

УДК 621.382

**ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРОГЕНИЗИРОВАННЫХ АМОΡФНЫХ ПЛЕНОК  $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$  ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ****НАДЖАФОВ Б.А., МУРСАКУЛОВ Н.Н.\****Сектор радиационных исследований НАН Азербайджана**\*Институт Физики НАН Азербайджана,*

Изучены оптические свойства гидрогенизированных аморфных пленок твердого раствора ( $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$ ). Образцы с толщиной пленки 1 мкм были получены в атмосфере с различными парциальными давлениями водорода ( $P_{\text{H}_2}$ ) методом плазмохимического осаждения. Скорость осаждения составляла  $0,5 \text{ \AA} / \text{с}$ , температура подложки  $200^\circ\text{C}$ . В пленках были исследованы также инфракрасный спектр поглощения в области валентных ( $1980\text{-}2000 \text{ см}^{-1}$ ) и деформационных ( $600 \text{ см}^{-1}$ ) колебаний GeH и SiH связей. Определено количество водорода ( $P$ ,  $N_{\text{H}}$ ,  $C_{\text{H}}$ ) и сила осциллятора ( $\Gamma$ ) при различных парциальных давлениях водорода ( $P_{\text{H}_2}$ ) в пленках  $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$

В настоящее время интенсивно изучаются оптические свойства аморфных гидрогенизированных пленок германия ( $a\text{-Ge:H}$ ) и кремния ( $a\text{-Si:H}$ ), а также их сплавов германий-кремний ( $a\text{-Ge}_{1-x}\text{Si}_x\text{:H}$ ), так как они считаются эффективными материалами для создания тонкопленочных солнечных элементов [1-3]. Гидрогенизированные пленки  $a\text{-Ge}_{1-x}\text{Si}_x\text{:H}$  имеют меньшую ширину запрещенной зоны по сравнению с  $a\text{-Si:H}$  и обладают лучшими оптоэлектронными свойствами в длинноволновой части видимого спектра [4-7]. Оптические ширины запрещенной зоны ( $E_0$ )  $a\text{-Ge:H}$  и  $a\text{-Si:H}$  соответственно равны 1,0 и 1,8 eV. С изменением атомной концентрации  $x$  и H в гидрогенизированных аморфных германий-кремниевых сплавах можно получить пленки, которые чувствительны при различных оптических диапазонах. Среди этих пленок  $a\text{-Ge}_{1-x}\text{Si}_x\text{:H}$  с малым содержанием атомов кремния (Si) представляет более значительный интерес, чем другие аморфные пленки. Однако в литературе составы  $a\text{-Ge}_{1-x}\text{Si}_x\text{:H}$ , содержащие низкие концентрации Si, до сих пор недостаточно изучены, хотя и представляют значительный интерес для оптоэлектроники в ближней инфракрасной и видимой области спектра. Пассивирующие свойства водорода в  $a\text{-Ge}$  значительно хуже, чем в  $a\text{-Si}$ , поэтому в целом фотоэффективность пленок  $a\text{-Ge}_{1-x}\text{Si}_x\text{:H}$  оказалась несколько ниже, чем в  $a\text{-Si:H}$  [4,8].

Исследования показывают, что с увеличением концентрации Si до 15 ат.% существенно уменьшается концентрация свободных связей [9], поэтому атомы H вместе с атомами Si играют роль пассиваторов и упорядочивают аморфную структуру.

Кроме того, пленки  $a\text{-Ge}_{1-x}\text{Si}_x\text{:H}$  по сравнению с другими аморфными материалами являются термодинамически более стабильными и устойчивыми материалами [10-13]. Поэтому эти материалы можно использовать для создания солнечных элементов. Настоящая работа посвящена исследованию оптических свойств пленок  $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$ , полученных при различных парциальных давлениях водорода.

Известно, что аморфные пленки  $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x\text{:H}$  без гидрогенизации обладают довольно высокой плотностью состояний в запрещенной зоне [6,9,14]. Чтобы уменьшить количество этих состояний, в пленку добавляют водород или получение пленки осуществляют в водородной среде. Количество водорода, внедряемого в

пленку, играет важную роль. В литературе имеются ряд работ, посвященных этим сплавам, которые получены с помощью различных методов [15-19].

