УДК 621.315.592

Оптические свойства гидрогенизированных аморфных пленок твердого раствора a-$Ge_{0,85}$ $Si_{0,15}$:H

Б. А. Наджафов
Институт радиационных проблем НАН Азербайджана, г. Баку, Республика Азербайджан

Г. И. Исаков, В. Р. Фигаров
Институт физики НАН Азербайджана, г. Баку, Республика Азербайджан

Исследованы края оптического поглощения и спектров ИК-поглощения гидрогенизированных аморфных пленок твердого раствора a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H, полученных плазмохимическим осаждением с различными парциальными давлениями водорода (P_{H_2}). Определено количество водорода (P) в твердом растворе. Установлено, что силы осциллятора (Г) зависят от концентрации водорода (C_H), и они уменьшаются при эффузии водорода. С увеличением содержания водорода (P_{H_2}) в атмосфере полученных пленок a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H при парциальных давлениях от 0,6 до 3,0 мТорр силы осциллятора увеличиваются.

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

© Наджафов Б. А., Исаков Г. И., Фигаров В. Р., 2004

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-$Ge_{1-x}Si_x$: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-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H, полученных при различных парциальных давлениях водорода.

Известно, что аморфные пленки $Ge_{1-x}Si_x$: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 имеется ряд работ, посвященных этим сплавам, которые получены различными методоми [15—19].

Эксперимент: методы и результаты

Пленки a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H были получены методом плазмохимического осаждения с толщиной 1 мкм при температуре подложки T_s = 200 °C, скорости осаждения материала на подложку ~0,5 Å/с и расстоянии между мишенью и подложкой $l \approx 25$ см. Наращивание пленок производилось примерно в течение 1 ч.

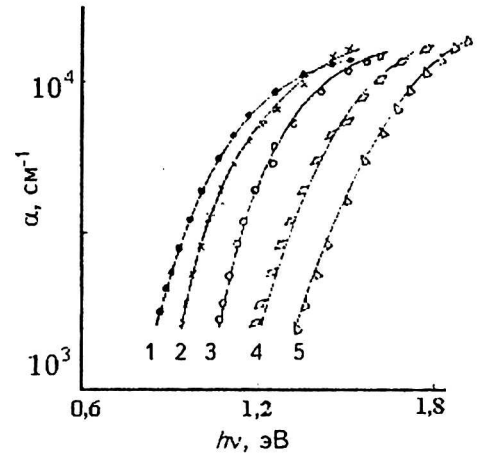
Мишенью служили пластинки кристаллического сплава $Ge_{0,85}Si_{0,15}$ диаметром 60—63 мм. При получении пленок для различных целей использовались разные кристаллические мишени. Осаждение материала на подложку производилось в атмосфере водорода при различных парциальных давлениях. На основе проведенных исследований определены оптимальные режимы распыления. Процесс распыления проводился в водородной плазменной среде, которая была получена с помощью магнетрона и высокочастотного (ВЧ) поля. Электронографические исследования структуры пленок, осажденных при вышеуказанных режимах, показали, что пленки без отжига, а также отожженные до 250 °C являются аморфными.

Измерение оптического поглощения α проводилось при комнатной температуре и определялось измерением значения коэффициента пропускания T по методике [4, 16, 17] на спектрометре ИКС-29.

