

## КИНЕТИКА ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА АМОРФНОЕ СОСТОЯНИЕ — ПОЛИКРИСТАЛЛ В ПЛЕНКАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

В. Н. Залива, В. П. Захаров

Изучение фазового перехода (ФП) аморфное состояние — поликристалл в твердых телах весьма актуально в связи с исследованиями эффектов переключения и "памяти" [ 1,2 ] в аморфных полупроводниках. В частности, для того, чтобы установить, может ли эффект обратимого переключения быть обусловлен этим ФП [ 3,4 ], необходимы исследования кинетики последнего.

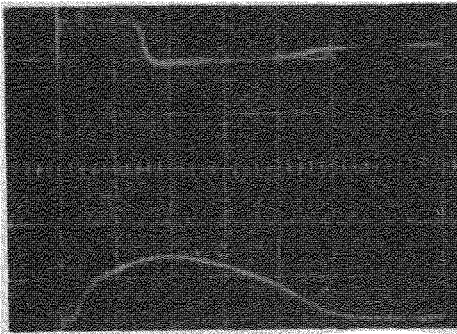


Рис. 1. Изменение проходящих через пленку аморфного GeTe СВЧ сигнала (вверху) и светового потока (внизу) при фазовом переходе аморфного состояния — поликристалл. Развертка 200 мксек/дел

В настоящей работе исследовалась кинетика ФП аморфное состояние — поликристалл в аморфных пленках GeTe толщиной  $10^{-5}$  см, полученных термическим напылением в вакууме. В таких пленках GeTe авторами наблюдались также эффекты переключения и "памяти". Для того, чтобы исследовать указанный ФП в условиях, приближенных к тем, в которых происходят эти явления, он стимулировался разогревом пленок мощным световым импульсом [ 5 ] со скоростью  $10^6$  град/сек, соответствующей, как показали исследования, скорости разогрева током аморфного вещества при переключении с "памятью" в идентичных пленках GeTe. Источником излучения служила импульсная газоразрядная лампа, спектр излучения которой лежал в интервале длин волн 0,2 — 0,8 мкм.

Вследствие генерации светом свободных носителей, ФП происходил при повышенной их концентрации ( как эффект переключения, в случае которого носители инжектируются из контактов), что может быть существенным для кинетики ФП аморфное состояние — поликристалл [ 5,6 ].

Кинетика ФП наблюдалась сверхвысокочастотным (СВЧ) бесконтактным методом [ 7 ] по изменениям удельной проводимости ( $\sigma$ ) вещества, являющейся одним из наиболее структурно-чувствительных параметров твердых тел. Пленки облучались импульсом света в вакуумированном волноводе, причем изменения  $\sigma$  наблюдались по изменениям поглощаемой пленками мощности СВЧ волны малой амплитуды, распространяющейся через этот волновод.

На рис. 1 (вверху) приведена осциллограмма, характеризующая изменение СВЧ поглощения пленкой аморфного GeTe во время ее облучения мощным световым импульсом газоразрядной лампы: (нижняя осциллограмма – изменение во времени прошедшего через пленку светового потока). Как видно из рисунка, ФП начинается на определенной стадии разогрева аморфного GeTe и происходит за 100 мксек.

При этом  $\sigma$  вещества необратимо возрастает на несколько порядков.

Электронномикроскопические и электронографические исследования показали, что после облучения пленка имела поликристаллическую структуру: средний размер выросших в веществе кристаллитов составлял  $10^{-3}$  см (размер области корреляции в исходном аморфном веществе был порядка  $10^{-7}$  см). Повторные облучения не изменяли структуры поликристаллических пленок.

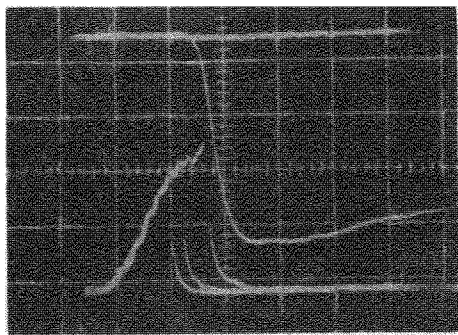


Рис. 2. То же, что на рис. 1 для трех световых импульсов различной длительности. Развертка 200 мксек/дел

