

# Поглощение и спектры оптических параметров в аморфных твердых растворах системы Se—S

© Н.З. Джалилов, Г.М. Дамиров <sup>¶</sup>

Институт физики Национальной академии наук Азербайджана,  
AZ-1143 Баку, Азербайджан

(Получена 18 августа 2010 г. Принята к печати 14 сентября 2010 г.)

Исследованием оптических свойств системы Se—S установлено, что существует корреляция между зависимостями коэффициента оптического поглощения ( $\alpha$ ), эффективной концентрации заряженных дефектов ( $N_i$ ) и характеристической энергией ( $E_0$ ), соответствующей урбаховскому поглощению света в области спектра, где выполняется правило Урбаха в системе Se—S. Эти оптические свойства контролируются заряженными дефектами. Показано, что изменением состава системы Se—S можно изменить концентрации собственных заряженных дефектов. Исследованы спектры отражения аморфных твердых растворов системы Se—S в интервале энергии 1–6 эВ. Методом Крамерса—Кронига рассчитаны спектральные зависимости оптических постоянных и производных от них оптических и диэлектрических функций. Изменения спектров оптических параметров в зависимости от состава системы Se—S объясняются на основе кластерной модели, по которой изменения плотности электронных состояний зависят от характера конфигураций атомов в кластерах, т. е. изменение характера ближнего порядка.

## 1. Введение

В аморфных или стеклообразующих системах изучение их физических свойств в зависимости от состава представляет собой эффективное средство для определения корреляции между структурой и свойствами материала.

В данной работе исследовались поглощение и спектры оптических параметров в аморфных твердых растворах системы Se—S, которые в этом плане изучены недостаточно, несмотря на работы [1–8].

Известно, что структурная модель бинарной системы представляет собой непрерывную сетку, в которой выполняется координационное „правило  $8-N^*$ “ для обоих компонентов при любом их соотношении [7], и при этом между атомами возможны гетеро- и гомополярные связи.

Гексагональный кристаллический Se состоит из винтообразных цепей, сложенных параллельно друг другу. Химическая связь внутри цепей имеет ковалентный характер и очень сильна, а связь между цепями является слабой связью типа Ван-дер-Ваальса. В жидкой фазе можно считать, что цепи ориентированы случайным образом. При быстром охлаждении расплава вязкость становится очень высокой, прежде чем цепи успевают переориентироваться, и возникает стеклообразное состояние.

В расплавленном состоянии между серой и селеном образуются гомогенные растворы, которые состоят из смешанных молекул типа Se—Se, Se—S, S—S, что должно привести к изменению их электронной структуры в зависимости от состава системы Se—S [6] и, следовательно, других его свойств.

При изменении химического состава, а также при введении примесей можно направлено изменять электронные свойства халькогенидных и халькогенных стеклообразных полупроводников. При этом происходит

изменение в них концентрации заряженных центров дефектов ( $U^{-1}$ -центров) и тем самым можно управлять их электрическими, оптическими и фотоэлектрическими свойствами, что важно для практического применения.

Задачей данной работы являлось измерение коэффициента поглощения и отражения твердых растворов системы Se—S и на его основе определение оптических параметров.

## 2. Методика эксперимента

Для получения раствора селен—сера был взят селен чистотой  $B_5$  и чистая сера, взвешенные с точностью до 0.0001 г. Для лучшей гомогенизации расплава был использован вибрационный метод. Ампулы в течение 3 ч подвергались тряске при температуре 280°C, т. е. на 60°C выше температуры плавления селена.

Термическим напылением в вакууме, методом горячей стенки, на подложках из покровного стекла были получены пленки толщиной 0.5–8 мкм.

Коэффициент оптического поглощения исследован методом двулучевой спектроскопии в интервале энергий 1–2.8 эВ. Образцы для измерений представляли собой слои толщиной 0.5–8 мкм. Тонкие слои приготовлены методом термического испарения в вакууме  $10^{-5}$  мм рт. ст. на стеклянные подложки.

Для измерения отражения света в исследованных образцах все составы Se—S были получены в ампуле с селеном путем резкого опускания расплавленного состава в холодную воду. Из этих составов затем были приготовлены образцы для измерения коэффициента отражения  $R(E)$ . Измерения были проведены в интервале энергии луча 1–6 эВ, падающего нормально на поверхность образцов. Методы определения оптических параметров приведены в работе [9].

