

Надо отметить, что при применении импортируемого в республики Узбекистан ингибитора марки Nalco степень защиты при 80°C равен 87,58%.

Список использованных источников

1. Вигдорович В.И. Синютина С.Е. Универсальный ингибитор коррозии и наводораживания углеродистой стали Ст.3 в средах содержащих H_2S и CO_2 // Вестник ТГТУ, 2008, Т14. №1. -С.128-139.
2. Гафуров Р.Р., Кудрявцева И.А. Полвоняк В.К. , Быстрова О.Н. Анализ защитных свойств азот-фосфорсодержащих ингибиторов коррозии стали // Практика противокорр.защиты-2001,№4.-С.14-17
3. Волошин В.Ф.Исследование влияния на электродные процессы четвертичных солей 2-алкилимидазолинов//Вопросы химии и химической технологии.-2003.№5.- С.105-108.
4. А.К.Осербаева, Нуруллаев Ш.П. XXXIII Международная научная конференция «Техноконгресс» Кемерово 2018.С.3-7.

УДК 535.215; 535.3

**Г.И. Омарбекова¹, А.К. Аймуханов¹,
Б.Р. Ильясов², А. М. Мухамеджанова¹**

¹ Карагандинский университет имени Е.А. Букетова,
Караганда, Казахстан

² Astana IT University, Нур-Султан, Казахстан

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТЖИГА НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК IN_2O_3

Аннотация. В данной работе для определения влияния температуры отжига на оптические свойства и на ширину запрещенной зоны In_2O_3 были измерены спектры поглощения, пропускания и отражения пленок, отожженных при разных температурах и приведен график Таука (Tauc plot) для определения ширины запрещенной зоны.

**G.I. Omarbekova¹, A.K. Aimukhanov¹, B.R. Ilyassov²,
A.M. Mukhamedzhanova¹**

¹Karaganda State University named after Academician E.A. Buketova
Karaganada, Kazakhstan

²Astana IT University, Nur-Sultan, Kazakhstan

EFFECT OF ANNEALING TEMPERATURE ON OPTICAL PROPERTIES OF IN_2O_3 FILMS

Abstract. In this paper, to determine the effect of the annealing temperature on the optical properties and the band gap width of In_2O_3 , the absorption, transmission and reflection spectra of films annealed at different temperatures were measured and a Tauc plot was given to determine the band gap width.

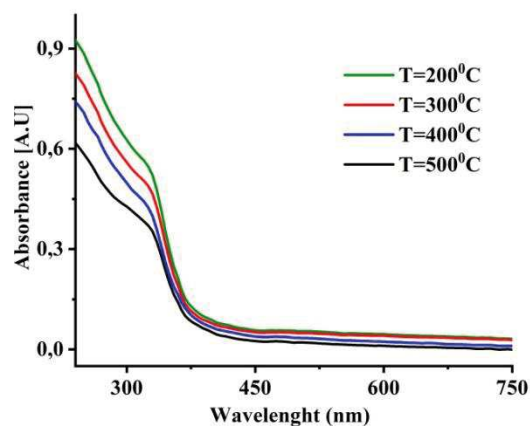
Получение пленок In_2O_3 проводилось испарением порошка In (Sigma-Aldrich, powder, 99.99% trace metals basis) методом вакуумного термического осаждения на установке CY-1700x-spc-2 (Zhengzhou CY Scientific Instruments Co., Ltd) и последующим отжигом пленок в атмосфере воздуха при температурах 200°C-500°C в течение часа.

Регистрация спектров поглощения, пропускания и отражения исследуемых образцов осуществлялась на спектрометре AvaSpec-ULS2048CL-EVO (Avantes). В качестве зондирующего излучения использовался комбинированный дейтериево-галогеновый источник света AvaLight-DHc (Avantes) с рабочим спектральным диапазоном 200-2500 нм. Для измерения спектров отражения использовали референсный белый отражатель WS-2 (Avantes).

