АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том XXII 1976 Вып. 3

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 666.11.01 : 534+535

АКУСТООПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕКОЛ СИСТЕМ As — Ge — Se и As — Ge — Se — Sb

И. И. Адрианова, Л. Г. Айо, Л. Н. Аснис, Е. А. Кислицкая, В. Ф. Кокорина

Акустооптический эффект широко используется в устройствах для отклонения светового пучка, модуляторах, затворах, устройствах для обработки информации. В настоящее время исследован целый ряд кристаллов и стекол, которые обладают высокой акустооптической активностью. Несмотря на то что кристаллы, как правило, эффективнее, чем стекла, последние обладают рядом преимуществ: возможностью получения образцов больших размеров с высоким оптическим качеством, относительной легкостью получения и возможностью варьировать состав для получения необходимых свойств, а также меньшей стоимостью.

Интерес к акустооптическим свойствам вызвал ряд исследований как у нас, так и за рубежом. Основываясь на результатах работ [1, 2], можно сделать некоторые предположения относительно возможной акустооптической активности вещества, однако экспериментальные исследования новых систем стекол, а также их характеристик представляют значительный интерес. В литературе такие сведения практически отсутствуют. В работе [3] авторы пишут о высокой активности одного из стекол системы As–Ge–Se, а именно $As_{12}Ge_{33}Se_{55}$. Наши исследования были направлены на изучение акустооптических характеристик и других свойств стекол системы As–Ge–Se систематически изменяющихся составов, а также стекол системы As–Ge–Se–Sb, где следовало ожидать более высокой активности.

Синтез стекол осуществлялся в эвакуированных кварцевых ампулах по методике, разработанной ранее [4]. Режимы варки выбирались в соответствии с опытом предыдущих работ, максимальная температура варки достигала 900° С. В качестве исходных компонентов использовались As, Sb, Ge, Se высокой степени чистоты.

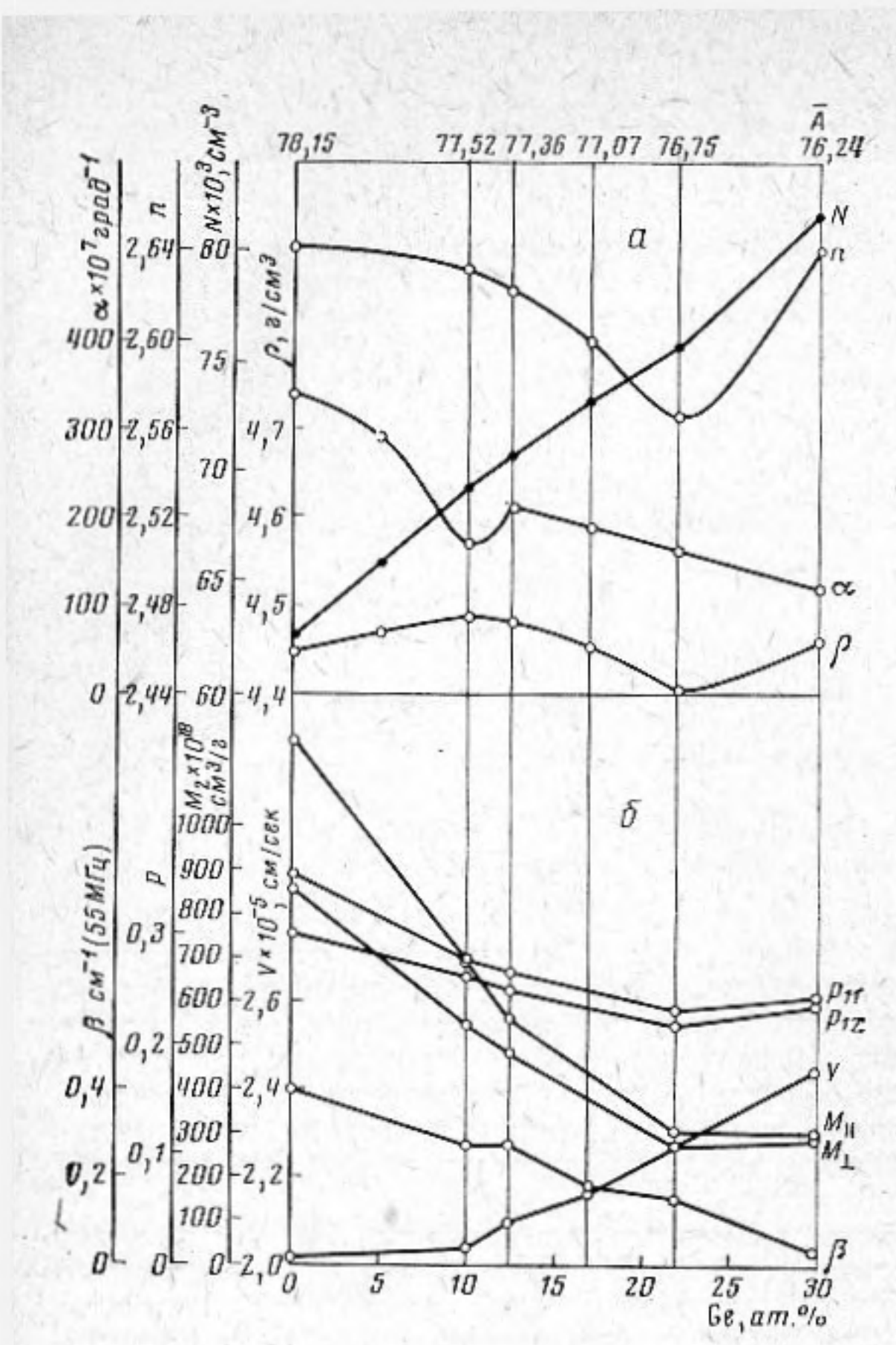
Исследования акустооптических свойств проводились на длине волны излучения 1,15 *мкм*. Основными параметрами, характеризующими активную среду, являются скорость ультразвука, коэффициент акустооптического качества M_2, а также затухание ультразвука в среде.