Для приготовления образцов к измерению коэффициента отражения из слитка вырезался кусок образца, ко-

<sup>¶</sup> E-mail: gafil@physics.abaz

торый полировался вибрацией или вручную. Для удаления оксидных пленок с поверхности образцов нами был использован способ химического травления составом  $\text{HNO}_3$ , оставляющий поверхность химически чистой, и пропуская через них импульсного тока. Затем полированная поверхность электролитически травилась 5 частями  $\text{NaOH}$  (10% в воде) и 1 частью винной кислоты (40% в воде). После такой обработки поверхность образца травилась импульсным током плотностью около  $500 \text{ mA/cm}^2$  [10].

Для определения оптических параметров исследованных образцов была использована изложенная в [11] процедура. Вычисления оптических параметров исследованных образцов были выполнены компьютерной программой, примененной в работе [12].

### 3. Результаты и их обсуждение

Результаты измерения спектральных зависимостей коэффициента поглощения  $\alpha$  аморфных образцов системы  $\text{Se}_{100-x}\text{S}_x$  ( $x = 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50$ ) в интервале энергий фотона 1–3 эВ представлены на рис. 1. Из рисунка видно, что зависимости  $\alpha = f(h\nu)$  состоят из трех участков. Такие зависимости  $\alpha = f(h\nu)$  наблюдаются в ряде халькогенидных аморфных полупроводников [6] и объясняются тем, что механизм поглощения света в этих участках различный.

В области сильного поглощения света выполняется закон:

$$a\hbar\omega = B(\hbar\omega - E_g)^r, \quad (1)$$

где  $r$  в зависимости от структуры материала принимает значения от 1 до 3 [13],  $B$  — постоянное число,  $E_g$  — оптическая ширина запрещенной полосы. Эта область соответствует электронным переходам зона–зона. Для селена и серы, а также их бинарных систем, которые имеют цепочечную структуру,  $r$  принимает значение, равное 1. Из зависимости  $a\hbar\omega = f(\hbar\omega)$  для различных

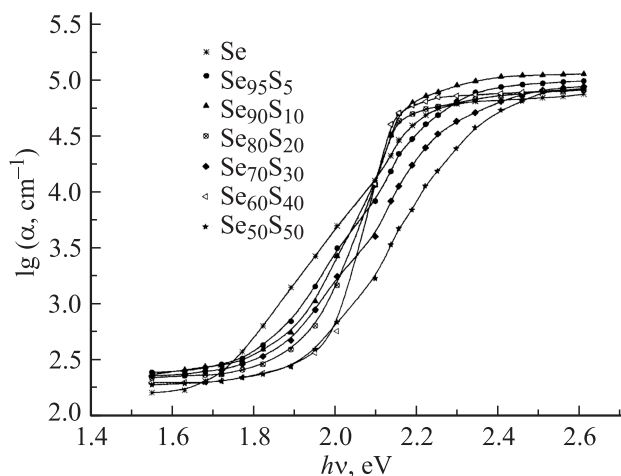


Рис. 1. Спектры коэффициента поглощения  $\lg \alpha$  при разном содержании S в системе Se–S в интервале энергии 1–3 эВ.

составов системы Se–S были определены их оптические ширины. Получено, что значения оптической ширины в образцах с изменением состава растут.

Как предполагается в [14], благодаря подобию энергетической структуры атомов Se и S  $\sigma^*$ -орбитали связи Se–S лежат между  $\sigma^*$ -орбиталями связей Se–Se и S–S. Такое предположение полностью подтверждается в случае связей подобных элементов S–Te [15].

Как видно из зависимости  $\alpha = f(\hbar\omega)$ , представленной на рис. 1, ниже области сильного поглощения следует экспоненциальная зависимость  $\alpha = f(\hbar\omega)$ . Область экспоненциального изменения  $\alpha$  с ростом  $\hbar\omega$  называют „хвостом“ Урабаха [16]. Такая зависимость известна и в кристаллических галогенидах щелочных металлов, CdS и в тригональном селене. Это явление наблюдается также в халькогенидных и силикатных стеклах [16,17]. Для объяснения такой экспоненциальной зависимости было предложено несколько механизмов: вариации ширины запрещенной щели, обусловленные флуктуациями плотности, а также расширение края зоны, индуцированное внутренними электрическими полями. Было высказано предположение [18,19], что край поглощения отражает появление хвостов состояний в щели вследствие флуктуации углов и длин связей. Другие авторы [20] считают, что причиной появления хвоста являются электронные переходы между локализованными состояниями в хвостах краев зон, и предполагается, что плотность таких состояний экспоненциально падает с энергией фотона.