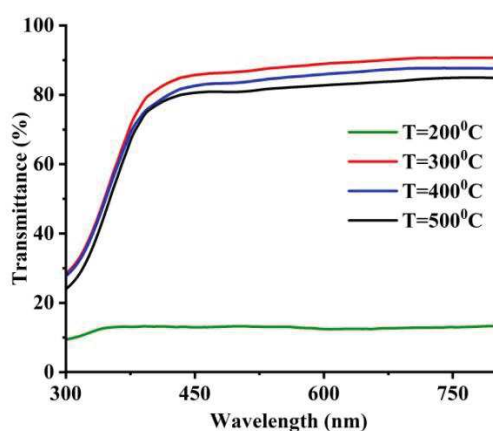
Для определения влияния температуры отжига на оптические свойства In_2O_3 были измерены спектры поглощения, пропускания и отражения пленок, отожженных при разных температурах (рис. 1).

Спектр поглощения типичен спектру поглощения широкозонных полупроводников. Край полосы фундаментального поглощения приходится на 312 нм, что соответствует оптическому переходу запрещенной зоны In_2O_3 . Характеристики спектров поглощения пленок In_2O_3 при разных температурах отжига приведены в таблице 1. Из рисунка видно, что повышение температуры отжига пленок In_2O_3 от 200 °C до 500 °C приводит к уменьшению поглощения в коротковолновой области $\lambda < 300$ нм в 1,5 раза. В длиноволновой части $\lambda > 300$ нм уменьшение оптической плотности составило 1,5 раза.

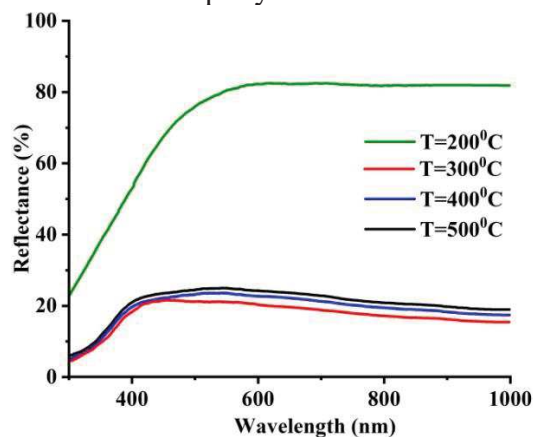
На том же рис. 1 приведены спектры пропускания и отражения пленок In_2O_3 при разных температурах отжига. Из рисунка видно, что пленка отожженная при $T=200$ °C очень слабо пропускает свет $T < 20\%$, в тоже время у нее высокий коэффициент отражения $R \sim 80\%$. Следует отметить, в этом случае пленка сохраняет свои металлические свойства соответственно отражение можно отнести к зеркальному. При повышении температуры отжига до 300 °C в пленке происходит процесс термического оксидирования [1], в результате чего пленка становится прозрачной в итоге мы наблюдаем возрастание пропускания пленки $T \sim 90\%$ и уменьшение отражения $R \sim 20\%$.



Поглощение



Пропускание



Отражение

Рис. 1 - Влияние температуры отжига на оптические характеристики пленок In_2O_3

При увеличении температуры отжига свыше $T > 300$ °С, одновременно с увеличением размеров зерен в пленке, наблюдается постепенное уменьшение пропускания и возрастание отражения R.

Таким образом наблюдаемое уменьшение интенсивности поглощения пленки связано с увеличением рассеяния света на крупных частицах интенсивность которого растет с возрастанием температуры отжига [2].

