

ТЕРМІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ АМОРФНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ $\text{Si}_x\text{-Te}_{100-x}$

Методами диференційно-термічного аналізу досліджувались аморфні сплави системи $\text{Si}_x\text{-Te}_{100-x}$. Згідно з проведеними дослідженнями, спостерігається відмінність аформованої структури при вмісті Si більше і менше 20 ат. %.

By method of differential - thermal analysis were investigated amorphous alloys of a system $\text{Si}_x\text{-Te}_{100-x}$. According to conducted researches the difference of the generated structure for want of amount Si more and less than 20 at. % is observed.

Монокристалічний кремній, як елементна база мікроелектроніки, широко використовується як основа напівпровідникових приладів. Аморфний кремній – перспективний матеріал для виготовлення ряду електронних приладів, в тому числі сонячних елементів [1]. У багатокомпонентних халькогенідних стеклах він підвищує їхню термічну стабільність.

В одному з перших досліджень системи Si-Te [2] вважалося, що існує дітелурид кремнію SiTe_2 з періодами елементарної комірки $a=4,28$ і $c=6,71$ Å (тип CdI_2). Повідомлялося про існування сполуки SiTe [3]. Однак пізніше було встановлено, що єдиною сполукою в системі Si-Te є Si_2Te_3 [4], а сплав складом SiTe складається з непрореагованого Si, Si_2Te_3 , евтектики $\text{Si}_2\text{Te}_3\text{+Te}$. Крім того, ґратка SiTe_2 є лише підґраткою гексагонального Si_2Te_3 з $a=7,429$ і $c=13,471$ Å. Зафіксовано також, що в околі 673 К можливе твердофазне перетворення (поліморфний перехід), а температура плавлення Si_2Te_3 – 1165 К.

У дослідженнях кристалізації аморфних сплавів системи Si-Te виявлено ромбодричну модифікацію Si_2Te_3 (просторова група $P3m1$) [5].

Останні дані підтвердили [6], що єдиною сполукою в системі Si-Te є Si_2Te_3 , з періодами елементарної комірки $a=7,427$ і $c=13,475$ Å, (просторова група $P\bar{3}1c$). Підтверджено поліморфний перехід, однак зафіксувати $\beta\text{-Si}_2\text{Te}_3$, шляхом загартування від температур 873 або 963 К у воді з льодом не вдалося.

Результати експерименту та їх обговорення

Криві диференціально-термічного аналізу (ДТА) аморфних сплавів $\text{Si}_x\text{Te}_{100-x}$ ($x=10, 14, 37, 20, 25$ ат. %), які отримані методом спінінгування розплаву, зняті зі швидкістю нагріву 10 К/хв, наведені на рис. 1. Визначена за ними температура склування T_g складає відповідно 381, 400, 5, 428 і 437,5 К. Отримані значення T_g попадають у діапазон значень, згідно праць [7,8]. У праці [7] аморфні сплави отримувалися охолодженням розплаву зі швидкістю 180 К/с. Згідно з [1], така швидкість досягається при гартуванні 15 мг розплаву в тонкостінній ампулі у воді. У праці [8] вказано, що гартування матеріалів масою 0,5 г здійснювали від температури 1273 К у воду. За таких умов швидкості загартування відрізняються не більше як на порядок. Однак порівняно з T_g досліджених матеріалів ($V_{ox}=10^5$ К/с) наведені в [7] значення менші, а в праці [8] – більші. Фактором, який привів до такої відмінності, може бути різниця температур, від яких велось загартування. Досліджені матеріали загартувалися від температур ліквідусу, а у [8] від 1273 К. Отже, у стеклах міг зафіксуватися інший тип структури.

На відміну від [7,8], концентраційний хід T_g у дослідженому інтервалі нелінійний. Якщо інтервал 10-20 ат. % Si описується лінійним законом

$$T_g(x)=338,1+4,3x, \quad (1)$$

то значення T_g для $\text{Si}_{25}\text{Te}_{75}$ істотно відхиляється від цієї залежності до меншого значення.

Величина T_g для чистого Te (338,1 К) значно більша від визначеної. Отже, при даних концен-

траціях Si існування Те-подібної структури як основної малоймовірно. Зміна ходу концентраційної залежності T_g для $\text{Si}_{25}\text{Te}_{75}$ пов'язана зі зміною хімічної природи релаксуючих структурних одиниць СО і, відповідно, зі зміною типу атомного впорядкування.

Окрім сплаву складом $\text{Si}_{20}\text{Te}_{80}$, кристалізація відбувається у дві стадії. Двостадійність при $x < 20$ ат. % Si спостерігалася й у праці [7], однак у сплавах з $x \geq 20$ ат. % Si кристалізація проходила в одну стадію. У праці [9] сплав $\text{Si}_{20}\text{Te}_{80}$ кристалізувався в одну стадію, а одностадійність починається при $x \geq 21$ ат. % Si.