В работе [20] указывали на существование корреляций между наклоном „хвоста“ Урабаха и координационным числом или валентностью. Предполагалось, что материалы с более слабой координацией (более высокой валентностью) легче формируют идеальную аморфную сетку с меньшим количеством дефектов и пустот.

В экспоненциальном участке зависимость  $\alpha = f(\hbar\omega)$  подчиняется правилу Урабаха:

$$\alpha = \alpha_0 \exp \frac{-(E_g - h\nu)}{E_0}, \quad (2)$$

где  $E_0$  — характеристическая энергия, которая характеризует крутизну края и несет информацию о среднеквадратичном отклонении межатомных расстояний в стеклообразных материалах [21].

Определенные из экспоненциальной зависимости  $\alpha = f(\hbar\omega)$  значения  $E_0$  системы Se–S с ростом содержания S, как видно из рис. 2, сначала убывают более резко, а затем умеренно.

К настоящему времени считается установленным фактом, что большинство электронных свойств халькогенидных и халькогенных стеклообразных полупроводников объясняются наличием заряженных дефектов  $D^+$  и  $D^-$ . Эти дефекты образуются из исходных нейтральных дефектов  $D^0$  по реакции



и могут быть собственными или примесными, и смешанными дефектами.

Образцы	Межзонные переходы в твердых аморфных образцах системы Se–S в области энергии 1–6 эВ, определенные по пикам $\epsilon_2(E)$									
Se	1.49	1.86	1.98	2.22	2.30	3.26	3.65	4.13	4.75	5.36
Se <sub>95</sub> S <sub>5</sub>	1.46	1.78	2.13	2.81	3.09	3.44	3.89	–	–	–
Se <sub>90</sub> S <sub>10</sub>	1.50	1.77	1.88	2.13	2.37	2.69	2.94	3.42	3.87	4.13
Se <sub>80</sub> S <sub>20</sub>	1.13	1.20	1.28	1.47	1.76	2.15	2.58	2.81	3.11	3.76
Se <sub>70</sub> S <sub>30</sub>	1.17	1.43	1.51	1.74	1.91	2.12	2.38	3.10	3.46	3.87
Se <sub>60</sub> S <sub>40</sub>	1.24	1.46	1.62	1.82	1.94	2.19	2.40	2.58	2.82	4.12
Se <sub>50</sub> S <sub>50</sub>	1.34	1.47	1.79	2.13	2.36	3.24	3.65	4.25	4.61	5.39

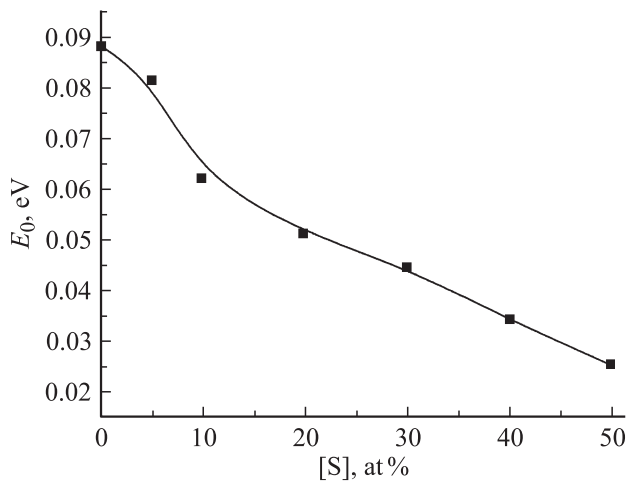


Рис. 2. Зависимость эффективной концентрации заряженных дефектов  $N_i$  от состава системы Se–S.

