

УДК 621.3.049.77.019.39

М.О. Галушак **, Л.Й. Межиловська *, М.В. Пиц *,
В.В. Борик **, Г.Д. Матеїк **

Процеси окислення плівок телуриду олова в атмосфері кисню

* Прикарпатський університет імені Василя Стефаника
вул. Шевченка 57, Івано-Франківськ, 76025 Україна.

** Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу
вул. Карпатська 13, Івано-Франківськ, 76025 Україна.

Методами електронної оже-спектроскопії, ядерного гама-резонансу, рентгенографії та металографії досліджено окислення епітаксійних плівок телуриду олова при ізохронному та ізотермічному відпалі в атмосферному кисні.

Ключові слова: епітаксія, тонкі плівки, телурид олова, окислення, ізотермічний відпал.

Стаття поступила до редакції 21.11.2000; прийнята до друку 5.02.2001.

1. Можливості практичного використання тонких плівок напівпровідників в електроніці визначаються їх термічною стійкістю до взаємодії із атмосферними газами і в першу чергу – киснем. У зв'язку із цим певний науковий і практичний інтерес мають дослідження, присвячені вивченню зміни хімічного і фазового складів, морфології поверхні плівок SnTe при ізохронному і ізотермічному відпалі в атмосфері повітря [1-3]. Нами методами електронної оже-спектроскопії (ЕОЖ), ядерного гама-резонансу (ЯГР), рентгенографії та металографії [4, 5] досліджено окислення епітаксійних плівок SnTe, осаджених із парової фази на сколи (111) кристалів фтористого барію і підданих ізохронному (на протязі 1 год.) відпалу на повітрі при $T=300-850$ К.

2. Оже-спектри вихідних епітаксійних плівок, підданих термообробці, представлені на рис. 1, а відносні зміни компонентів на поверхні від температури відпалу на – рис. 2. Загальною закономірністю для всіх

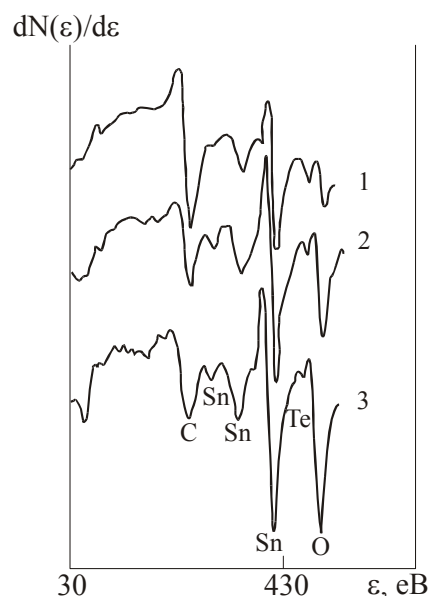


Рис. 1. Оже-спектри вихідних і підданих ізохронному відпалу на повітрі при 470 К (2), 640 К (3), 840 К (4) епітаксійних плівок SnTe.

досліджуваних епітаксійних плівок є те, що їх вихідна поверхня завжди насичена киснем (рис. 1). Дальше підвищення температури відпалу плівок обумовлює підвищення інтенсивності піків кисню в

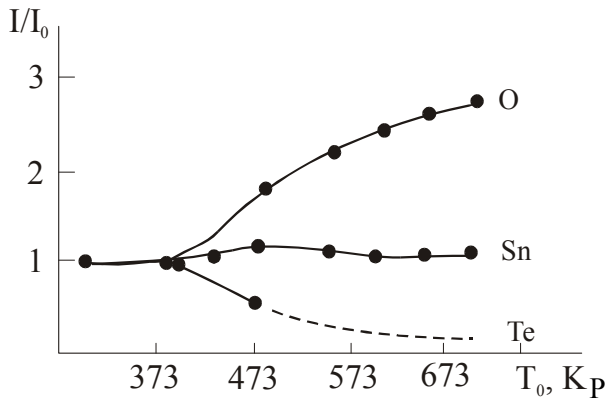


Рис. 2. Залежність відносних значень амплітуд оже-спектрів Sn, Te і O від температури ізохронного відпалу в атмосфері кисню плівок SnTe.

оже-спектрах (рис. 1). Це є прямим доказом росту кількості кисню на поверхні плівок. При цьому інтенсивність олова в оже-спектрах SnTe майже не змінюється (рис. 2). Отже, олово вже на початкових етапах відпалу ефективно окислюється, утворюючи на поверхні стабільний оксид, який перешкоджає подальшому протіканню процесу.

3. Великий ізомерний зсув між SnTe (хімічна форма двовалентного олова – Sn II) і його оксидами SnO₂, SnTe₃O₈ (хімічна форма чотиривалентного олова – Sn IV) при ширині ліній $\Gamma_{\text{ShII}}=9,5 \cdot 10^{-5}$ м/с і $\Gamma_{\text{ShIV}}=120 \cdot 10^{-5}$ м/с (рис. 3, а) дозволяє легко ідентифікувати ЯГР-спектри і визначити вміст оксидних фаз в основній матриці.