Пленки  $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$  были получены методом плазмохимического осаждения (в Секторе радиационных исследований НАН Азербайджана), толщиной 1 мкм, при температуре подложки  $T_S=200^\circ\text{C}$ , скорость осаждения материала на подложку была  $\sim 0,5 \text{ \AA}/\text{с}$ , а расстояние между мишенью и подложкой  $l \approx 25 \text{ см}$ . Нарастивание пленок производилось примерно в течение одного часа.

Мишенью служили пластинки кристаллического сплава  $\text{Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}$  диаметром 60-63 мм. При получении пленок для различных целей используются различные кристаллические мишени. Осаждение материала на подложку производили в атмосфере водорода при различных парциальных давлениях. На основе проведенных исследований определены оптимальные режимы распыления. Процесс распыления производился с помощью магнетрона, постоянного магнитного и высокого частотное поля (ВЧ). Электронографические исследования структуры пленок, осажденных при вышеуказанных режимах, показали, что пленки без отжига, а также отожженные до  $250^\circ\text{C}$ , являются аморфными.

Измерение оптического края поглощения проводилось при комнатной температуре в интервале энергий  $0,65 \div 2,0 \text{ эВ}$  по методике [4,16,17], полностью автоматизированной установке, на основе модернизированного спектрометра ИКС-29. Толщины пленок определяли с помощью метода интерференции. В зависимости от парциального давления водорода во всех исследуемых образцах коэффициент поглощения в изученном интервале энергий фотона достигает  $10^4 \text{ см}^{-1}$  (рис.1). С целью определения ширины запрещенной зоны построена зависимость  $(\alpha h\nu)^{1/2}$  от энергии фотона  $h\nu$ . Во всех исследуемых пленках  $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$  оптическое поглощение описывается соотношением

$$\alpha h\nu = B(h\nu - E_0)^2 \quad (1)$$

где  $E_0$  – оптическая ширина запрещенной зоны,  $B$  – коэффициент пропорциональности. Значение  $B$ , определенное экстраполяцией зависимости  $(\alpha h\nu)^{1/2}$  от  $h\nu$  для образцов с различными парциальными давлениями водорода, составляет от 327 до  $513 \text{ эВ}^{-1} \text{ см}^{-1}$ . С изменением парциального давления водорода край поглощения пленок увеличивается от 0,83 до 1,26 эВ (рис.2). Квадратичная зависимость  $(\alpha h\nu)^{1/2}$  от  $h\nu$  была получена теоретически в [20] для модели плотности состояний в щели подвижности. При

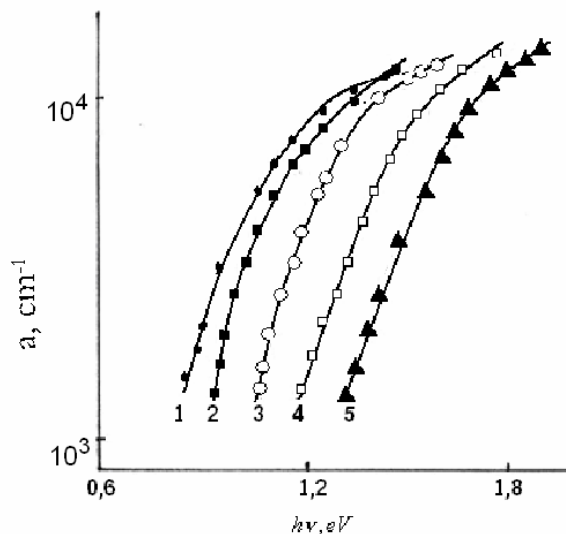


Рис.1. Край оптического поглощения аморфных пленок  $\text{Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$ , полученных при давлении водорода: 1- $P_{\text{H}_2}=0,6 \text{ мТорр}$ , 2- $P_{\text{H}_2}=1,2 \text{ мТорр}$ , 3- $P_{\text{H}_2}=1,8 \text{ мТорр}$ , 4- $P_{\text{H}_2}=2,4 \text{ мТорр}$ , 5- $P_{\text{H}_2}=3,0 \text{ мТорр}$ .