Предполагается, что электрические и оптические свойства некристаллических полупроводников контролируются этими заряженными дефектами. Исследования механизма инжекционного тока в этих материалах [22] показали, что в их запрещенных зонах существуют локальные заряженные уровни и были определены их концентрации и энергетические положения. Используя модель случайного поля, созданного хаотически распределенными атомами, для характеристической энергии в [23] получена формула

$$E_0 = 2.2W_B(N_i a_B^3)^{2/5}, \quad (4)$$

где  $W_B = e^2/2\epsilon a_B$ ,  $a_B$  — боровский радиус в веществе,  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость,  $N_i$  — эффективная концентрация заряженных дефектов.

Известно, что для Se диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 6.6$ , а для серы  $\epsilon = 3.69$ . Принимая линейное изменение диэлектрической проницаемости с составом, по формуле (4) была вычислена концентрация заряженных дефектов для различных составов системы Se–S.

Зависимость  $N_i$  от состава системы Se–S представлена на рис. 3. Видно, что ее значение сначала уменьшается резко, а затем умеренно. Эти результаты показывают, что с ростом содержания S в системе концентрация заряженных дефектов в целом уменьшается. По-видимому,

это связано с уменьшением в системе линейных цепей, концы которых выступают как центры дефектов. Кроме того, связь Se–S сильнее, чем связь Se–Se, что также влияет на концентрации дефектов.

Третьим участком зависимости  $\alpha = f(\hbar\omega)$  на рис. 1 является участок слабого поглощения света, так называемый низкочастотный „хвост“ Урбаха. В [24] этот участок интерпретируется как поглощение, обусловленное хвостами зон, а в [7] поглощение в этой области связывается с дискретными состояниями, обусловленными наличием свободных связей. В наиболее чистом образце, например, As<sub>20</sub>Se<sub>80</sub> такого хвоста не наблюдается [25].

Более общей причиной хвоста является, как полагают, поглощение на примесях и дефектах. Свободные связи, которые считаются дефектами, играют важную роль в процессах фотопроводимости и люминесценции.

В данной работе измерялись также коэффициенты отражения  $R(E)$  исследованных образцов и определялись спектры оптических параметров в интервале энергии луча 1–6 эВ, падающего нормально на поверхность. Определены коэффициент поглощения  $\alpha$ , мнимая  $\epsilon_2$  и реальная  $\epsilon_1$  части диэлектрической проницаемости, показатель поглощения  $\kappa$  и преломления  $n$ , эффективное число валентных электронов  $n_{\text{eff}}(E)$ , участвующих в переходах до данной энергии  $E$ , эффективная статическая диэлектрическая постоянная  $\epsilon_{0,\text{eff}}(E)$ , функции

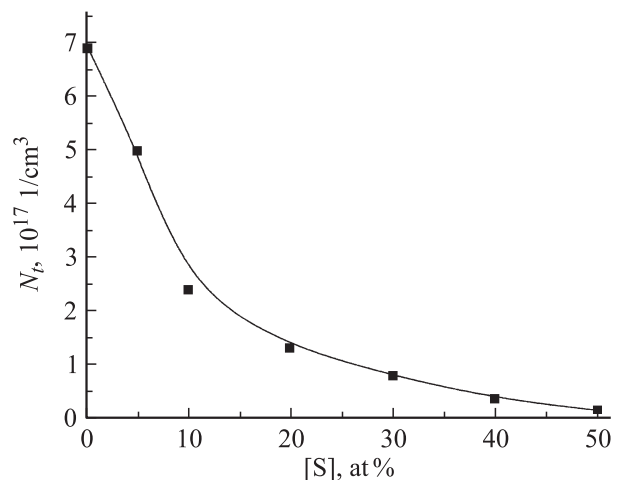


Рис. 3. Зависимость характеристической энергии  $E_0$  от состава системы Se–S.

характеристических объемных  $\text{Im}g \varepsilon^{-1}$  и поверхностных  $\text{Im}g (\varepsilon + 1)^{-1}$  потерь электронов, фаза  $\theta$  отраженного света, оптическая проводимость  $\varepsilon_2 E$ , интегральная функция связанной плотности состояний  $\varepsilon_2 E^2$ , электрооптические дифференциальные функции  $(\alpha, \beta)$ . На рис. 4–7 представлены коэффициенты отражения  $R(E)$ , мнимая диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon_2(E)$ , эффективная статическая диэлектрическая постоянная  $\varepsilon_{0,\text{eff}}(E)$  и эффективное число валентных электронов  $n_{\text{eff}}(E)$ , участвующих в переходах до данной энергии  $E$ , а в таблице приведены значения межзонных оптических переходов, определенных на основе  $\varepsilon_2(E)$ .