Обробка ЯГР-спектрів відпалених зразків показала, що для температур нижче 673 К хімічна форма чотиривалентного олова в складі плівок SnTe відсутня. При $T_0=773$ і 873 К весь зразок є окисленим (рис. 3 б). Таким чином, вивчення кінетики окислення плівок при $T_0 > 673$ К викликає особливий інтерес. На рис. 3, а подані типові ЯГР-спектри для серії зразків. Як бачимо, при підвищенні температури відпалу зменшується час їх повного окислення. Так, якщо при $T_0=813$ К він складає 1 год, то при $T_0=773$ К – 3 год. Результати експерименту показали, що час повного переходу Sn із стану Sn II у Sn IV залежить від температури відпалу. Так, для плівок SnTe товщиною 10 мкм він дорівнює 1,5; 1,0; 0,1 год. при $T_0=778$; 823 і 873 К

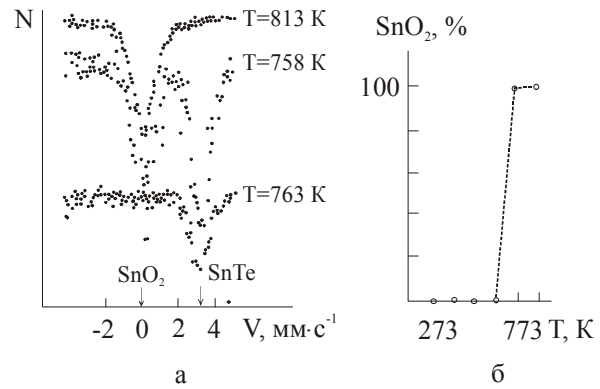


Рис. 3. Залежність ЯГР-спектрів (а) і вмісту оксидів олова (б) у плівках SnTe від температури відпалу на повітрі.

відповідно (рис. 4).

Аналіз кінетики утворення оксидних форм олова при вибраній температурі

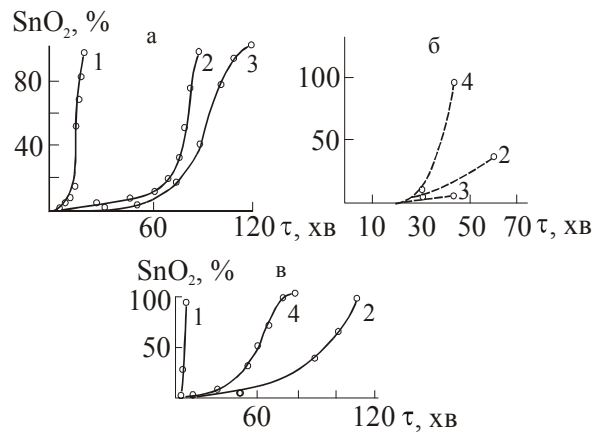


Рис. 4. Залежність вмісту оксидів олова (Sn IV) у плівках SnTe від часу витримки на повітрі. Температура відпалу T_0 , К: а, в – 873 (1), 778 (2); 723 (3); 823 (4); б – 773; товщина плівок, мкм: а – 20; в – 10; б – 10 (2), 20 (3), 8 (4).

відпалу показує, що швидкість фазового перетворення матеріалу плівки росте при збільшенні часу відпалу. Так, за першу половину часу, необхідного для повного окислення плівок, утвориться тільки 0,10; 0,17 і 0,21 ат. долей чотиривалентного олова Sn IV при $T_0=723$; 778; 823 і 873 К відповідно (рис. 4 а, в). Таким чином, плівки спочатку ніби чинять опір окисленню. Але як тільки в складі зразків з'являється незначна кількість Sn IV, подальше окислення плівок проходить швидко. Про це свідчать і металографічні дослідження поверхні епітаксійних плівок (рис. 5). Спочатку маленькі острівці округлої форми оксидної фази появляються в дефектних



Рис. 5. Мікроструктура поверхні епітаксійних плівок телуриду олова: вихідного (а), відпалених при 823 К на протязі 0,3 год. (б), 0,5 год. (в) і 1 год. (г).

місцях плівки (мікротріщини, пори, підвищена концентрація дефектів упаковки). Потім, ці центри окислення швидко розростаються і цілком покривають поверхню плівок. При постійній температурі відпалу зменшення товщини сприяє росту

відносного вмісту оксиду в основній матриці. Отриманий результат корелює з даними електричних вимірів плівок при відпалі, відповідно до яких шар оксиду, що утвориться на поверхні, виконує захисні функції.

- [1] Ф.Ф. Волькенштейн. *Электронные процессы на поверхности полупроводников при хемосорбции*. М.: Наука. (1987).
- [2] Н.Н. Берченко, А.И. Евстигнеев, В.Ю. Ерохов, А.В. Матвеев. Свойства поверхности узкозонных полупроводников и методы её защиты // *Зарубежная электронная техника*, **3**, сс. 3-68 (1981).
- [3] А.Г. Миколайчук, Д.М. Фреик, В.М. Шперун. *Процессы старения и окисления полупроводниковых пленок*. Вища школа. Львов (1979).
- [4] Д. Бриггс, М. Сиха. *Анализ поверхности методами оже и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии*. Пер. с англ. Наука. М. (1987).
- [5] Д.М. Фреик, М.А. Галушчак, Л.И. Межиловская. *Физика и технология полупроводниковых пленок*. Вища школа. Львов (1988).

М.О. Galushchak**, L.I. Mezhylovsjka*, M.V. Pyts*, V.V. Boryk**, G.D. Mateik**

Processes of an Oxidizing of Films of Telluride of Tin in Atmosphere of Oxygen

* *Vasyl Stefanyk Precarpathian University, Shevchenko Str., 57, Ivano-Frankivsk, 76000,*

***Ivano-Frankivsk State University of the Oil and Gas, Karpatska str., 15, 76025, Ukraine*

By methods of an electronic Auger-spectroscopy, nuclear gamma - resonance, the radiographic analyses and metallography are explored oxidizings of epifilms of telluride of tin at izochrones and isothermal annealing in atmospheric oxygen.