энергиях фотонов, лежащих ниже  $E_0$ , во всех исследуемых образцах поглощение изменяется экспоненциально с энергией по следующей формуле:

$$\alpha = \text{const} \cdot \exp[-\beta(E_1 - h\nu)] \quad (2)$$

где  $\text{const} = 4\pi/n\epsilon$ ; [20] здесь  $n$ -показатель преломления, и определяется из положений интерференционных пиков в спектрах пропускания и отражения и его значение находится в интервале  $3,7 \div 4,2$ ;  $c$ -скорость света, а  $E_1$  - энергия порядка  $E_0$ . Величина  $\beta$  при комнатной температуре при различных парциальных давлениях водорода лежит в интервале от 24 до 39 эВ<sup>-1</sup>.

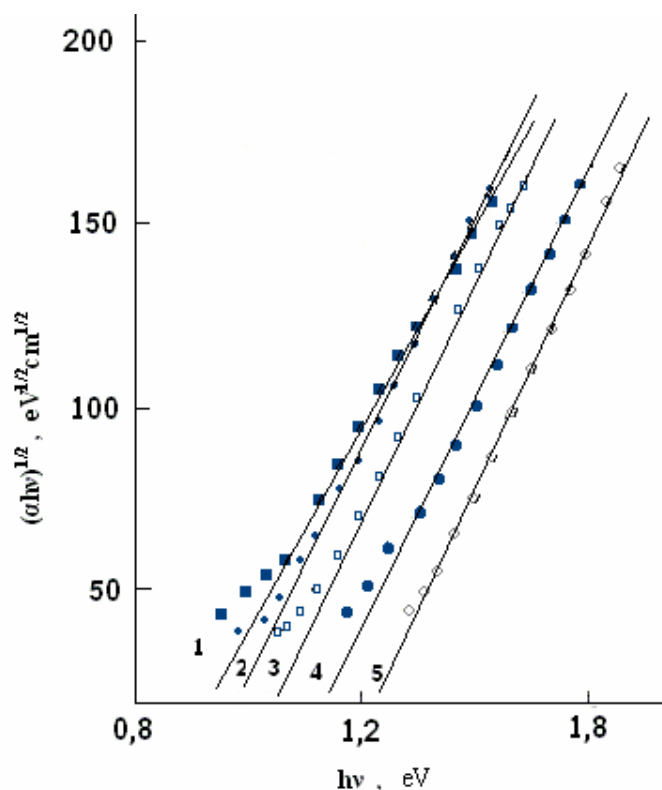


Рис.2. Зависимость  $(\alpha h\nu)^{1/2}$  от энергии фотонов аморфных пленок  $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$ . Данные, которые показаны на рис.1.

Чтобы оценить количество водорода в пленках  $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$ , полученных при различных  $P_{\text{H}_2}$ , были измерены спектры ИК поглощения. На рис.3 и 4 были рассмотрены ИК спектры пленок  $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$ ,  $a\text{-Ge:H}$ , а также  $a\text{-Si:H}$ , полученных при различных  $P_{\text{H}_2}$ . В некоторых работах [5,8,15-18,21-23] также рассмотрены ИК спектры вибрационной моды указанных материалов. Коннелл и Полик [16] доказали, что атомы Н в пленке Ge существует в двух различных окружениях: этот факт они интерпретировали\* как одиночные атомы Н на изолированных дефектных состояниях и одиночные присоединения Н к дефектным состояниям Ge на внутренней поверхности поры. Такая интерпретация была основана на том, что в спектральном интервале от 700 до 900  $\text{cm}^{-1}$  исчезает ИК-поглощение. Многократное присоединение Н к Ge, в положениях  $\text{GeH}_2$ , должно было бы давать изгибающую моду в этой области исследования формы нахождения и концентрации водорода, образующего различные конфигурационные связи в  $a\text{-Ge:H}$  и  $a\text{-Si:H}$ , наиболее информативным и доступным.