Как отмечается в [26], в области энергий межзонных переходов  $E > E_g$  ( $E_g$  — минимальная энергия межзонных переходов, называемая энергией запрещенной зоны) изучение поглощательных переходов на материалах невозможно из-за большой величины поглощения. Единственным эффективным методом при этом остается отражение.

Аналитические сингулярности мнимой части комплексной диэлектрической постоянной  $\varepsilon_2(E)$  и функции, связанные с плотностями состояний  $dN/dE$ , при этом

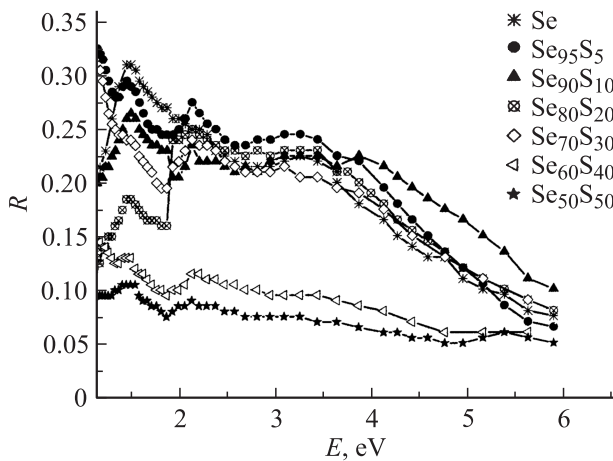


Рис. 4. Спектры отражения  $R(E)$ .

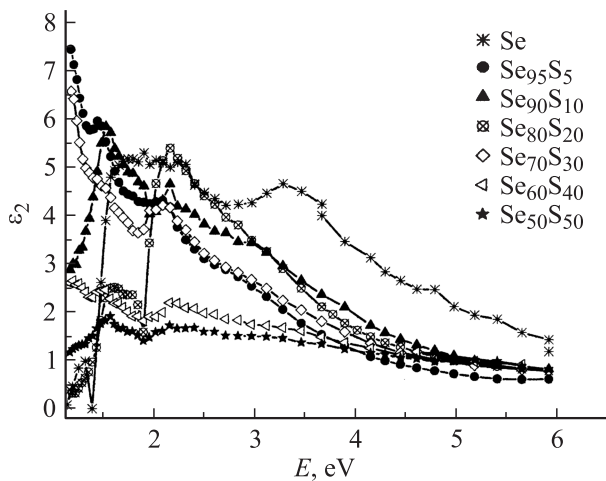


Рис. 5. Спектры оптической проводимости  $\varepsilon_2(E)$ .

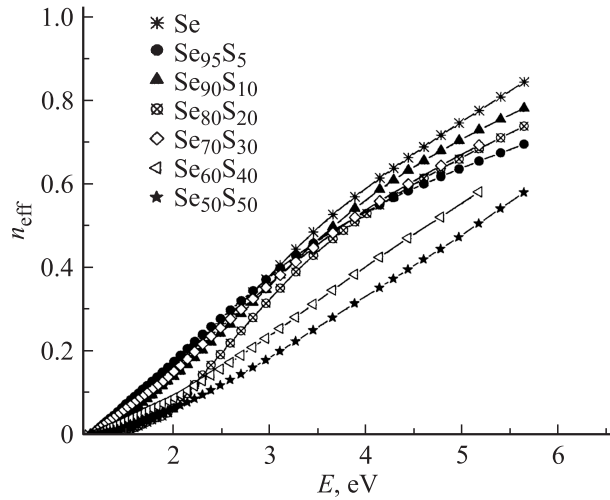


Рис. 6. Спектры эффективного числа валентных электронов  $n_{\text{eff}}(E)$ .

