

*Нальгиева М. А., к.ф.-м.н.  
доцент кафедры общей физики  
ИнГУ*

*Россия, г. Магас*

*Абадиева М. М.-С., студентка магистратуры  
ИнГУ*

*Россия, г. Магас*

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК a-S:H ОТОЖЖЕННЫХ ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ**

*Аннотация. В труде определено то, что вследствие высоко температурного отжига в струе  $H_2$  легированной бором пленке a-Si:H в отличие от нелегированной, отслеживается прыжковая проводимость по состояниям в хвосте валентной зоны. Отмеченные различия в не постоянстве электрических свойств обследованных легированных и также нелегированных пленок после воздействия высоко температурного отжига обеспечены возрастанием эффективности легирования и кроме того другим распределением плотности состояний в запрещенной зоне в отожженной пленке.*

*Ключевые слова: аморфный кремний, легирование бором, высокотемпературный отжиг.*

*Nalgieva M.A., Ph.D.*

*Associate Professor, Department of General Physics  
InGU*

*Russia, Magas*

*Abadieva M. M.-S., graduate student  
InGU*

*Russia, Magas*

### **Changing the electrical properties of modified films a-S: H after annealing at high temperature**

*Annotation. It was determined in the work that due to high-temperature annealing in a hydrogen flow in an a-Si: H film doped with boron, in contrast to the undoped film, in addition to the hopping conductivity at the Fermi level and band conductivity, the hopping conductivity was monitored by states in the tail of the valence band. The noted differences in the change in the electrical properties of the studied doped and also undoped films under the influence of high-temperature annealing are due to an increase in the doping efficiency and also to a change in the distribution of the density of states in the forbidden band in the a-Si: H film annealed with boron.*

*Key words: boron-doped amorphous silicon, high-temperature annealing.*

Получено то, что электрические свойства образцов из аморфного гидрогенизированного кремния находятся в зависимости с способами и технологическими режимами их изготовления, и, кроме того, с дальнейшими внешними действиями на них [1].

Целью данного труда стало изучение воздействия высоко температурного отжига в струе водорода на электрические свойства пленок a-Si:H, легированных бором. С целью определения воздействия атомом В на электрические свойства отожженных легированных пленок изучались вместе с ними и отожженные не легированные пленки a-Si:H, которые были получены в аналогичных технологических режимах.

В труде изучались пленки a-Si:H, полученные способом осаждения в плазме высоко частотного тлеющего разряда при  $T_s=250^{\circ}\text{C}$ . Легирование пленок проводилось из газовой фазы. Полная концентрация В в пленках, посчитанная способом вторичной ионной спектроскопии, была равна  $3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ . Образцы отжигались в струе водорода при  $T=650^{\circ}\text{C}$  на протяжении тридцати минут.

Исследования темновой проводимости не легированной также и легированной пленок a-Si:H до и после отжига изучались в области температур от 120 К вплоть до 480 К. Из этого было определено то, что значения и температурные зависимости темновой проводимости–  $\sigma_d(T)$  пленок до и после их отжига различны. До их отжига проводимость экспоненциально менялась с температурой [2, 3]

$$\sigma_d = \sigma_0 \cdot \exp(-E/kT), \quad (1)$$

где  $E$  - энергия активации и  $\sigma_0$  - пред экспоненциальный множитель, посчитанные значения которых характерны для зонной проводимости.

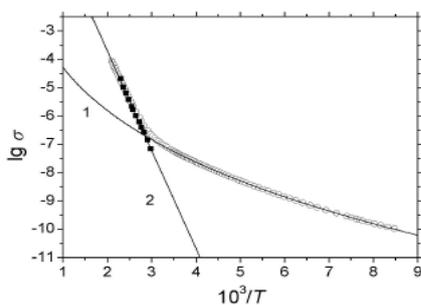


Рис. 1 Температурная зависимость проводимости  $\sigma_d(T)$  нелегированной пленки  $\alpha$ -Si:H.

На рис. 1 изображена температурная взаимозависимость проводимости  $\sigma_d(T)$  не легированной пленки, уже когда ее отожгли в струе водорода при  $T=650^{\circ}\text{C}$  на протяжении тридцати минут. Очевидно, то что взаимозависимость  $\sigma_d(T)$  пленки уже после отжига сделалась не активационной.

Это явление возможно обуславливается возникновением в обследованной части температур кроме зонных иных способов проводимости [4].