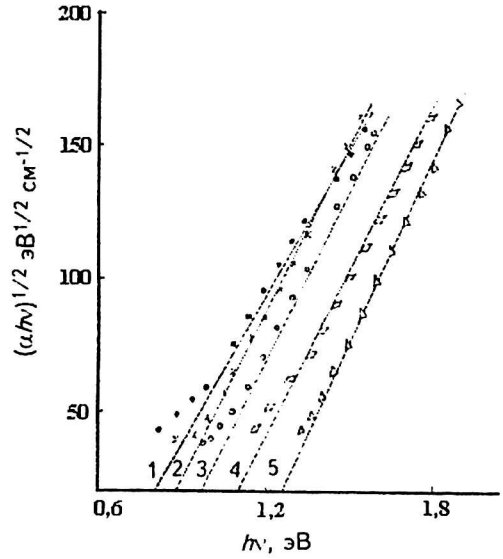
Толщины пленок определялись в условиях возникновения интерференционных явлений [2, 4]. В изученном интервале энергии фотона коэффициент поглощения для всех образцов составлял $2 \cdot 10^4$ см$^{-1}$ (рис. 1, *а*). Для определения ширины запрещенной зоны построена зависимость $(\alpha h\nu)^{\frac{1}{2}}$ от энергии фотона $h\nu$. Во всех исследуемых пленках a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H коэффициент края оптического поглощения описывается соотношением

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

где E_0 — оптическая ширина запрещенной зоны;
B — коэффициент пропорциональности.



а



б

Рис. 1. Исследование аморфных пленок:
а — край оптического поглощения аморфных пленок a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H, полученных при давлении водорода P_{H_2}, мТорр: 1 — 0,6; 2 — 1,2; 3 — 1,8; 4 — 2,4; 5 — 3,0;
б — зависимость $(\alpha h\nu)^{1/2}$ от энергии фотона аморфных пленок a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H.
Использованы данные на рис. 1, *а*

Значение B, определенное экстраполяцией зависимости $(\alpha h\nu)^{\frac{1}{2}}$ от $h\nu$ для образцов с различными парциальными давлениями водорода, составляет от 327 до 513 эВ$^{-1}$·см$^{-1/2}$. С изменением парциального давления водорода край поглощения пленок увеличивается от 0,83 до 1,26 эВ (см.

рис. 1, *б*). Квадратичная зависимость в (1) была получена теоретически для модели Тауца [20], описывающей плотности состояний в щели подвижности. При энергии фотонов, лежащих ниже E_0 во всех исследуемых образцах, поглощение изменяется экспоненциально с энергией по следующей формуле:

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

где const = $4\pi/nc$;

n — показатель преломления, определяемый из положений интерференционных пиков в спектрах пропускания и отражения, его значения находятся в интервале 3,7—4,2;

c — скорость света;

E_1 — энергия порядка E_0.

Величина β при комнатной температуре при различных парциальных давлениях водорода лежит в интервале от 24 до 39 эВ$^{-1}$.

Чтобы оценить количество водорода в пленках a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H, полученных при различных P_{H_2}, были измерены спектры ИК-поглощения. Среди методов для определения концентрации и формы нахождения водорода, образующего различные конфигурационные связи в a-Ge :H и a-Si :H, наиболее информативным и доступным является метод ИК-спектроскопии. На рис. 2, *а* и *б* показаны ИК-спектры пленок a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H, a-Ge:H, а также a-Si:H, полученных при различных P_{H_2}.

В исследованных областях коэффициенты поглощения α изменяются в пределах $3,10^1$—$6,10^2$ см$^{-1}$. В некоторых работах [5, 8, 15—18, 21] также рассмотрены ИК-спектры поглощения колебательной модой указанных материалов.