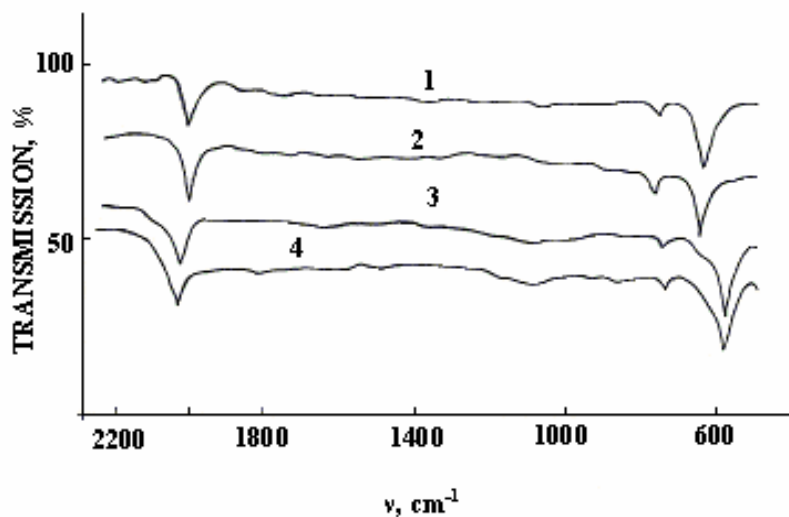


Рис.3. Спектры ИК поглощения аморфных пленок, Si:H, полученных при давлении водорода: 1-0,6 mTorr, 2-3,0 mTorr и для аморфных пленок Ge:H; 3-0,6 mTorr, 4-3,0 mTorr.

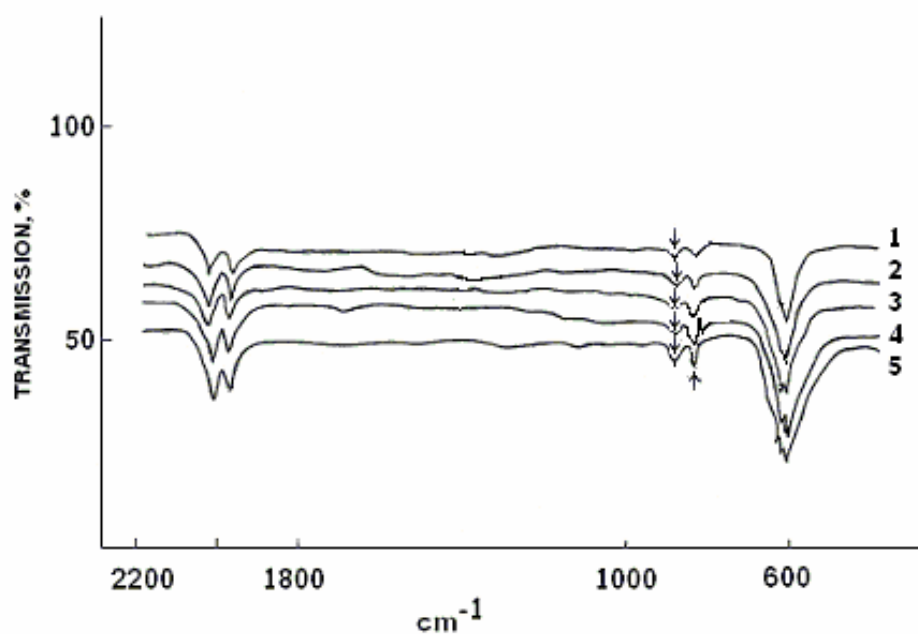


Рис.4. Спектры ИК поглощения аморфных пленок Ge<sub>0,85</sub>Si<sub>0,15</sub>:H, полученных при давлении водорода: 1-P<sub>H<sub>2</sub></sub>=0,6 mTorr, 2-P<sub>H<sub>2</sub></sub>=1,2 mTorr, 3-P<sub>H<sub>2</sub></sub>=1,8 mTorr, 4-P<sub>H<sub>2</sub></sub>=2,4 mTorr, 5-P<sub>H<sub>2</sub></sub>=3,0 mTorr.