За даними [10] (загартування у рідкий азот), кристалізаційний процес при $x < 20$ ат. % Si – двостадійний, а при $x \geq 20$ – одностадійний, як і у [5], що зайвий раз підтверджує залежність властивостей структури аморфних матеріалів від режимів їх отримання.

Температури першого кристалізаційного процесу для сплавів з 10, 14,37 і 20 ат. % Si дорівнюють (по початку екзоефекту) 417, 472 і 547 К, а визначені за максимумом описуються лінійно:

$$T_{k1}(x) = 298 + 14,3x. \quad (2)$$

Отримані дані задовільно узгоджуються з наведеними в працях [7, 8].

Температуру другого екзоефекту можна вважати незмінною, однак вона дещо зменшується зі збільшенням вмісту Si. Величини, визначені за початком екзоефекту, дорівнюють 554, 553, 547 К, а по максимуму 586,5, 585, 584 К. Кристалізаційні процеси в $\text{Si}_{25}\text{Te}_{75}$ відбуваються при $T_{k1} = 546$ (583) К і $T_{k2} = 605$ (628) К. Значення T_{k1} для $\text{Si}_{25}\text{Te}_{75}$ лягає на пряму концентраційної залежності T_{k2} для інтервалу 10 за початком ефекту, продовжує лінійний хід T_{k1} інтервалу 10÷20 ат. % Si. Однак значення T_{k2} , визначене за максимумом (628 К), відхиляється в менший бік від залежності (2).

Висновки

Можна вважати, що при збільшенні вмісту Si термічна стабільність зростає. При $x < 20$ ат. % Si телуруподібний тип упорядкування неєдиний. Крім того, при $x = 20$ тип ближнього порядку змінюється. Подальші дослідження з використанням системних методик значно підвищують реальність використання досліджуваних систем в приладобудуванні.

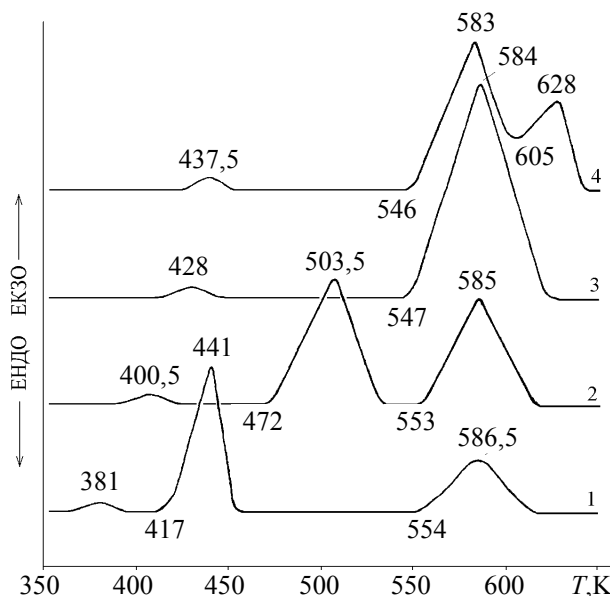


Рис. 1. Криві ДТА аморфних сплавів $\text{Si}_x\text{Te}_{100-x}$: 10 (1), 14,37 (2), 20 (3), 25 ат. % Si (4)

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Меден Шо. Физика и применение аморфных полупроводников. – М.: Мир, 1991.
2. Weiss A., Weiss A. Über Silikum Chalkogenide. Zur Kenntnis von Silikum Ditolurid // Z. Naturforsch. B. – 1953. – 8, No.2. – S. 104.
3. Smirous k., Stourac L., Bednar J. Semiconductor compound SiTe // Czech. J. Phys. – 1957. – 7, No. 1. – P.120-122.
4. Bailey L.G. Preparation and properties of Silikon Telluride // J. Phys. and Chem. Solids. – 1966. – 27, No. 10. – P.1593-1596.
5. Gaver M.K., Dezsi I., Gonser U., Landouche G. and Ruppertsberg I. The crystallisation of amorphous $\text{Si}_x\text{Te}_{1-x}$ // J. Non-Cryst. Sol. – 1989. – No. 109. – P.247-254.
6. Один И.Н., Иванов В.А. Р_{общ}-T_x диаграмма состояния системы SiTe // ЖНХ. – 1991. – 36, №5. – С.1314-1319.
7. Cornet J. The eutectic law for binary Te – based systems: Correlation between glass formation and the eutectic composition / Structure and properties of noncrystalline semiconductors. – Ленинград: Наука, 1976. – P.72-77.
8. Norban B., Pershing D., Enzweiler R.N. Coordination-number-induced morphological structural transition in a network glass // Phys. Rev. B. – 1987. – 36, – No. 15. – P.8109-8114.
9. Физика тонких пленок / Под ред. Дж. Хаса. – М.: Мир, 1977. Т. 7.
10. Алтунян С.А., Минаев В.С., Минаджинов М.С., Скачков Б.К. Стеклообразование в системе Si-Te и диодные переключающие структуры с "памятью" на основе полупроводникового стекла в этой же системе // ФТП. – 1970. – 4, №11. – С. 2214-2214.