ФП аморфное состояние – поликристалл мог стимулироваться световыми импульсами, интенсивность и длительность ( $\tau$ ) которых превышала некоторые пороговые величины. На рис. 2 представлены аналогичные приведенной на рис. 1 осциллограммы, полученные при облучении аморфной пленки GeTe тремя импульсами света с возрастающей  $\tau$ . Первый и второй импульсы не вызвали заметных изменений  $\sigma$ . ФП стимулировали третьим импульсом с  $\tau = 350$  мксек. Импульсы с меньшей  $\tau$  даже при значительном увеличении их интенсивности не стимулировали ФП аморфное состояние – поликристалл в аморфных пленках GeTe, а могли лишь расплавить и испарить эти пленки. При  $\tau > 350$  мксек ФП происходил при некоторой пороговой интенсивности светового импульса, соответствующей разогреву аморфного GeTe до  $150^\circ\text{C}$ , как показало сравнение подобных осциллограмм с измеренной аналогичным СВЧ методом температурной зависимостью  $\sigma$  аморфных пленок GeTe. Это соответствует температуре аналогичного ФП в аморфных пленках GeTe, стимулируемого термически [8]. Характерно также, что, как видно из рис. 2, ФП продолжался после спада интенсивности светового излучения и поддерживался вероятно, энергией, выделяемой в процессе ФП.

Подобным образом ФП аморфное состояние – поликристалл происходил в пленках других веществ – например, Ge и C [7]. Этот ФП происходил также при разогреве аморфных пленок Ge на металлической сетке, через которую пропускался импульс тока.

Описанным СВЧ методом наблюдались и ФП, связанные с появлением жидкой фазы. Например, при облучении аморфных пленок Ge световым импульсом достаточной интенсивности после фазового перехода аморфное состояние – поликристалл наблюдалось появление жидкой фазы. Это проявлялось в характерном двустадийном изменении  $\sigma$  пленки (рис. 3).

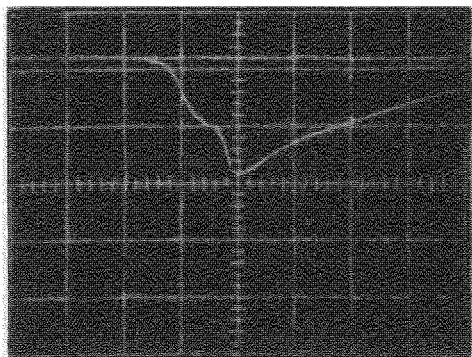


Рис. 3. Изменение СВЧ сигнала, проходящего через аморфную пленку Ge при фазовых переходах аморфное состояние – поликристалл – жидкая фаза. Развертка 100 мксек/дел

Приведенные выше результаты для GeTe позволяют приблизительно определить скорость распространения фронта фазового превращения, которая оказалась в данных условиях порядка 10 см/сек.

Переключение с "памятью" в идентичных пленках GeTe наблюдались при  $\tau$  электрического импульса порядка  $10^{-4}$  сек и более. При этом в аморфном веществе между электродами возникала поликристаллическая проводящая нить шириной порядка  $10^{-2}$  см, состоящая из кристаллитов размером около  $10^{-3}$  см. Этот эффект и кинетика ФП аморфное состояние – поликристалл наблюдались в идентичных образцах в условиях повышенной концентрации свободных носителей и при соизмеримой скорости разогрева вещества, т.е. в весьма близких условиях. Поэтому можно предположить, что скорости роста кристаллитов в обоих случаях были одного порядка. Тогда время роста кристаллитов, составляющих поликристаллическую нить "памяти" до соприкосновения их границ должно быть порядка  $10^{-4}$  сек, что соответствует минимальной  $\tau$  электрического импульса, при которой происходит переключение с "памятью". Однако такой ФП не может, очевидно, вызвать эффект обратимого переключения, длительность которого порядка  $10^{-10}$  сек [2].

Совпадение температур ФП аморфное состояние – поликристалл в GeTe, стимулированных термически и световым облучением свидетельствует о том, что избыточная концентрация свободных носителей, генерируемых светом, существенно не изменяет условий этого ФП.

Поступила в редакцию  
19 ноября 1971 г.

#### Литература

- [1] Б.Т. Коломиец, Э.А. Лебедев. Радиотехника и электроника, 8, 2097, 1963.  
[2] S.R. Ovshinsky. Phys. Rev. Lett., 21, 1450, 1968.

- [3] A.D.Pearson. *J. Non-Crystal. Sol.*, 2, 1, 1970.
- [4] H.J.Stocker. *J. Non-Crystal. Sol.*, 2, 371, 1970.
- [5] В.П.Захаров, Ю.А.Цвирко, В.Н.Чугаев. ДАН СССР, 170, 1056, 1966.
- [6] J.Feinleib. *J. de Neufille, S.C.Moss, S.R.Ovshinsky. Appl. Phys. Lett.*, 18, 254, 1971.
- [7] В.И.Залива, В.П.Захаров, Ю.М.Польский. Неорганические материалы, 7, 1702, 1971.
- [8] K.L.Чопра, S.K.Вahl. *J. Appl. Phys.*, 40, 4171, 1969. '
-