

ДОВГОЧАСОВА МЕХАНІЧНА РЕЛАКСАЦІЯ В ХАЛЬКОГЕНІДНИХ СТЕКЛАХ

А.Е. Кріштофорій[†], М.М. Воронич

Кафедра фізики напівпровідників

В роботі приведені криві релаксації деформації та механічного напруження в склоподібному As_2Se_3 при різних температурах. Запропоновані механічні моделі для опису релаксації механічних напружень та деформацій в стеклах системи $As-S(Se)$ в околі температури склування. Проаналізовані температурні залежності параметрів запропонованих моделей та зроблені висновки про їх придатність для опису і моделювання розглянутих систем.

1. ВСТУП

При вдосконаленні технології виготовлення та встановленні оптимальних умов експлуатації оптичних елементів на основі халькогенідних стекол важливу роль відіграє інформація про обумовлені механічними напруженнями процеси релаксації неоднорідностей показника заломлення. В результаті дослідження інфранизькочастотного внутрішнього тертя та модуля зсуву халькогенідних стекол $As-S(Se)$ та $Ge-As-S$ раніше [1-3] було встановлено, що в області температури розм'якшення на частотах 10^{-2} -10 Гц важливу роль відіграє в'язкопружна деформація. Однак довгочасові релаксаційні процеси у вказаних стеклах не були вивчені. У зв'язку з цим представляють інтерес дослідження температурно-часових змін деформацій та механічних напружень в модельному халькогенідному склі As_2Se_3 .

[†] e-mail: kristofori@mail.ru

2. МЕТОДИКА ЕКСПЕРЕМЕНТУ

Для дослідження в'язкопружних властивостей твердих тіл, зокрема внутрішнього тертя, найбільш поширеним є метод оберненого крутильного маятника. Він досить простий і надійний та дозволяє проводити комплексні дослідження у широкому діапазоні температур, частот і механічних напружень [4]. Однак цю методику можна з успіхом застосовувати для вивчення повзучості та високоеластичної деформації. Нами для автоматизації довгочасових вимірювань була розроблена програма, блок-схема якої приведена на рис. 1.

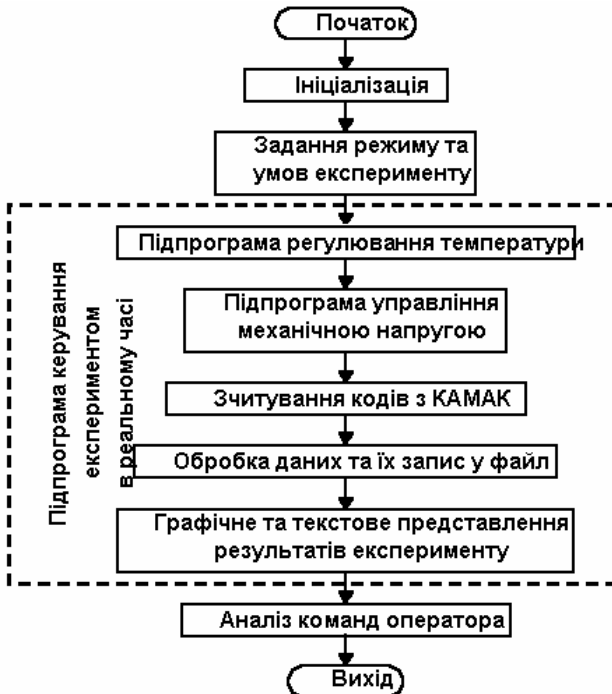


Рис. 1. Блок-схема програми автоматизації дослідження механічних властивостей твердих тіл.

Після завантаження програма пропонує оператору ПК вибрати режим роботи та умови експерименту. Підпрограми виконують функції регулювання температури, механічної напруги, неперервного зчитування, запису, обробки та графічного відображення експериментальних результатів. Це дозволяє слідкувати за ходом експерименту в режимі реального часу.

2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ

На рис. 2. представлені залежності механічної напруги від часу $\sigma(t)$ при постійній відносній деформації $\varepsilon = 10^{-4}$ при різних температурах, а її релаксація після зняття навантаження приведена на рис. 3.