Определение скорости распространения продольных ультразвуковых волн было выполнено акустооптическим методом по измерению частотного интервала Δf между соседними максимумами дифракционных картин при возбуждении стоячих ультразвуковых волн в образце на резонансных частотах. Коэффициент затухания ультразвука определялся импульсным методом по уменьшению интенсивности дифрагированного света при распространении звуковой волны на расстояние 10 *мм*.

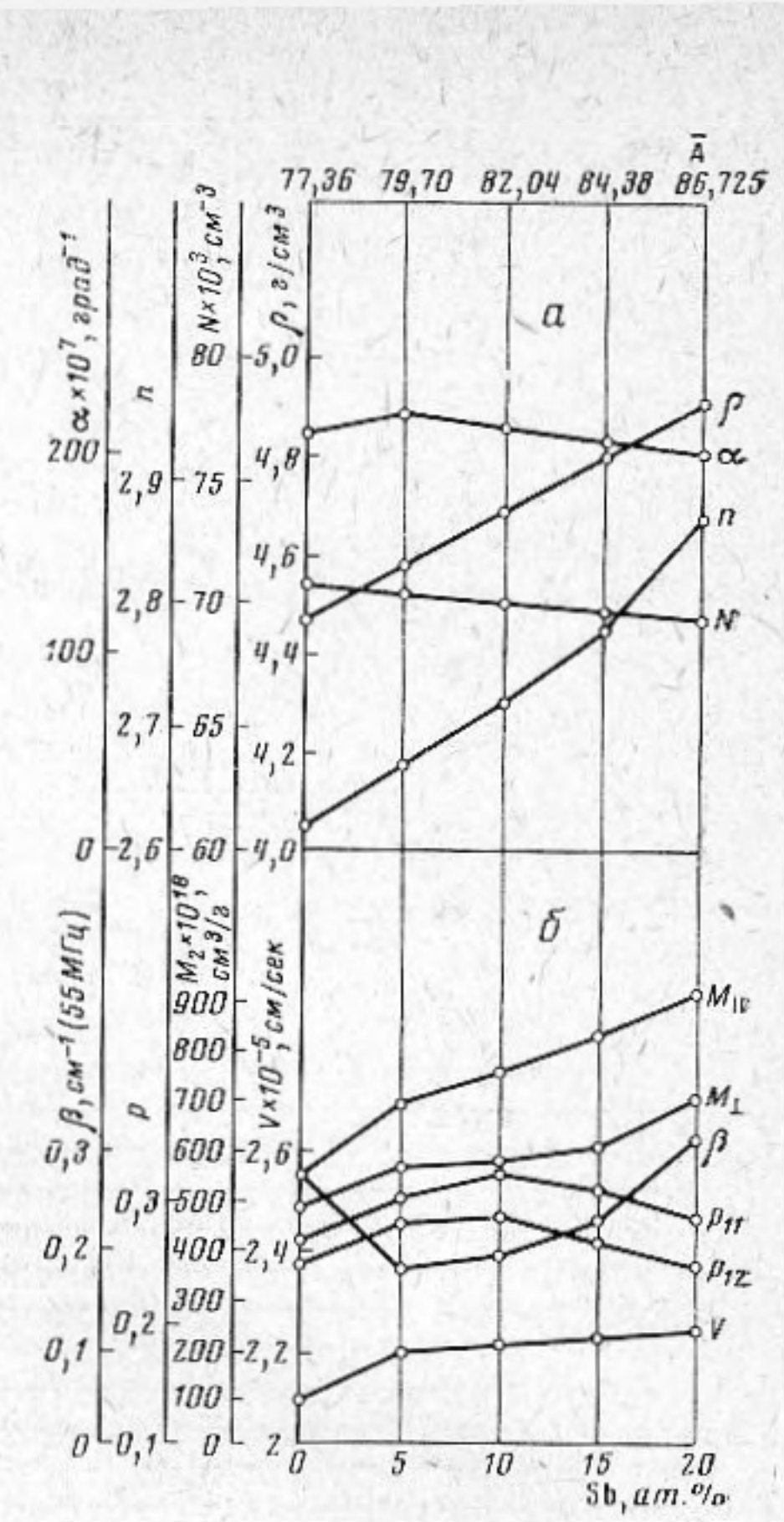
Для исследованных материалов коэффициент $M_2=n^6p^2/\rho V^3$, где n – показатель преломления, p – упругооптическая постоянная, ρ – плотность, V – скорость ультразвука, определялся методом сравнения с эталонным образцом стекла $As_{40}Se_{60}$, активность которого известна [5]. Для определения M_2 использовалась методика Диксона [6], но измерения проводились в режиме дифракции Рамана – Ната. Это позволило работать на более низких частотах, где затухание ультразвука мало, а также облегчить требования к однородности экспериментальных образцов. Во всех случаях измерения проводились на элементах, для которых могла быть установлена четкая дифракционная картина ультразвуковых стоячих волн при частоте 20 *Мгц*.