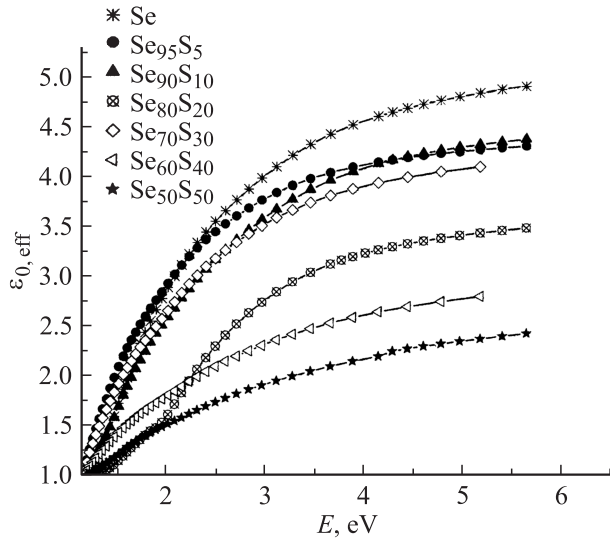


Рис. 7. Спектры статической диэлектрической постоянной  $\varepsilon_0(E)$ .

почти совпадают, и основной вклад в аналитическую сингулярность функции  $dN/dE$  вносит градиент межзонных расстояний:

$$\frac{dN_{ij}}{dE} \approx \int \frac{dS_k}{|\nabla_k E_{ij}|}, \quad (5)$$

где  $E_{ij}(k) = E_j(k) - E_i(k)$  — расстояние между зоной проводимости и валентной зоной. Теоретически из структуры зон могут быть рассчитаны значения  $dN/dE$  вблизи критических точек в  $k$ -пространстве, определяемых выражением  $|\nabla_k E_{ij}| = 0$ , а также положение критических точек и тип переходов.

Анализ функций  $\varepsilon_2(E)$  и  $dN/dE$  и коэффициента отражения  $R(E)$  показывает, что расположение и характер пиков в их спектре одинаковы или весьма близки. Поэтому при помощи непосредственного сопоставления экспе-

риментальных данных о кривых отражения кристаллов в области  $E > E_g$  с теоретическими расчетами функции  $dN/dE$  можно определить величины соответствующих межзонных промежутков и природы зон.

Известно, что одним из важных параметров полупроводника является наименьшая энергия  $E_g$  между занятыми и свободными состояниями. Для некристаллических материалов характерна высокая прозрачность в широкой области энергии  $E < E_g$ . Известно несколько способов определения  $E_g$ . Одним из них является оценка ее по уровню коэффициента поглощения  $\alpha(E)$  длинноволнового края. Точное значение  $E_g$  для некристаллических полупроводников дискуссионное, и обычно обсуждение характера спектра  $\alpha(E)$  в моделях Урбаха или Тауца производится без оценок  $E_g$  [27]. По модели Тауца  $E_g$  определяется для значения  $\alpha(E) = 10^3 \text{ см}^{-1}$ .

Как отмечается в [7], одинаково пригодным для кристаллических и некристаллических веществ понятием является плотность состояний  $N(E)$ . По имеющимся результатам экспериментальных данных, ход плотности состояний в некристаллическом теле не сильно отличается от соответствующего хода плотности состояний в кристалле. Тонкая структура в первом случае может быть смазана, и в запрещенной зоне могут появиться локальные состояния, а зонная структура при этом сохраняется, так как зонная структура в общем определяется ближним порядком атомов в материалах.

Как отмечается в [28], нельзя провести принципиальной границы между монокристаллическим, поликристаллическим и аморфным состояниями веществ. Наличие зонной структуры — запрещенной зоны и зоны проводимости — может быть выведено из факта существования ближнего порядка атомов, и для такого вывода нет необходимости требовать периодического расположения атомов.

Как показывают авторы [29–31], структура неупорядоченного бинарного соединения может рассматриваться как совокупность различных базисных кластеров, представленных в структурной матрице с различным статическим весом и погруженных в эффективную среду. Как отмечают авторы работы [32], основной вклад в плотность электронных состояний дает ближний порядок. Однако, поскольку ближний порядок в бинарных соединениях может существенно изменяться от узла к узлу в структурной матрице аморфного вещества, именно статистика базисных кластеров определяет окончательную плотность электронных состояний. При подборе композиции базисных кластеров следует иметь в виду также химическое упорядочение в системе, т.е. в нашем случае необходимо учитывать характерные энергии связей S–S, Se–S, Se–Se (280, 255, 225 кДж/моль соответственно) [6]. Как показывается в [6], кластерные модели вытекают из очевидного физического представления. Так, при охлаждении расплава или в процессе образования аморфных веществ другим путем могут возникать низкомолекулярные структурные конфигурации, что сопровождается определенным выигрышем в

энергии. Из-за того что такие образования характеризуются особой симметрией, они не могут служить ни зародышами кристаллов, ни центрами роста твердых аморфных фаз.