В отожженных пленках в части низких температур темновая проводимость может быть прыжковой, ее температурная зависимость обуславливается соответствием

$$\sigma_h(T) = A \cdot \exp(-(T_0/T)^x). \quad (2)$$

На рис. 1 кривая 1 соответствует зависимости прыжковой проводимости с переменной длиной прыжка от температуры. Очевидно то, что опытным путем промеренные значения  $\sigma_d$  в области  $T > 260 \text{ K}$  превосходят полученные величины прыжковой проводимости  $\sigma_h$  (кривая 1). Устанавливая разницу  $\sigma_d - \sigma_h$ , имеем значения проводимости  $\sigma_l$ , зависимость от температуры каковой обладает активационным характером (кривая 2). Полученные по этой зависимости величины  $E_1$  и  $\sigma_{01}$  свидетельствуют о зонном механизме проводимости отожженной не легированной пленки в части  $T > 420 \text{ K}$ .

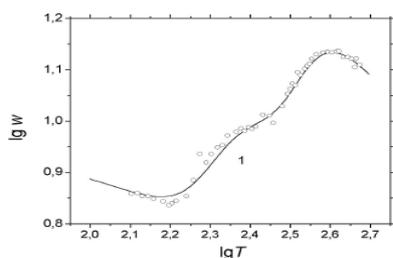


Рис. 2 Температурная зависимость темновой проводимости легированной бором пленки.

На рис. 2 изображена зависимость темновой проводимости  $\sigma_d(T)$  от температуры легированной В пленки уже после того, как ее отожгли в струе  $\text{H}_2$  при  $T=650^{\circ}\text{C}$  на протяжении тридцати минут. Очевидно,

взаимо зависимость  $\sigma_d(T)$  также не активационна. По этой причине, равно как и для не легированной пленки, измерена зависимость  $lgw$  от  $lgT$  для леги рованной пленки, где  $lgw$  установлен опытным путем померенных величин  $\sigma_d(T)$ . Эта взаимозависимость предложена на рис. 4. Очевидно, в области невысоких температур, прослеживается снижение  $lgw$  при повышении температуры, обусловленное прыжковым видом проводимости. Но так как область, где прослеживается снижение  $lgw$ , а также разброса точек параметры  $x$  и  $T_0$  для прыжковой проводимости легированной пленки мы установили из опытных сведений  $\sigma_d(T)$  на рис. 3 способом подбора параметров. Определенные значения, что  $x=0.25$  и  $T_0=9.2 \cdot 10^7$  К, т.е. прослеживается прыжковая проводимость с переменной длиной прыжка.

В части небольших температур виден прыжковый способ проводимости. Кривая 1 на рисунке 2 отвечает температурной зависимости прыжковой проводимости. Отнимая из опытных значений  $\sigma_d$  при  $T > 160$  К полученные величины  $\sigma_h$  на кривой 1, получаем значения проводимости (квадраты), зависимость во всей части температур описывается не одной экспонентой.

Но в части температур 210 К–310 К, в каком месте прослеживается не монотонность  $lgw$ , полученные величины проводимости соответствуют кривой 2. Небольшое значение величины  $\sigma_{02}$  показывает в таком случае, что эта проводимость нельзя считать зонной. На рис. 2 очевидно то, что в области температур  $T > 320$  К опытным путем полученные величины темновой проводимости  $\sigma_d$  намного превосходят значений  $\sigma_2(T)$ . Отнимая из  $\sigma_d$  при  $T > 320$  К сумму определенных величин  $\sigma_h$  на кривой 1 и  $\sigma_2$  на кривой 2, получаем значения проводимости (кресты), температурная зависимость последних описывается экспонентой, где  $\sigma_{01}=174 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$  и  $E_I=0.55$  эВ. Данные величины  $\sigma_{01}$  и  $E_I$  показывают зонный характер проводимости в легированных пленках.

Итак, в работе получено, что в последствии отжига при высокой температуре в струе  $H_2$  в легированной пленке есть не только прыжковая проводимость и зонная проводимость, но и также прыжковая проводимость по состояниям в хвосте валентной зоны, это нельзя сказать о не легированной пленке. Разница в электрических свойств изученных легированных и не легированных пленок после отжига при высокой температуре вызвана повышением эффективности легирования и изменением распределения плотности состояний в запрещенной зоне в отожженной легированной бором пленке a-Si:H.

Литература:

1. Zvygin I.P., Kuroeva I.A., Nalgiieva M.A., Orimont N.N.// Hopping conductivity of a-Si films doped with boron: H // FTP, 2006, v.40, no. 1, pp. 112-116.
2. Kurova I. A., Nalgieva M. A., Ormont N. N. // Electrical and photoelectric properties of a-Si: H films subjected to high-temperature annealing in hydrogen. // Vestnik MGU, series 3, Physics. Astronomy, 2005, No. 4, pp. 54-57.
3. Mashin A. I., Khokhlov A. F. // New allotropic forms of silicon: preparation and properties. // FTP, 1999, с. 33, p. 1434.
4. Митра С., Глисон К. К., Цзя Н., Шинар // Влияние отжига на микроструктуру водорода в легированном бором и нелегированном высокочастотном распылении аморфном кремнии// J. Phys. Ред. Б, 1993, т. 48, № 4, с. 2175 - 2182.