Спектроскопические исследования локальной атомной структуры в сплавах a-Si<sub>1-x</sub>:H<sub>x</sub> привели авторов работ [17,23] к такому заключению, что при этом возможно присоединение как одиночных, так и многих атомов водорода. Другими словами, можно ожидать состояния, содержащие один, два или три атома H, т.е. SiH, SiH<sub>2</sub> и SiH<sub>3</sub>.

Также исследовано, что моногидридные поглощения связаны с GeH при 1880 см<sup>-1</sup>, в том числе дегидридные поглощения при 1980 см<sup>-1</sup> и 830 см<sup>-1</sup> связаны с GeH<sub>2</sub> [5,22,23].

Одновременно поглощения для пленок Si:H при 2000 см<sup>-1</sup> и поглощения при 2100 и 875 см<sup>-1</sup> соответствуют SiH<sub>2</sub>. Следует отметить, что изгиб вибрационной группы GeH, GeH<sub>2</sub> соответствует 570 см<sup>-1</sup>, а вибрации SiH, SiH<sub>2</sub> наблюдаются при 630 см<sup>-1</sup> [21,23].

Измерения показали, что характерные полосы ИК поглощения для  $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$ , полученные плазмохимическим осаждением, являются следующие: По сравнению с литературными данными пики поглощения при  $1980\text{ см}^{-1}$  и  $2000\text{ см}^{-1}$  относятся к валентным колебаниям (растяжения)  $\text{GeH}$  и  $\text{SiH}$ , пики поглощения при  $830$  и  $875\text{ см}^{-1}$  соответствуют деформационным колебаниям  $\text{GeH}_2$  и  $\text{SiH}_2$ , а пик при  $600\text{ см}^{-1}$  соответствует группам деформационных колебаний  $\text{GeH}$  и  $\text{SiH}$  (рис.4). Из рисунка отчетливо видно, что с увеличением парциального давления водорода увеличивается пик поглощения  $\text{GeH}_2$  при  $830\text{ см}^{-1}$ , и также пик поглощения  $\text{SiH}_2$  при  $875\text{ см}^{-1}$ . Как следует из [16], в пленке  $a\text{-Ge:H}$  поглощение при  $1980\text{ см}^{-1}$  связано с наличием  $\text{GeH}_2$ , а для пленок  $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$  вышеуказанное явление обуславливается наличием  $\text{GeH}$  связей.

Чтобы определить число водородосодержащих связей, необходимо рассчитывать число плотностей атомных осцилляторов ( $N$ ), которое определяется по методике Бродского и др. [17].

Используя литературные данные [15-19], концентрации водорода в пленке определяли уравнением, учитывающим частотные зависимости матричного элемента в  $a\text{-Ge:H}$  и  $a\text{-Si:H}$

$$N_H = A_S \int_{\omega_s} \frac{\alpha(\omega)}{\omega} d\omega \quad (3)$$

$$J_S = \int_{\omega_s} \frac{\alpha(\omega)}{\omega} d\omega \quad (4)$$

Здесь  $J_S$ -интегральное поглощение колебательной моды связи растяжения (stretching) для пленок  $a\text{-Ge:H}$  и  $a\text{-Si:H}$ . Коэффициенты пропорциональности  $A$  для каждой моды и веществ имеет разные значения. Полагая, что для  $a\text{-Ge:H}$   $A_S=1,7 \cdot 10^{20}\text{ см}^{-2}$ , аналогично для  $a\text{-Si:H}$ ,  $A_S=1,4 \cdot 10^{20}\text{ см}^{-2}$  [17]. Тогда следует из (3) и (4)

$$N_H=A_S \cdot J_S \quad (5)$$

Ясно, что уравнение (5) характеризует колебательной моды растяжения  $a\text{-Ge:H}$  и  $a\text{-Si:H}$ .