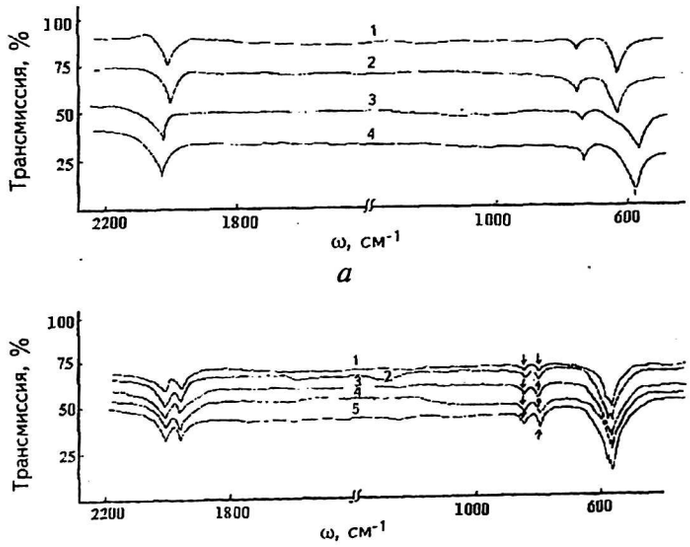


Рис. 2. Спектры ИК-поглощения аморфных пленок:
а — Si:H, полученных при давлении водорода, мТорр: 1 — 0,6; 2 — 3,0, и Ge:H при давлении: 3 — 0,6; 4 — 3,0; *б* — a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H, полученных при давлении водорода P_{H_2}, мТорр: 1 — 0,6; 2 — 1,2; 3 — 1,8; 4 — 2,4; 5 — 3,0

Обсуждение результатов

Коннелл и Павлик [16] показали, что атомы H в пленке Ge существуют в двух различных окружениях: одиночные атомы H на изолированных дефектных состояниях и одиночные присоединения H к дефектным состояниям Ge на внутренней поверхности поры. Такая интерпретация была основана на том, что в спектральном интервале от 700 до 900 см$^{-1}$ исчезает ИК-поглощение. Присоединения нескольких атомов H к Ge в виде GeH_2 и GeH_3 дает изгибную моду при вышеуказанном интервале. Подобное явление наблюдали авторы работ [17, 22, 23] при спектроскопическом исследовании локальной атомной структуры в сплавах a-Si_{1-x}:H_x, т. е. при этом возможно образование соединений типа SiH, SiH_2, SiH_3.

Авторы работ [5, 16, 21] обнаружили, что моногидрид германия GeH связей дает полосы поглощения при 1880 см$^{-1}$, а дигидрид германия GeH_2 связей дает полосы поглощения при 1980 и 830 см$^{-1}$. Полоса поглощения для моногидрида SiH соответствует 2000 см$^{-1}$, а дигидриду SiH_2 — 2100 и 875 см$^{-1}$. Следует отметить, что вибрации изгиба для GeH и GeH_2-группы соответствуют 570 см$^{-1}$, а вибрации изгиба для SiH — SiH_2-группы наблюдаются при 630 см$^{-1}$ [11, 21]. Результаты проведенных исследований пленки a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H, которая была получена путем плазмохимического осаждения, приведены на рис. 2, *б*. Как видно из рисунка, пики, соответствующие полосам поглощения 1980 и 2000 см$^{-1}$, относятся к валентным колебаниям (растяжению) GeH и SiH, а пики полосы поглощения при 830 и 875 см$^{-1}$ соответствуют деформационным колебаниям GeH_2 и SiH_2-связей. Пик, наблюдаемый при 600 см$^{-1}$, соответствует деформационным колебаниям GeH и SiH-связей. Отсюда также отчетливо видно, что с увеличением парциального давления водорода увеличивается пик поглощения GeH_2 при 830 см$^{-1}$ и пик поглощения SiH_2 — при 875 см$^{-1}$.

Согласно [16], в пленке a-Ge:H поглощение при 1980 см$^{-1}$ связано с наличием GeH_2, а для пленок a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H вышеуказанное явление обусловливается наличием GeH-связей.

Как обсуждалось выше, в пленках a-Ge:H и a-Si:H поглощение при 2000 и 1980 см$^{-1}$ обусловлено колебаниями (растянутыми) типа валентных, а поглощение при 630 и 570 см$^{-1}$ — колебаниями (деформационными) типа изгиба связи.

Таким образом, для a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H имеет место значительное перекрытие в поглощении как для полос растяжения GeH (1980 см$^{-1}$) и SiH (2000 см$^{-1}$), так и для полос изгиба вблизи частоты 600 см$^{-1}$.

Чтобы определить число водородсодержащих связей, необходимо рассчитать число атомных осцилляторов (N) в единице объеме пленки, которое определяется по методике Бродского и др. [17].