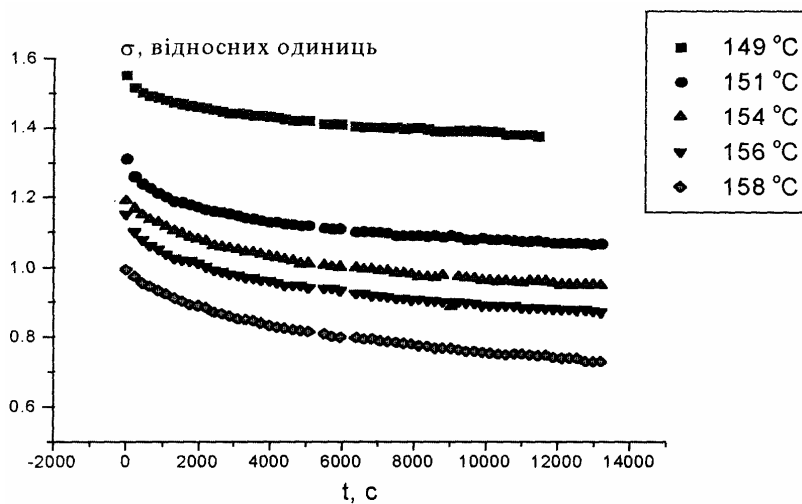


Рис. 2. Криві релаксації механічного напруження в склоподібному As_2Se_3 при різних температурах

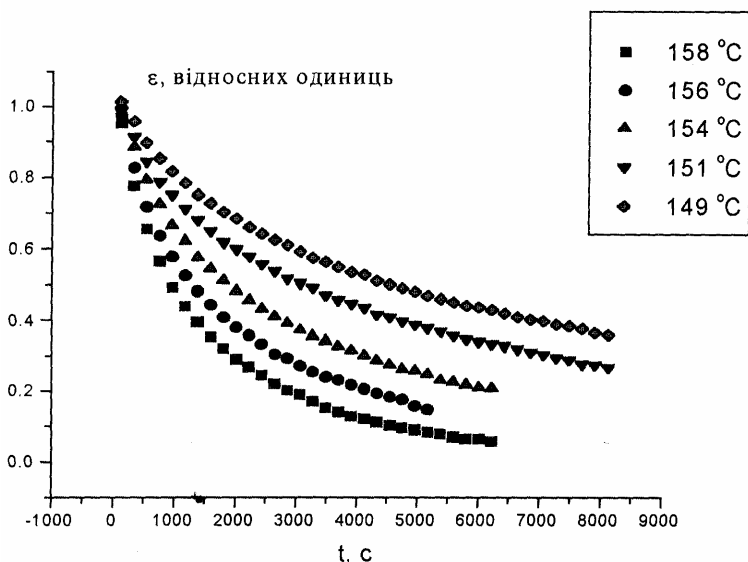


Рис. 3. Криві релаксації деформації в склоподібному As_2Se_3 при різних температурах

Як і слід було чекати, підвищення температури прискорило релаксаційні процеси як $\sigma(t)$ так і $\epsilon(t)$. При цьому початкове значення механічної напруги для деформації 10^{-4} із зростом температури зменшується. З графіків також слідує, що навіть при температурах не дуже близьких до T_g , після релаксації протягом $(6 - 9) \cdot 10^3$ с деформація не зникає. Це свідчить про наявність залишкової деформації, а отже і пластичної течії при прикладеній механічній нарузі.

До теперішнього часу фізика пластичності некристалічних твердих тіл є недостатньо розробленою темою, і тому не існує теорій, які б коректно пояснювали б експериментальні результати. Спроба пояснення пластичності базувалась на уявленні про температурно - залежні стрибки молекул із зайнятих локальних мінімумів на вільні місця в структурному каркасі скла [5]. Такий підхід не міг поясни-

ти особливості в'язкої течії, яка часто описується емпіричною залежністю Фотеля–Фулчера–Тамана: $\eta = \eta_0 \exp A(T - T_0)$. Для більш коректного опису поведінки внутрішнього тертя використовуються дві різні концепції: концепція вільного об'єму та концепція варіаційно–конфігураційної ентропії. Обидві теорії порівнювались Голдштейном, який прийшов до висновку, про те, що поки не існує задовільних співвідношень, які з одного боку використовували б невелику кількість параметрів із певним фізичним змістом, а з другого боку добре описували поведінку матеріалів в широкому температурному інтервалі поблизу T_g . У зв'язку з цим для опису поведінки стекл систем $As - S(Se)$ в околі температури склування нами розглядались феноменологічні реологічні моделі [6] приведені на рис. 4, які побудовані на базі механічних моделей Максвела, Кельвіна-Фойгта та Зеннера. Температурні залежності параметрів цих моделей приведені на рис. 5.