Общее количество водорода в пленке  $a\text{-Ge}_{1-x}\text{Si}_x\text{:H}$  определялось [4,18,22] по следующей формуле:

$$P = \left( \frac{N_{\text{Si-H}}}{N_{\text{Ge-H}}} \right) [x/(1-x)] \quad (6)$$

где  $N_{\text{Si-H}}$  и  $N_{\text{Ge-H}}$  являются количествами водорода в  $a\text{-Ge:H}$  и  $a\text{-Si:H}$  в одном  $\text{см}^3$ , а отношение  $N_{\text{Si-H}}/N_{\text{Ge-H}}$  были определены с использованием метода Фанг и др. [15]. В нашем случае  $x=0,15$ , которое показывает значение концентрации атомов  $\text{Si}$ . Величина  $P$  приблизительно показывает абсолютное количество водорода в пленке  $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$ .

В таблице 1 показаны характеристические параметры пленок указанных материалов. Видно, что с изменением парциального давления водорода величина  $P$ , в том числе и  $N_{\text{Si-H}}$  и  $N_{\text{Ge-H}}$  в пленке  $a\text{-Si:H}$  и  $a\text{-Ge:H}$ , увеличиваются. Для пленок, выращенных при  $P_{\text{H}_2}=0,60\text{ мТорр}$ , мы получаем  $P$  приблизительно  $2,0$  (см. таблицу 1). Однако для пленок, выращенных при  $P_{\text{H}_2}=3,0\text{ мТорр}$ , величина  $P$  увеличивается и составляет около  $5,8$  для образцов, которые имеют наибольшее значение  $E_0$ .

Таблица 1.

Характеристические параметры аморфных плёнок  $\text{Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{H}$ , полученных при различных парциальных давлениях водорода.

№ пленки	$P_{\text{H}_2}$ , mTorr		$E_0$ , eV	P	$C_{\text{H}}$ , at%
1.	0,6		0,83	2	1,3
2.	1,2		0,89	2,8	5,1
3.	1,8		0,98	3,5	8,7
4.	2,4		1,15	4,7	14,7
5.	3,0		1,26	5,8	23,7
	$N_{\text{Si-H}}$ , $\text{cm}^{-3}$	$N_{\text{Ge-H}}$ , $\text{cm}^{-3}$	$N_{\text{H}}$ , $\text{cm}^{-3}$	JS/JW	
1.	$8,5 \cdot 10^{21}$	$7,5 \cdot 10^{20}$	$8 \cdot 10^{21}$	0,17	
2.	$9,7 \cdot 10^{21}$	$8,6 \cdot 10^{20}$	$9,4 \cdot 10^{21}$	0,28	
3.	$1,5 \cdot 10^{22}$	$1,3 \cdot 10^{21}$	$1 \cdot 10^{22}$	0,33	
4.	$2,8 \cdot 10^{22}$	$2,5 \cdot 10^{21}$	$2,0 \cdot 10^{22}$	0,39	
5.	$3,5 \cdot 10^{22}$	$3,1 \cdot 10^{21}$	$3 \cdot 10^{22}$	0,42	

В уравнении (5) также можно переписать моды качания (wagging modes) для пленок a-Si:H и a-Ge:H. Таким образом, значения величины  $N_{\text{Si-H}}$  и  $N_{\text{Ge-H}}$  можно определить по уравнению (5). Паул и др. [18] сделали вывод, что, несмотря на более интенсивную гидрогенизацию a-Si, чем a-Ge, указанное соотношение (6) позволяет оценить количество водорода в тройном сплаве. По спектрам моды качания для пленок a-Ge:H и a-Si:H, которые приведены на рис.3, вычисляли параметр P. Отметим, что для моды качания уравнении (5) можно переписать в следующей форме:

$$N_{\text{H}} = A_{\text{W}} \cdot J_{\text{W}} \quad (7)$$

Ясно, что здесь  $J_{\text{W}}$  является интегральным поглощением моды качания для пленок a-Ge:H и a-Si:H. Для указанных пленок  $A_{\text{W}} = 1,1 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$  и, соответственно,  $A_{\text{W}} = 1,6 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$  [15,17].

$$J_{\text{W}} = J_{\text{W}}^{(\text{Ge})} + J_{\text{W}}^{(\text{Si})} \quad (9\text{в})$$

вычисленные таким образом силы осциллятора  $\Gamma$  изменяются по следующему ряду: 0,17; 0,28; 0,33; 0,39; 0,42.