Концентрации водорода в пленке a-Ge:H и a-Si:H определяли с помощью следующего уравнения [15—19]:

$$N_H = A_s I_s , \qquad (2)$$

где $I_s = \int\limits_{\omega_s} \frac{\alpha(\omega)}{\varpi} d\omega$ — интегральное поглощение колебательной моды растяжения связи (bonding stretching) для указанных пленок.

Коэффициент пропорциональности A для каждой моды и веществ имеет разные значения. Для a-Ge:H $A_s = 1{,}7 \cdot 10^{20}$ см$^{-2}$, а для a-Si:H $A_s = 1{,}4 \cdot 10^{20}$ см$^{-2}$ [17]. Ясно, что уравнение (2) характеризует колебательную моду растяжения a-Ge:H и a-Si:H.

Для определения общего количества водорода для пленки a-$Ge_{1-x}Si_x$:H введем предпочтительный дополнительный параметр по следующей формуле [18, 21]:

$$P = \left(\frac{N_{\text{Si-H}}}{N_{\text{Ge-H}}}\right)[x/(1-x)] , \qquad (3)$$

где $N_{\text{Si-H}}$ и $N_{\text{Ge-H}}$ — количества водорода в a-Ge:H и a-Si:H в 1 см^3, соответственно. Отношения $N_{\text{Si-H}}$ и $N_{\text{Ge-H}}$ определялись использованием метода Фанга и др. [15]. В нашем случае $x = 0{,}15$ и является постоянной величиной. Параметр P показывает количество водорода в пленке a-$Ge_{0,85}$ $Si_{0,15}$:H.

В табл. 1 и 2 показаны характеристические параметры пленок указанных материалов. Видно, что с изменением парциального давления водорода, параметр P, а также $N_{\text{Si-H}}$ и $N_{\text{Ge-H}}$ в пленке a-Si:H и a-Ge:H увеличиваются. Для пленок, выращенных при $P_{H_2} = 0{,}60$ мТорр, получаем P приблизительно равную 0,5. Однако для пленок, выращенных при $P_{H_2} = 3{,}0$ мТорр, величина P увеличивается и составляет около 1,1 для образцов, которые имеют наибольшее значение E_0. Также отметим, что когда $X > 0{,}15$, наибольшая величина P составляет 4,2.

Уравнение (2) также можно переписать для моды качания (wagging mode) для пленок a-Si:H и a-Ge:H. Таким образом, значения величин $N_{\text{Si-H}}$ и $N_{\text{Ge-H}}$ определяются уравнением (2). Паул и др. [18] пришли к выводу, что несмотря на более интенсивную гидрогенизацию a-Si , чем a-Ge, указанное соотношение (3) позволяет оценить количество водорода в тройном сплаве. По спектрам моды качания для пленок a-Ge:H и a-Si:H (см. рис. 2, *а)* вычисляли параметр P. Отметим, что для моды качания уравнение (2) можно переписать в следующей форме:

$$N_H = A_w I_w , \qquad (4)$$

где $I_w = \int\limits_{\omega_w} \frac{\alpha(\omega)}{\omega} d\omega$ — интегральное поглощение моды качания для пленок a-Ge:H и a-Si:H. Для указанных пленок, соответственно, $A_w = 1{,}1 \cdot 10^{19}$ см$^{-2}$ и $A_w = 1{,}6 \cdot 10^{19}$ см$^{-2}$ [15, 17].