Неоднозначность структурного упорядочения в композиционных аморфных твердых телах типа  $A_xB_{1-x}$  можно рассматривать как их общее свойство. Особенно в ближнем порядке в окрестности каждого узла обусловлены, во-первых, физическими способами приготвления системы  $A_xB_{1-x}$  и, во-вторых, принципом химического упорядочения, учитывающего „правило 8-N“ [7], а также значениями величин энергии связи соседних атомов.

Разрушение идеальной структуры в некристаллическом твердом теле происходит в системах, включающих атомы с неподеленными электронными парами. Часто при разрыве связи электронная пара остается на одном из фрагментов, т.е. происходит гетеролитический разрыв связи. При этом возникают один положительно и один отрицательно заряженные дефектные центры в областях ближнего порядка. Необходимая для разрыва связи энергия отчасти компенсируется за счет существования неподеленной электронной пары у атомов, находящихся в ближайшем окружении, и число химических связей в целом не меняется. Таким образом, в гомогенных стеклах стехиометрического состава наряду с колебаниями плотности и имеющимся топологическим разупорядочением различного вида существует еще и структурное разупорядочение.

Последнее проявляется в виде положительно и отрицательно заряженных дефектных центров, как и в случае точечных дефектов в кристаллах. В результате доминируют дефекты, реакции образования которых характеризуются наименьшим изменением свободной энергии.

## 4. Заключение

Таким образом, в результате исследования оптических свойств системы Se–S установлено, что существует корреляция между зависимостями коэффициента оптического поглощения ( $\alpha$ ), эффективной концентрации заряженных дефектов ( $N_i$ ) и характеристической энергией ( $E_0$ ), соответствующей урбаховскому поглощению, от содержания S в составе системы Se–S. Показано, что поглощение света в области спектра, где выполняется правило Урбаха, контролируется заряженными дефектами. Установлено, что изменением содержания S в системе Se–S можно изменить концентрации собственных заряженных дефектов и тем самым контролировать оптические свойства системы Se–S.

Следует отметить, что в нашем случае синтез материала, изготовление образцов и условия измерения их были одинаковыми для системы  $Se_{100-x}S_x$  ( $x = 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50$ ). При синтезе твердых растворов различных составов системы  $Se_{100-x}S_x$  придерживались принципа „правило 8-N“. Характерные энергии связей для Se–Se,

S—S, Se—S различны, так как энергии связей между атомами бинарных аморфных соединений для различных конфигураций ближнего порядка различными. В зависимости от характера измерения ближнего порядка будет меняться и электронная структура образцов системы Se—S, а это в свою очередь будет сказываться на характере изменения других его оптических параметров, что видно из рис. 4–7.