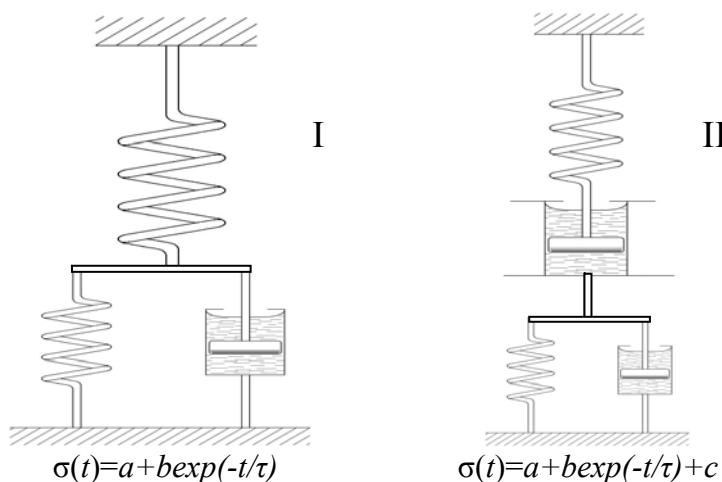


Рис. 4. Реологічні моделі для опису релаксації механічних напружень та деформацій.

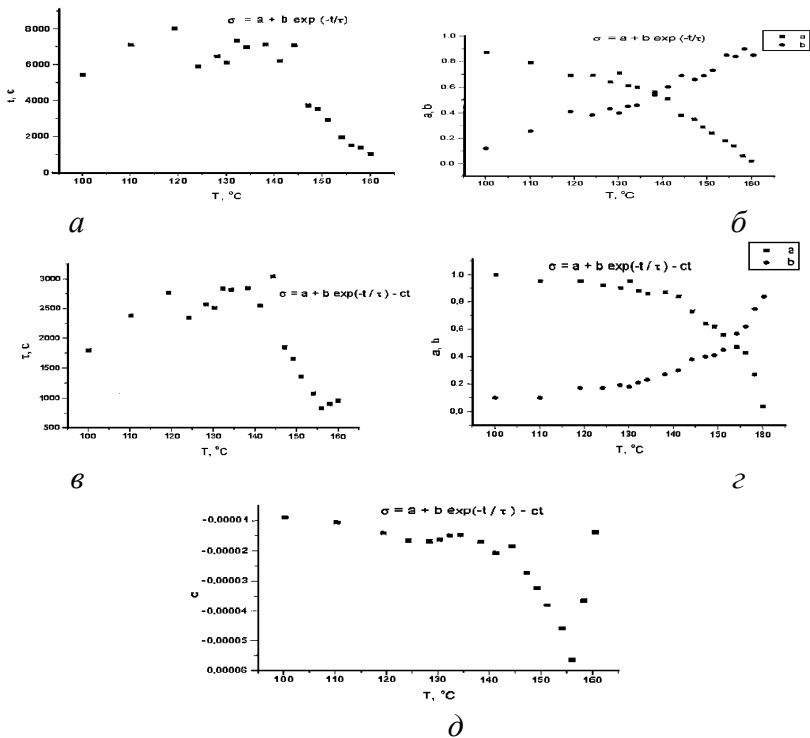


Рис. 5. Температурні залежності часу релаксації τ (а,в) та параметрів a , b (б,з) і c (д) реологічних моделей I (а,б) та II (в,з,д).

ВИСНОВКИ

Як видно із приведених результатів модель II, яка враховує в'язку течію, дає більш плавні температурні залежності параметрів, тому можна вважати, що саме вона придатна для опису і моделювання механічних релаксаційних явищ в системах As-Se. Аналіз даних, приведених на мал. 5, а саме зростання абсолютного значення параметру c , відповідального за в'язку течію, та відношення b/a при наближенні до T_g свідчить про значну роль повзучості і релаксаційної деформації в досліджуваних стеклах при наближенні до температури склування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Биланич В.С., Горват А.А. Высокотемпературный релаксационный переход в халькогенидах мышьяка. Физ. и химия стекла. 1998, том 24, №6 с.825-829.
2. Perez J. Viscoelastic behaviour of anoxid glass.//J. Non. Cryst. Solids, v.44, N 1, 1981, p.113-136.
3. Биланич В.С., Макауз И.И., Мельниченко Т.Д., Ризак И.М., Ризак В.М. Релаксационные процессы в стеклах системы Ge-As-S. Физика твердого тела, 2006, том 48, вып. 11.
4. Горват А.А., Биланич В.С., Габорець В.С. Дослідження низько- та інфранизькочастотних механічних властивостей матеріалів. В зб. Проблеми економічного та соціального розвитку регіону і практика наукового експерименту. Вип. 12. Київ-Ужгород 1996, с. 169-172.
5. Etienne S., Gavaille J.Y., Perez J. Effect of physical ageing on mechanical relaxation of a chalcogenide glass.// Philosophical Journal A., 1985, v.51, N 4, p.35-40.
6. Бартенев Г. М., Френкель С.Я. Физика полимеров / Под ред. д-ра физ.-мат. наук А.М. Ельяшевича. – Л.: Химия, 1990. – 429 с.