Таблица 1

Характеристические параметры аморфных пленок a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H

Номер пленки	P_{H_2}, мТорр	E_0, эВ	C_H, ат. %	P	A_W, Ge:H	A_W, Si:H	α, Ge:H	α, Si:H
1	0,6	0,83	1,3	0,5	$1{,}1 \cdot 10^{19}$	$1{,}6 \cdot 10^{19}$	$3{,}2 \cdot 10^1$	$6 \cdot 10^1$
2	1,2	0,89	5,1	0,6	$1{,}1 \cdot 10^{19}$	$1{,}6 \cdot 10^{19}$	$3{,}9 \cdot 10^1$	$9{,}1 \cdot 10^1$
3	1,8	0,98	8,7	0,7	$1{,}1 \cdot 10^{19}$	$1{,}6 \cdot 10^{19}$	$4{,}7 \cdot 10^1$	$1{,}3 \cdot 10^2$
4	2,4	1,15	14,7	0,9	$1{,}1 \cdot 10^{19}$	$1{,}6 \cdot 10^{19}$	$5{,}9 \cdot 10^1$	$2 \cdot 10^2$
5	3,0	1,26	23,7	1,1	$1{,}1 \cdot 10^{19}$	$1{,}6 \cdot 10^{19}$	$6{,}6 \cdot 10^1$	$2{,}8 \cdot 10^2$

Таблица 2

Характеристические параметры аморфных пленок a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H

Номер пленки	$N_{\text{Si:H}}$, см$^{-3}$	$N_{\text{Ge:H}}$, см$^{-3}$	N_H, см$^{-3}$	$I_s^{(Si)}$	$I_s^{(Ge)}$	$I_w^{(Ge)}$, $I_w^{(Si)}$	I_s/I_w
1	$6{,}2 \cdot 10^{21}$	$2{,}2 \cdot 10^{21}$	$3{,}1 \cdot 10^{20}$	$7{,}2 \cdot 10^1$	$6{,}3 \cdot 10^1$	$6 \cdot 10^2$	0,13
2	$9{,}4 \cdot 10^{21}$	$2{,}7 \cdot 10^{21}$	$4 \cdot 10^{21}$	$8{,}6 \cdot 10^1$	$7{,}5 \cdot 10^1$	$5{,}2 \cdot 10^2$	0,18
3	$1{,}3 \cdot 10^{22}$	$3{,}3 \cdot 10^{21}$	$5{,}1 \cdot 10^{21}$	$9{,}4 \cdot 10^1$	$8{,}3 \cdot 10^1$	$4 \cdot 10^2$	0,26
4	$2{,}1 \cdot 10^{22}$	$4{,}1 \cdot 10^{21}$	$6{,}2 \cdot 10^{21}$	10^2	$9 \cdot 10^1$	$3 \cdot 10^2$	0,38
5	$2{,}9 \cdot 10^{22}$	$4{,}6 \cdot 10^{21}$	$7{,}3 \cdot 10^{21}$	$1{,}1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	$2{,}7 \cdot 10^2$	0,47

Соотношение удельной концентрации водородсодержащих связей кремния (H/Si), определяемое при 630 см$^{-1}$, в зависимости от парциального давления P_{H_2} принимает следующие значения: 0,13; 0,20; 0,22; 0,46; 0,64.

Аналогично, определена удельная концентрация водородсодержащих связей германия (H/Ge) при частоте 570 см$^{-1}$, соответствующая тому же P_{H_2} и которая принимает значения 0,012; 0,013; 0,146; 0,017; 0,019 [8]. Полученные данные вычислялись с использованием рис. 2, *а*.

Зная N_{Ge-H}, можно определить общую концентрацию водорода (N_H) в пленке a-$Ge_{0,85}$ $Si_{0,15}$:H по следующему выражению [11, 15].

$$N_H = N^{sw}_{Ge-H}\left\{\int_{bond}(\alpha_1/\omega)d\omega \Big/ \left[\int_{bond}(\alpha_2/\omega)d\omega\right]\right\}, \quad (5)$$

где N^{sw}_{Ge-H} — число связей Ge-H, определенное по модам качания в чистом a-Ge:H, значения которого определены уравнением (4) и приведены в табл. 2.

Второй сомножитель в выражении для N_H (интегральное соотношение максимумов ИК-поглощения) является колебательной модой растяжения в образце и в чистом a-Ge:H. Для вычисления интегрального соотношения использовали максимум, отвечающий колебательной моде растяжения Si-H (2000 см$^{-1}$) в пленке a-$Ge_{0,85}$ $Si_{0,15}$:H (см. рис. 2, *б*).