$J_{\text{W}}^{(\text{Ge})}$ ;  $J_{\text{W}}^{(\text{Si})}$  -моды качания и  $J_{\text{S}}^{(\text{Ge})}$ ;  $J_{\text{S}}^{(\text{Si})}$  моды растяжения интегрального поглощения в пленке a-Ge<sub>0,85</sub>Si<sub>0,15</sub>H, которые определены из рис.4. Анализ экспериментальных данных по методам эффузии и ИК поглощению показывает, что общая концентрация водорода ( $C_{\text{H}}$ ) в пленках a-Ge<sub>0,85</sub>Si<sub>0,15</sub>H, полученных плазмохимическим осаждением, достигает 23,7 ат.%. [2,8,13,25]. Для полученных пленок указанным методом наблюдается линейная зависимость между оптической шириной зоны и концентрацией водорода при  $[H] \leq 23$  ат.%, а это приблизительно соответствует соотношению

$$E_0 = 0,83 + 0,018 C_{\text{H}} \quad (10)$$

где  $E_0$  измеряется в эВ, а  $C_{\text{H}}$  в ат.%, и также находятся в пределах  $1,3 \leq C_{\text{H}} \leq 23,7$  ат.% [2,26]. Аналогичные результаты были получены и в работе [13,24] для a-Si:H. Этот вывод показывает, что водород в пленках a-Ge<sub>0,85</sub>Si<sub>0,15</sub>H играет огромную и важную

роль. Полученные результаты, кроме научного, представляет и практический интерес, заключающийся в том, что их можно использовать для создания инфракрасных приемников излучения и солнечных элементов на основе  $a\text{-Ge}_{1-x}\text{Si}_x\text{H}$ .

Автор выражает искреннюю благодарность заведующему лабораторией "Фото- и радиационные процессы в тонких пленках" академику М.К. Керимову за оказанные научные консультации при выполнении данной работы.

1. *G.Nakamura, K.Sato, Y.Yukimoto, K.Shirahata, T.Murahashi and K.Fujiwara.* Japan J.Appl.Phys., 1981, 20, 291.
2. *B.A.Najafov.* Ukr. Jour.of Phys., 2000, 45, 1221.
3. *А.Меден, М.Шоу.* Физика и применение аморфных полупроводников (М.Мир, 1991 с.670).
4. *B.A.Najafov, M.Ya.Bakirov, V.S.Mamedov.* Phys. St.Sol. (a), 1991,123,67.
5. *S.Z.Weisz, M.Gomez, J.A.Muir, O.Resto, R.Peres.* Appl.Phys.Lett., 1984, 44 (6), 634.
6. *АюФюХохлов, А.И.Машин, Е.В.Ларина.* ФТП, 1985, 19, 2204.
7. *О.И.Голикова, М.М.Казанин, ВюХ.Худоярова.* ФТП, 1998, 32, 484.
8. *B.A.Najafov.* Reports of the 8<sup>th</sup> Coordinating Conference On the Study and Apply of the Alloy of Silicon-Germanium. Tashkent 1991, p.11.
9. *M.Ya.Bakirov, B.A.Najafov, V.S.Mamedov.* Phys. St.Sol. (a), 1989, 114, 45.
10. Аморфные полупроводники и приборы на их основе. Под ред. Хамакавы. М., Металлургия, 1986, с.375.
11. *Б.Ф.Наджафов, Н.Н.Мурсакулов.* Сборник трудов III Межд.Конф. «Аморфные и микрокристаллические полупроводники», Санкт-Петербург, 2002, с. 38-39.
12. *B.A.Najafov.* Eurasia Conference on Nuclear and its Appl. Izmir,Turkey 2000, p.519
13. *Б.А.Наджафов.* Физика (НАН Азербайджана) 2000, 6,36
14. *Б.А.Наджафов.* ДАН Азербайджана, 1989, 2, 30.
15. *C.J.Fang, K.J.Gwntz, L.Ley and M.Cardona.* J.Non-Cryst.Sol. , 1980, 35; 36, 255.
16. *G.A.N. Connel and J.R.Pawlik.* Phys Rev. 1977, B 13, 787,.
17. *M.H.Brodsky, Manuel Cardona and J.J.Cuomo.* Phys.Rev 1977, B 16, 3556,.
18. *W.Paul, D.K.Paul B.von Roedern, J.Blake and S.Oguz.* Phys.Rev.Lett., 1981, 46, 1016,
19. *H.Shanks, C.J.Fang, L.Ley, M.Cardona, F.Z.Demond and Kalbitzer.*Phys.Stat.Sol. (b) 1980, 100, 43,.
20. *J.Tauc, A.A.Abraham et.al.,* J.Non-Cryst.Sol. 1970, 4, 279,.
21. *R.A.Rudder, J.W.Cook and G.Jucovsky.* ApplPhys.Lett. 1983, 43, 871,.
22. *R.A.Rudder, J.W.Cook and G.Jucovsky.* ApplPhys.Lett. 1984, 45 (8), 887,.
23. *G.Jucovsky, R.J.Nemanich and J.C.Knight.* Phys.Rev. 1979, B 18, 2064,.
24. *G.D.Cody, B.Abeles, C.R.Wronsky, R.B.Stephens, B.Brooks.* Sol.Cells, 1980, 2, 227, .
25. *H.Fritzsche, M.Tanielian, C.C.Tsai and P.J.Gaczi.* J.Appl.Phys. 1979, 50 (5), 3366,.
26. *Б.А.Наджафов.*ФТП, 2000, 34, 1383,.

