцов



Зависимость фототока от состава а/с и T при $E = -850$ мВ



Данные ПЕЯ наилучших образцов в зависимости от условий активации

Сопротивление пленок в зависимости от условий активации

Так как величина фотопроводимости обуславливается соотношением

доноров и акцепторов, а также межзерновым сопротивлением, предположительно, при обработке пленки смесью галогенидов состава ~60 моль.% CdCl_2 в ней происходит образование дефектов-доноров, а их соотношение к акцепторам становится близким к оптимальному. Данный процесс вследствие использования смеси, более легкоплавкой, чем чистые вещества, проходит при сравнительно низких температурах ($T \sim 300^\circ\text{C}$).

Состав смеси, моль.% CdCl_2	Соотношение $d(\text{a/c}):d(\text{CdTe})$	Температура отжига, $^\circ\text{C}$	Сопротивление R_s , $\text{кОм}\cdot\text{м}$
Без обработки	-	350 ± 5	134 ± 15
0	1:5,56	400 ± 5	396 ± 40
~30 (эвт. смесь)	1:8	200 ± 5	80 ± 10
~60	1:5,56	300 ± 5	36 ± 5
100	1:4	430 ± 5	350 ± 30

Заключение

- Методом PVD с последующей галогенидной обработкой и отжигом были получены тонкие пленки теллурида кадмия.
- Установлено, что преимущественная ориентация зёрен (111) в пленке CdTe не зависит от состава активационной смеси и соотношения толщины слоя активаторов к толщине пленки.
- Использование чистого CdI_2 в процессе активации при температурах $350-400^\circ\text{C}$ не приводит к заметному увеличению фотопроводимости, что, по-видимому, обусловлено образованием соединения $(\text{CdI})_2\text{Te}$ в интервале температур $355^\circ\text{C}-375^\circ\text{C}$.
- Использование чистого CdCl_2 , CdI_2 и их эвтектической смеси при температурах ниже 350°C тоже не приводит к заметному увеличению фотопроводимости.
- Использование смеси галогенидов определенного состава при $T \sim 300^\circ\text{C}$ позволяет добиться протекания процессов, проходящих в пленке во время «классической» хлоридной обработки ($T \sim 430^\circ\text{C}$), что позволяет получать поглощающий слой CdTe с аналогичной фотопроводимостью (разность между темновыми и световыми участками кривых на рисунке данных ПЕЯ) при несколько меньшем сопротивлении.