

# СТРУКТУРНЫЕ И ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ИНДИЯ-ОЛОВА С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ИНДИЯ, НАПЫЛЕННЫХ НА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАГРЕТЫЕ СТЕКЛЯННЫЕ ПОДЛОЖКИ

**Петровская С., Воисин Л.<sup>(1)</sup>, Отска М.<sup>(2)</sup> и Накамура Т.<sup>(1,2)</sup>**

Институт проблем материаловедения НАН Украины, ул. Крижановского, 3, Киев, 03680, Украина, [sw.piotrowska@gmail.com](mailto:sw.piotrowska@gmail.com)

<sup>(1)</sup>New Industry Creation Hatchery Center, Tohoku University, Sendai 980-8579, Japan

<sup>(2)</sup>Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Sendai 980-8577, Japan

Тонкие пленки оксида индия-олова с пониженным содержанием  $\text{In}_2\text{O}_3$  были осаждены в течение 30 мин. методом напыления из мишени  $\text{In}_2\text{O}_3$  - 50 масс%  $\text{SnO}_2$  (ITO50) на предварительно нагретые до 523 К (PHS) стеклянные подложки при вращении держателя подложек для достижения гомогенного осаждения. Скорость потока аргона  $Q(\text{Ar})$  и мощность поддерживались постоянными при 50 sccm и 100 Вт, соответственно, в то время как скорость потока кислорода изменялась в области  $Q(\text{O}_2) = 0.1\sim 1.5$  sccm.

Было выявлено, что толщина пленок ITO50 PHS (непосредственно после осаждения) уменьшилась от 137 до 121 нм (скорость осаждения снизилась от 4.6 до 4.1 нм/мин) с увеличением  $Q(\text{O}_2)$  от 0.1 до 1.5 sccm. Такое снижение скорости осаждения может быть объяснено возрастающим числом столкновений между атомами или молекулами мишени и атомами окружающего газа, приводя к частичной потере энергии при возрастании  $Q(\text{O}_2)$ .

Объемное удельное сопротивление ( $\rho_V$ ) тонких пленок ITO50 PHS (непосредственно после осаждения) уменьшилось при возрастании  $Q(\text{O}_2)$  до 0.5 sccm. Полученный минимум  $\rho_V$  (1090 мкОм·см) от тонкой пленки ITO50 PHS ниже, чем такой от пленки ITO50 (непосредственно после осаждения) (6500 мкОм·см), напыленной на ненагретые подложки при оптимальной  $Q(\text{O}_2) = 0.3$  sccm, благодаря повышенной подвижности носителей заряда в PHS пленках. ITO50 PHS пленки прозрачны в видимой области. Оптическая прозрачность ( $\tau$ ) PHS пленок (непосредственно после осаждения), напыленных при оптимальной  $Q(\text{O}_2)$  (0.5-1.0 sccm), выше 93 % (при  $\lambda = 550$  нм).  $\tau$  PHS

тонких пленок (непосредственно после осаждения) возрастает при увеличении  $Q(\text{O}_2)$ , поскольку количество вакансионно-подобных дефектов уменьшается с увеличением  $Q(\text{O}_2)$ .

Некоторые пленки были подвергнуты термообработке при 523 и 623 К на воздухе (HT523 и HT623). После термообработки они охлаждались на воздухе при комнатной температуре. После термообработки при 523 К,  $\rho_V$  PHS тонких пленок снизилось. Минимальное  $\rho_V$  (951 мкОм·см) для HT523 пленок было получено при  $Q(\text{O}_2) = 0.5$  sccm.  $\tau$  PHS пленок, осажденных при  $Q(\text{O}_2) \geq 0.5$  sccm не изменялось после термообработки, поскольку термообработка на воздухе приводит лишь к незначительным изменениям атомных пропорций O/(In+Sn).

Было выявлено, что температура кристаллизации возрастает и преимущественная ориентация роста зерен меняется с (400) на (222) с увеличением  $Q(\text{O}_2)$  от 0.2 до 0.5 sccm. Тонкие пленки PHS (непосредственно после осаждения), полученные при  $Q(\text{O}_2) \leq 0.3$  sccm, согласно данным рентгеновской дифракции были кристаллизованы, в то время как пленки, осажденные при  $Q(\text{O}_2) \geq 0.5$  sccm, демонстрировали аморфную структуру.

Профили поверхности тонких пленок ITO50 PHS (непосредственно после осаждения) толщиной 150 нм оказались гладкими и однородными. Со снижением скорости потока кислорода от 0.5 до 0.3 sccm средняя шероховатость поверхности  $S_a$  и среднеквадратичная шероховатость  $S_q$  возросли от 0.49 до 0.88 нм и от 0.61 до 1.12 нм соответственно, что ведет к уменьшению прозрачности. Однако возрастание скорости потока кислорода не влияет на размер зерна (средний размер зерна  $d_{av} = 24$  нм).