Из приведенных данных можно оценить силу осциллятора в пленке a-$Ge_{0,85}$ $Si_{0,15}$:H по следующему соотношению:

$$\Gamma = I_s/I_w,$$

где $I_s \approx I_x^{(Ge)} + I_s^{(Si)}$; $I_w \approx I_w^{(Ge)} + I_w^{(Si)}$.

Вычисленное таким образом значение силы осциллятора Г показано в табл. 2.

$I_s^{(Ge)}$, $I_s^{(Si)}$, $I_w^{(Ge)}$, $I_w^{(Si)}$, соответственно, являются интегральными поглощениями моды растяжения и моды качания, которые определяются по данным рис. 2, *б*.

Полагая, что для пленок a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H A_w = = $1,1\cdot10^{19}$ см$^{-2}$ и $I_w \approx I_w^{(Ge)} + I_w^{(Si)}$, N_H можно определить с помощью формулы (4). Результаты, полученные с помощью (5), практически совпадают с данными, которые вычислены по формуле (4). Используя интегрируемую силу при частоте качания моды 600 см$^{-1}$ и значения коэффициентов пропорциональности A_w, I_w, построены корреляционные зависимости и определены концентрации водорода (N_H, C_H) методом эффузии (при температуре 360—650 °C) и найдено, что C_H = 1,3—23,7 ат. % (рис. 3) [4, 22, 23]. При этом установлено, что силы осциллятора Г зависят от концентрации водорода (C_H), они уменьшаются при эффузии водорода; с увеличением содержания водорода (P_{H_2}) в атмосфере полученных пленок a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H при парциальных давлениях от 0,6 до 3,0 мТорр силы осциллятора увеличиваются (рис. 4). Это связано с увеличением водородосодержащих связей GeH, SiH при указанной частоте.

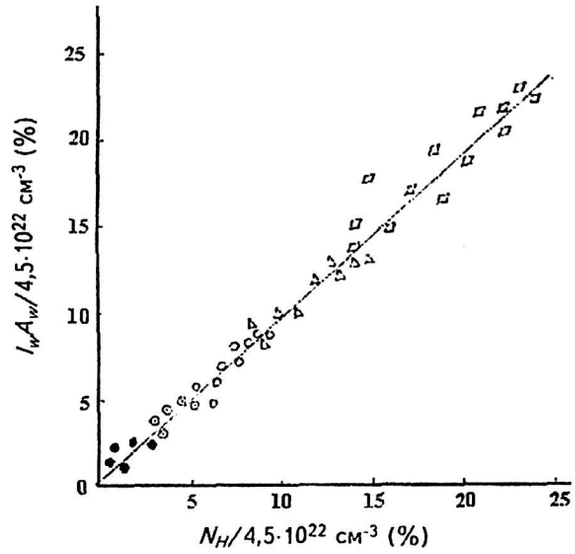


***Рис. 3.** Корреляционные зависимости концентрации водорода, определенные методом эффузии, для пленок a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H, полученных при давлении P_{H_2}, мТорр:*
● — 0,6; ◉ — 1,2; ○ — 1,8; △ — 2,4; □ — 3,0

***Рис. 4.** Зависимости парциального давления водорода (P_{H_2}) (1) и концентрации водорода (C_H) (2) от силы осциллятора (Г) в аморфных пленках твердого раствора a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$: H*

Вычисленная величина Г при эффузии водорода принимает следующие значения: 0,38; 0,30; 0,26; 0,15; 0,10. В работах [15, 24] аналогичные результаты были получены для зависимости концентрации водорода (C_H) от силы осциллятора при эффузии водорода и ядерной реакции для пленок a-Si:H.