## GÜNƏŞ ENERJİSİNİN ÇEVİRİCİLƏRİ OLAN $a\text{-Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{H}$ BƏRK MƏHLULUNUN HİDROQENLƏŞDİRİLMİŞ NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ

**NƏCƏFOV B.A., MURSAKULOV N.N.**

$(a\text{-Ge}_{1-x}\text{Si}_x\text{H})$  bərk məhlulunun hidroqenləşdirilmiş nazik təbəqələrinin optik xassələri tədqiq edilmişdir. Qalınlığı 1 mkm olan nümunələr müxtəlif parsial təzyiqlərə ( $p_{\text{H}_2}$ ) malik hidrogen atmosferində plazmokimyəvi üsulla alınmışdır. Temperaturu 200 °S olan özülün üzərində təbəqələrin alınma sürəti 0,5E/san tərtibində idi. Təbəqələrdə həmçinin GeH və

SiH rabitələrinin valent (1980-2000  $\text{cm}^{-1}$ ) və deformasiya (6000  $\text{cm}^{-1}$ ) rəqsləri oblastında infraqırmızı udulma spektri tədqiq olunmuşdur. Hidrogenin miqdarı ( $P$ ,  $N_H$ ,  $C_H$ ) və ossilyatorun gücü ( $Q$ ) a- $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x\text{:H}$  təbəqələri üçün hidrogenin müxtəlif parsial təzyiqlərində ( $P_{H_2}$ ) təyin edilmişdir.

## **THE OPTICAL PROPERTIES OF THE HYDROGENATED AMORPHOUS FILMS OF SOLID SOLUTION a- $\text{Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$ FOR THE SOLAR ENERGY CONVERTERS**

**NAJAFOV B.A., MURSAKULOV N.N.**

It was studied the optical properties of the hydrogenated amorphous films of solid solution a-  $\text{Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$ . The samples of the films (thickness  $1\mu$ ) were received in atmosphere with different partial pressures of hydrogen ( $P_{H_2}$ ) by method of plasmachemical precipitation. The precipitation's speed formulated  $0,5 \text{ \AA}/\text{c}$ , the temperature of base was  $200^\circ\text{C}$ . The infrared (i.r.) spectrums of absorption in region of valence ( $1980\text{-}2000 \text{ cm}^{-1}$ ) too and deformation ( $600 \text{ cm}^{-1}$ ) vibrations GeH and SiH of the communications were researched.

Hydrogen's quantity ( $P$ ,  $N_H$ ,  $C_H$ ) and force of oscillator ( $\Gamma$ ) were determined by the different partial pressures of hydrogen ( $P_{H_2}$ ) in the films a-  $\text{Ge}_{0,85}\text{Si}_{0,15}\text{:H}$ .