Измерение скорости ультразвука проводилось с точностью до 1%. Точность измерения коэффициента M_2 и коэффициента затухания ультразвука равна 2,5%. Однако вследствие оптической неоднородности разброс значений для стекол одного состава был в пределах 5% при определении скорости ультразвука и 10–15% при определении акустооптической активности и затухания амплитуды ультразвука.

В системе As–Ge–Se исследованы стекла с постоянным содержанием мышьяка, равным 20 ат.%, в которые германий вводился за счет содержания селена в количе-



Фиг. 1



Фиг. 2

Фиг. 1. Зависимость свойств стекол системы $As_{20}Ge_xSe_{80-x}$ от содержания германия

Фиг. 2. Зависимость свойств стекол системы $As_{20-x}Ge_{12,5}Se_{67,5}Sb_x$ от содержания сурьмы

стве до 30 ат.%. Стекла этого вида интересны тем, что с увеличением содержания германия на кривых «состав – свойство» наблюдаются изломы (свойства изменяются немонотонно), отвечающие накоплению качественно новых химических связей и появлению новых структурных единиц [7]. Влияние замены мышьяка сурьмой было прослежено при исследовании акустооптических характеристик стекла $As_{20}Ge_{12,5}Se_{67,5}$, в котором мышьяк последовательно заменялся на сурьму вплоть до состава $Sb_{20}Ge_{12,5}Se_{67,5}$.

Составы исследованных стекол и их пропускание для наиболее распространенных лазерных линий представлены в таблице. Основные физические свойства стекол приведены на фиг. 1 для системы As–Ge–Se [7] и на фиг. 2 для системы As–Ge–Se–

Состав стекла, ат %				Коэффициент пропускания образца толщиной 10 мм		
As	Ge	Se	Sb	λ=1,06 мкм	λ=1,15 мкм	λ=10,6 мкм
20		80		0,24	0,46	0,48
20	10	70		0,55	0,56	0,63
20	12,5	67,5		0,65	0,66	0,64
20	17	63		0,62	0,62	0,64
20	22	58		0,60	0,61	0,63
20	30	50		0,63	0,63	0,62
15	12,5	67,5	5	0,64	0,65	0,55
10	12,5	67,5	10	0,63	0,64	0,55
5	12,5	67,5	15	0,60	0,61	0,51
0	12,5	67,5	20	0,57	0,59	0,52