Нагревание образца в замкнутом объеме происходит из-за того, что материал почти полностью распадается на составляющие его элементы при кристаллизации в температурном интервале 360—650 °C, что вызывает эффузии водорода и

приводит к росту давления. Давление измерялось емкостным манометром с точностью 0,1 %. Для определения эффузии других газов следует провести количественно масс-спектрометрический анализ состава газа. На рис. 5 показана зависимость концентрации водорода от его парциального давления по данным ИК-спектроскопии и метода эффузии. Такие изменения концентрации водорода от его парциального давления по данным ИК-спектроскопии и метода ядерной реакции показаны в работе [15].

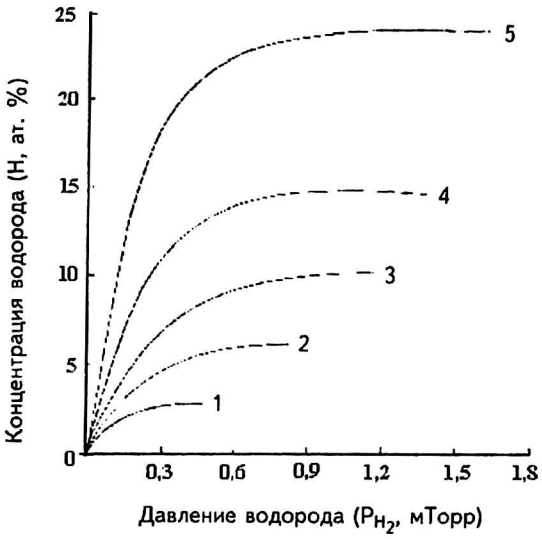


Рис. 5. Зависимость концентрации водорода от его парциального давления P, по данным ИК-спектроскопии и метода эффузии (использованы данные рис. 3), мТорр:
1 — 0,6; 2 — 1,2; 3 — 1,8; 4 — 2,4; 5 — 3,0

Заключение

Исследованы ИК-поглощения гидрогенизированных аморфных пленок a-$Ge_{0,85}Si_{0,15}$:H, a-Ge:H и a-Si:H, полученных плазмохимическим осаждением с различными парциальными давлениями водорода (P_{H_2}).

Анализ экспериментальных данных методом эффузии и ИК-поглощения показывает, что общая концентрация водорода (C_H) в пленках a-$Ge_{0,85}$ $Si_{0,15}$:H, полученных плазмохимическим осаждением, достигает 23,7 ат. %. Для пленок, полученных указанным методом, наблюдается линейная зависимость между оптической шириной зоны и концентрацией водорода [H] ≤ 23,7 ат. %, что приблизительно соответствует соотношению $E_0 = 0,83+0,018C_H$.

Установлено, что значение количества водорода N_H при получении пленок a-$Ge_{0,85}$ $Si_{0,15}$:H в атмосфере 0,6—3,0 мТорр определяется с помощью формулы $N_H = A_w I_w$, где $I_w = I_w^{(Ge)} + I_w^{(Si)}$. Используя спектр ИК-поглощения, вычислялись силы осциллятора. Найдено, что наибольшее значение P_{H_2} соответствует величине Г = 0,47; $P = 1,1$; $N_H = 7\cdot10^{21}$ см$^{-3}$ и $C_H = 23,7$ ат. %.

Полученные в данной работе результаты представляют практический интерес при создании инфракрасных приемников излучения и солнечных элементов на основе a-$Ge_{1-x}Si_x$:H, а также гидрогенизированных аморфных пленок на основе других полупроводников.

Авторы выражают благодарность академику М. К. Керимову за научные консультации при выполнении данной работы.