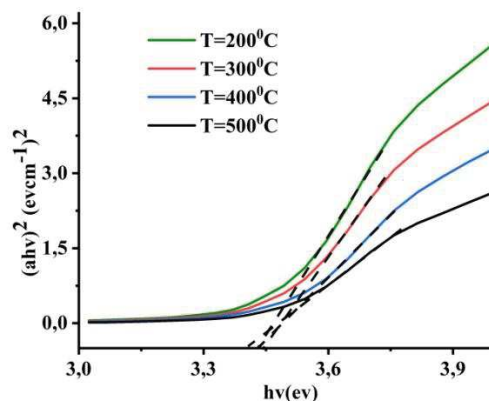


Рис. 2 - Влияние температуры отжига на ширину запрещенной зоны In_2O_3

На рис. 2 приведен график Таука (Tauc plot) для определения ширины запрещенной зоны (E_g) In_2O_3 . В таблице 1 приведены значения ширины запрещенной зоны In_2O_3 в зависимости от температуры оксидирования. Из таблицы 1 видно, что увеличение температуры оксидирования от 200°C до 300°C приводит к увеличению оптической ширины запрещенной зоны (E_g) от 3.43 эВ до 3.45 эВ.

Таблица 1 - Параметры спектров оптического поглощения пленок In_2O_3 при разных температурах отжига

№	Температура отжига, $^\circ\text{C}$	D, A.U. ($\lambda=300$ нм)	Band gap, eV
1	200	0.92	3.43
2	300	0.82	3.45
3	400	0.74	3.43
4	500	0.61	3.40

Однако дальнейший рост температуры оксидирования приводит к уменьшению E_g . Возрастания E_g связано с уменьшением плотности вакансии кислорода. Согласно исследованиям оксида цинка и других широкозонных оксидов металлов, при высокой плотности вакансии кислорода, дефектные энергетические уровни становятся делокализованными и перекрываются с потолком валентной зоны, что приводит к сужению E_g . Кроме того, постепенное улучшение кристаллической структуры In_2O_3 также влияет на ширину запрещенной зоны In_2O_3 . С увеличением температуры отжига,

наблюдается увеличение размера зерен, что в свою очередь приводит к уменьшению суммарной площади границ зерен. Плотность дефектов на границах зерен намного выше, чем в объёме зерен и, следовательно, уменьшение плотности границ зерен приводит к уменьшению плотности дефектов являющимися центрами захватов электронов. Все это приводит к увеличению концентрации свободных электронов в зоне проводимости, что в свою очередь приводит к увеличению E_g из эффекта Бурштейна-Мосса [3]. Тем не менее, дальнейший рост температуры окисления, возможно, приводит к переизбытку кислорода на поверхности и образованию вакансии индия, что может приводить к наблюдаемому уменьшению E_g .

Список использованных источников

1. W. Huang, B. Zhu, Sh.Y. Chang, Sh. Zhu, P.Cheng, Y.T. Hsieh, L. Meng, R. Wang, Ch. Wang, Ch. Zhu, Ch. R. McNeill, M. Wang, Y. Yang, Nano Lett., 2018, DOI: 10.1021/acs.nanolett.8b02452
2. Mihaela Girtan, Materials Science and Engineering B 118 (2005) 175–178 DOI:[10.1016/j.mseb.2004.12.075](https://doi.org/10.1016/j.mseb.2004.12.075)
3. Qian Ma, He-Mei Zheng, Yan Shao, Bao Zhu, Wen-Jun Liu* , Shi-Jin Ding* and David Wei Zhang, Nanoscale Research Letters (2018) 13:4, DOI 10.1186/s11671-017-2414-0

УДК 541.183.

А.С. Панасюгин^{1,2}, А.Р. Цыганов², В.А. Ломоносов³

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный технологический университет,

³НПЦ по материаловедению НАН Беларуси

Минск, Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭКРАНОВ ЭМИ ПОГЛАЩЕНИЯ

Аннотация. Исследованы абсорбционные характеристики шунгитового порошка для экранов ЭМ поглощения. Показано, что частицы шунгита размерами $2 < d_{cp} < 5$ мкм в области частот 27-37 ГГц обладают высокими значениями параметра отражения ЭМИ (до 65 % от исходной мощности источника электромагнитных волн). Отмечено, что с ростом частоты электромагнитного воздействия коэффициент поглощения увеличивается от 24 до 35 единиц, соответственно.