Sb *. Как видно из фиг. 1, *б*, в системе As–Ge–Se с увеличением содержания германия скорость ультразвука возрастает, что, вероятно, связано с уменьшением среднего атомного веса $\bar{A}$ и увеличением числа ковалентных связей N в единице объема, при этом коэффициент термического расширения α и затухание ультразвука уменьшается. При содержании германия 30 ат% коэффициент затухания ультразвука β составляет 0,03 $см^{-1}$ на частоте 55 *Мгц*. Снижение акустооптической активности с увеличением содержания германия определяется, в основном, уменьшением показателя преломления. Сопоставление фиг. 1, *а* и *б* показывает, что на кривых зависимости акустооптических свойств от состава изломы наблюдаются в тех же точках, что и на кривых других свойств, т. е. в точках, где появляются новые структурные единицы. Это происходит, во-первых, в момент исчезновения селеновых цепей, когда остаются лишь селеновые мостики, соответствующий составу с 10 ат.% германия и, во-вторых, в момент образования в сетке стекла связей As–Ge, что соответствует составу с 22 ат.% германия.

Кривые, представленные на фиг. 2, показывают, что изоструктурное замещение мышьяка сурьмой вызывает монотонное возрастание плотности и показателя преломления стекол вследствие введения более тяжелого элемента. Резкое возрастание показателя преломления вызывает значительное повышение акустооптической активности. Несмотря на снижение концентрации связей, скорость распространения ультразвука несколько возрастает, что объясняется, по-видимому, превалирующим влиянием увеличения плотности вещества.

По измеренным величинам $M_{2\parallel}$ и $M_{2\perp}$, где $M_{2\parallel}$ – коэффициент акустооптической активности при направлении вектора E света параллельно направлению распространения ультразвука, $M_{2\perp}$ – перпендикулярно ему, вычислялись упругооптические коэффициенты p_{11} и p_{12}, которые также приведены на фиг. 1 и 2. Для изученных систем с возрастанием среднего атомного веса разность $M_{2\parallel}-M_{2\perp}$ и, следовательно, $p_{11}-p_{12}$ увеличивается.

Для акустооптических устройств важно, чтобы среда обладала как высокой скоростью ультразвука, определяющей быстродействие, так и высокой акустооптической активностью. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что для одновременного повышения эффективности и быстродействия наибольший интерес представляют, по-видимому, стекла с максимальным содержанием германия и сурьмы, так как увеличение содержания германия ведет к существенному увеличению скорости ультразвука, а увеличение содержания сурьмы – к повышению акустооптической активности при практически неизменной скорости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *D. A. Pinnow.* Guide lines for the selection of acoustooptic materials. IEEE J. Quantum Electronics 1970, QE-6, 4, 223—238.
2. *Д. В. Шелопут, В. Ф. Глушков.* Акустические характеристики халькогенидных стекол. Изв. АН СССР, Сер. неорганич. матер., 1973, *9*, 7, 1149—1152.
3. *J. T. Krause, C. R. Kurkjian, D. A. Pinnow, E. A. Sigety.* Low acoustic loss chalcogenide glasses – a new category of materials for acoustic and acoustooptic applications. Appl. Phys. Lett., 1970, *17*, 9, 367–368.
4. *Л. Г. Айо, В. Ф. Кокорина.* Оптические стекла, прозрачные в инфракрасной области спектра до λ=11–15 мк. Оптико-механическая пром-сть, 1961, *4*, 39–41.
5. *Y. Ohmachi, N. Uchida.* Vitreous As_2Se_3; investigation of acousto-optical properties and applications to infrared modulators and scanners. J. Appl. Phys., 1972, *43*, 4, 1709—1712.
6. *R. W. Dixon, M. G. Cohen.* A new technique for measuring magnitudes of photoelastic tensors and its application to lithium niobate. Appl. Phys. Lett., 1966, *8*, 8, 205—206.
7. *Л. Г. Айо, В. Ф. Кокорина.* Стеклообразование и свойства стекол в системе As—Ge—Se. Оптико-механическая пром-сть, 1963, *2*, 36—43.

Поступила
28 июля 1975 г.

---

* Свойства стекол системы As–Ge–Se–Sb определялись авторами по методикам, описанным в работе [7].