Литература

1. *Nakamura G., Sato K., Shirahata K., Yukimoto Y., Murahashi T. and Fujiwara K.*// Japan. J. Appl. Phys., 1981. V. 20. P. 291.
2. *Najafov B. A.*// Ukr. jour. of Phys., 2000. V. 45. № 10. P. 122.
3. *Меден А., Шо М.* Физика и применение аморфных полупроводников. — М.: Мир, 1991.
4. *Najafov B. A., Bakirov M. Ya., Mamedov V. S.*// Phys. St. Sol.(a), 1991. V. 123(a). P. 67.
5. *Weisz S. Z., Gomez M., Muir Y. A., Resto O., Perez R.*// Appl. Phys. Lett, 1984. V. 44(6). P. 634.
6. *Хохлов А. Ф., Машин А. И., Ершов А. В., Машин Н. И., Ларина Е. В.*// ФТП, 1985. Т. 19. № 12. С. 2204.
7. *Голикова О. А., Кузнецов А. Н., Кудоярова В. Х., Казанин М. М.*// Там же. 1997. Т. 31. № 7. С. 816.
8. *Наджафов Б. А.*: Матер. докладов VIII координационного совещ. по исследованию и применению сплавов кремний-германий. — Ташкент: ФАН, 1991. С. 11.
9. *Bakirov M. Ya., Najafov B. A., Mamedov V. S.*// Phys. St. Sol.(a), 1989. V. 114(a). K45.
10. *Голикова О. А., Казанин М. М., Кудоярова В. Х.*// ФТП, 1998. Т. 32. № 4. С. 484.
11. Аморфные полупроводники и приборы на их основе/ Под ред. Хамакавы. — М.: Металлургия, 1986.
12. *Najafov B. A.*// Eurasia Conference on Nuclear Science and its Application. Izmir-Turkey, 2000. P. 519.
13. *Наджафов Б. А.*// Физика, 1998. Т. 4. № 1. С. 25.
14. *Наджафов Б. А.*// ДАН Азербайджана, 1989. Т. 14. № 2. С. 30.
15. *Fang C. J., Gwntz K. J., Ley L. and Cardona M.*// J. Non-Cryst. Sol., 1980. V. 35. № 36. P. 255.
16. *Connel G. A. N. and Pawlik J. R.*// Phys. Rev. B., 1977. V. 13. № 2. P. 78.
17. *Brodsky M. H., Manuel Cardona and Cuomo J. J.*// Ibid. V. 16. № 8. P. 3556.
18. *Paul W., Paul D. K. von Roedern B., Blake J. and Oguz S.*// Phys. Rev. Lett., 1981. V. 46. № 15. P. 1016.
19. *Shanks H., Fang C. J., Ley L., Cardona M., Demond F. Z. and Kalbitzer S.*// Phys. Stat. Sol.(b), 1980. V. 100. P. 43.
20. *Tauc J., Abraham A. A. et al.*// J. Non-Cryst. Sol. 1966. V. 15. P. 627.
21. *Rudder R. A., Cook J. W. and Jucovsky G.*// Appl. Phys. Lett., 1984. V. 45. № 8. P. 887.
22. *Fritzsche H., Tanielian M., Tsai C. C. and Gaczi P. J.*// J. Appl. Phys., 1979. V. 50. № 5. P. 3366.
23. *Наджафов Б. А.*// ФТП, 2000. Т. 34. № 11. С. 1383.
24. *Балагуров Л. А., Иванов Л. С., Карпова Н. Ю., Омеляновский Э. М., Стариков М. Н., Устинова Н. К., Уткин-Эдин Д. П.*// Там же. 1986. Т. 20. № 3. С. 457.

Optical properties of hydrogenerated amorphous films of the a-$Ge_{0.85}Si_{0.15}$:H solid solution

B. A. Nadjafov
The Institute of Radiation Problems of National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan

G. I. Isakov, V. R. Figarov
The Institute of Physics of National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan

The optical edge and IR spectra absorption of a-$Ge_{0.85}Si_{0.15}$:H hydrogenerated amorphous films, obtained by the plasmochemical precipitation at different partial pressures of hydrogen (P_{H_2}), have been investigated. The amount of hydrogen (P) in solid solution is determined. It has been revealed that the oscillator strengths depend on the hydrogen concentration; they decrease with the hydrogen effusion and increase with the increase of the hydrogen content (P_{H_2}) in the atmosphere of the obtained a-$Ge_{0.85}Si_{0.15}$:H films at partial pressures 0.6—3.0 mTorr.