## Список литературы

- [1] D. Jecu, J. Jaklovszky, A. Trutia. et al. *J. Non-Cryst. Sol.*, **90**, № 1–3, 319 (1987).
- [2] O. Watanabe, S. Tamaki. *Electrochim. Acta*, **13** (№ 1), 11 (1968).
- [3] И.А. Парибок-Александрович. Уч. зап. Вологод. гос. пед. ин-та, **39**, 240 (1969).
- [4] Б.Ф. Біленький, М.В. Пашковский. Вісник Львівськ. ун-ту. Сер. фіз., **13** (№ 5), 71 (1969).
- [5] Ohsaka Toshiaki. *J. Non-Cryst. Sol.*, **17** (№ 1), 121 (1975).
- [6] А. Фельц. *Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела* (М., Мир, 1986).
- [7] Н. Mott, Э. Дэвис. *Электронные процессы в некристаллических веществах* (М., Мир, 1982).
- [8] M.F. Kotkata, S.A. Noun, L. Farkas, M.M. Radwan. *J. Mater. Sci.*, **27** (№ 7), 1785 (1992).
- [9] В.В. Соболев, В.В. Немошкаленко. *Электронная структура полупроводников* (Киев, Наук. думка, 1988).
- [10] D.L. Greenaway, G. Harbeke. *J. Phys. Chem. Sol.*, **26**, 1585 (1965).
- [11] *Оптические свойства полупроводников*, под ред. Бира (М., ИЛ, 1970).
- [12] Н.З. Джалилов, С.И. Мехтиева, Н.М. Абдуллаев. Изв. НАН Азерб. Сер. физ.-мат. и техн., физ. и астр. наук, **XXVII** (№ 5), 114 (2007).
- [13] E.A. Davis, N.F. Mott. *Conduction in Non-Crystalline Systems V. Conductivity, Optical Absorption and Photoconductivity in Amorphous Semiconductors* (1970) p. 903.
- [14] С.Д. Барановский, Э.А. Лебедев. ФТП, **19**, 6 (1985).
- [15] С.Р. Овшинский. В кн.: *Тр. VI Межд. конф. по аморфным и жидким полупроводникам* (Л., 1976) с. 426.
- [16] F. Urbach. *Phys. Rev.*, **92**, 1324 (1953).
- [17] N.F. Mott, E.A. Davis. *Electronic Processes in Non Crystalline Materials* (Clarendon Press, Oxford, 1979).
- [18] H.P.D. Langon. *Phys. Rev.*, **130**, 134 (1963).
- [19] J. Tauc. In: *Optical Properties of Solids*, ed. by F. Abeles (North-Holland, Amsterdam, 1970) p. 277.
- [20] E.A. Davis, N.F. Mott. *J. Non-Cryst. Sol.*, **4**, 107 (1970).
- [21] Я.Г. Клява. ФТТ, **27**, 1350 (1985).
- [22] Н.З. Джалилов, Г.М. Дамиров. ФТП, **43**, 1521 (2009).
- [23] В.Л. Бонч-Бруевич. УФН, **140**, 583 (1983).
- [24] J. Tauc, A. Mentl, D.L. Wood. *Phys. Rev. Lett.*, **25**, 749 (1970).
- [25] M. Kumeda et al. *Phys. Status Solidi B*, **73**, K19 (1976).
- [26] J.C. Phillips. *Phys. Rev.*, **125**, 1931 (1962); *Phys. Rev.*, **133**, A452 (1964).
- [27] В сб.: *Электронные явления в халькогенидных стеклообразных полупроводниках*, под ред. К.Д. Цэндина (СПб., Наука, 1996) с. 486.
- [28] А. Роуз. *Основы теории фотопроводимости* (М., Мир, 1966).

- [29] Ю.Н. Шунин, К.К. Шварц. ЖСК, **27** (№ 6), 146 (1986).
- [30] К.К. Шварц, Ю.Н. Шунин, Я.А. Тетерис. Изв. АН ЛатвССР. Сер. физ. и техн. наук, № 4, 51 (1987).
- [31] K.K. Shvarts, F.V. Pirgorov, Yu.N. Shunin, J.A. Teteris. *Cryst. Lattice Defects Amorphous Mater.*, **17**, 133 (1987).
- [32] Ю.Н. Шунин, К.К. Шварц. ФТП, **23** (№ 6), 1049 (1989).

Редактор Т.А. Полянская

## Absorption and spectra optical parameters in amorphous solid solutions of system Se—S

N.Z. Djalilov, G.M. Damirov

Institute of Physics,  
National Academy of Sciences of Azerbaijan,  
AZ-1143, Baku, Azerbaijan

**Abstract** Study of optical properties of the system Se—S revealed that there is a correlation between the optical absorption coefficient ( $\alpha$ ), the effective concentration of charged defects ( $N_i$ ) and the characteristic energy ( $E_0$ ), corresponding Urbach absorption in the spectral region where the Urbach rule is executed on the sulfur content in the system Se—S. These optical properties are controlled by charged defects. Shown that the change in the composition of the system Se—S can change the concentration of intrinsic charged defects. The spectra of reflection of the amorphous solid solutions of the system Se—S in the energy range 1–6 eV. The method of Kramers–Kronig calculated spectral dependence of optical constants and derived optical and dielectric functions. Changes in the spectra of optical parameters depending on the composition of the system Se—S explained on the basis of cluster model in which changes the density of electronic states depend on the nature of the configurations of atoms in the clusters, i. e. the changing nature of short-range order.