

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА РАЗУПОРЯДОЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕТРАЭДРИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ПРИ ЗАКАЛКЕ ИЗ РАСПЛАВА

В.И. Ларчев, Н.Н. Мельник, С.В. Попова, Г.Г. Скроская, О.Н. Таленский

УДК 539.89:539.213

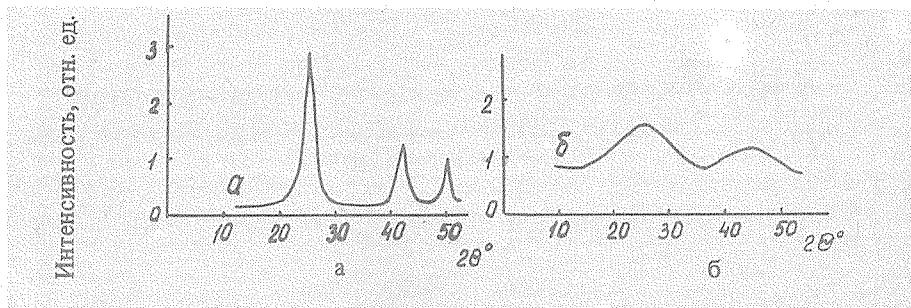
Показано, что в процессе закалки расплава ряда тетраэдрических полупроводников при высоком давлении происходит существенное разупорядочение их структуры и образование фаз, подобных аморфным фазам в тонких пленках соответствующих соединений.

Тетраэдрические полупроводники (кремний, германий и их изоэлектронные аналоги — соединения типа $A^{III}B^V$ и $A^{II}B^{VI}$) получают в аморфном состоянии только при напылении на подложку /1/. Расплавы этих веществ имеют металлический тип межатомных связей и структуру ближнего порядка, подобную примитивному кубу.

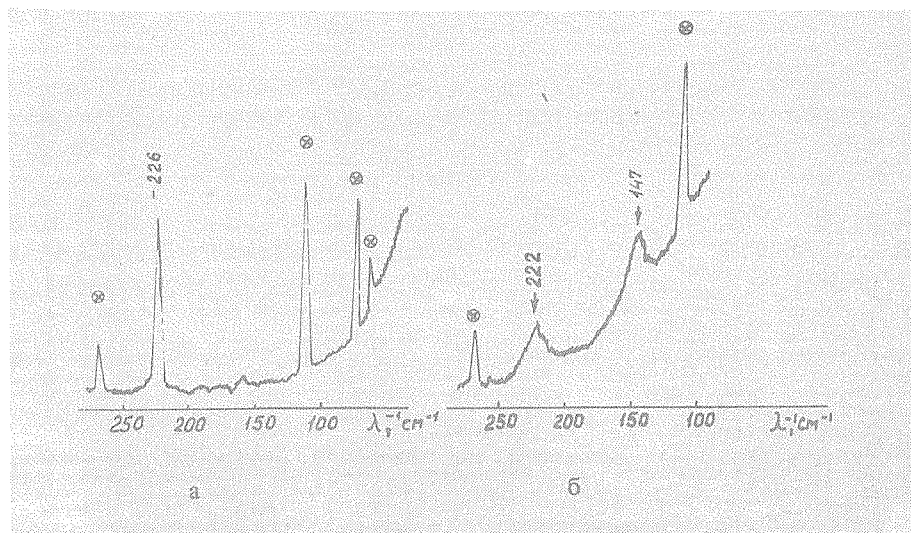
В условиях высоких давлений элементы и соединения этого класса испытывают обратимые фазовые переходы типа полупроводник — металл /2/. В области устойчивости полупроводниковых фаз металлический расплав обладает более высокой плотностью, чем твердая фаза. При сжатии возможно увеличение температурного интервала переохлаждения жидкости, что, в сочетании с возрастанием вязкости /3/, может приводить к образованию стекла в процессе быстрой закалки из расплава.

В работе исследованы образцы тетраэдрических полупроводников Si, Ge, InSb, GaSb, ZnSe, полученных закалкой из расплава со скоростью 10^2 — 10^3 °C/с при различных давлениях от 20 до 92 кбар. Эксперименты проводились на камере типа тороид /4/, отградуированной при комнатной температуре по фазовым переходам в Bi (25,5; 26,9; 77 кбар) и Sn (92 кбар). Изучение структуры проводилось на дифрактометре ДРОН-2 (фильтрованное медное излучение) в проходящих лучах. Спектры комбинационного рассеяния света регистрировались на модифицированном приборе ДФС-24; источником возбуждения служил аргоновый лазер (линия 5145 Å).

В образцах кремния и германия, полученных закалкой из расплава, наблюдалось небольшое увеличение ширины пиков, соответствующих отражениям на большие углы.



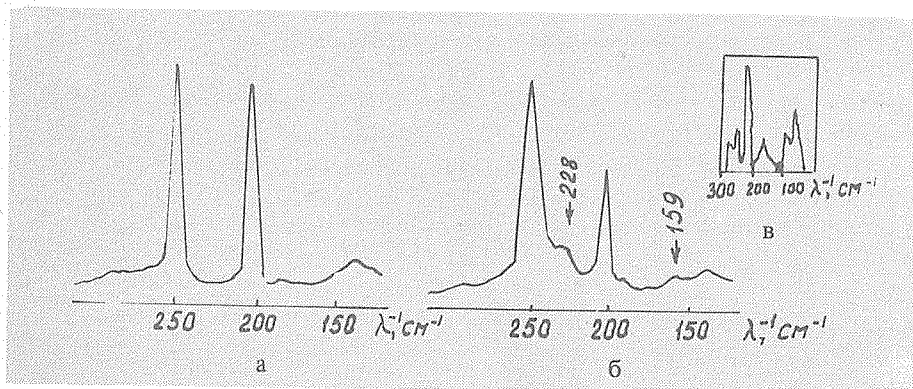
Р и с. 1. Дифрактограммы GaSb в проходящих лучах: исходный кристаллический GaSb (а); образец, полученный закалкой из расплава при $P = 90$ кбар (б).



Р и с. 2. Спектры комбинационного рассеяния света GaSb: монокристаллический GaSb (а); образец, полученный закалкой из расплава при $P = 77$ кбар (б), стрелками указаны новые полосы в спектре.

Закалка из расплава соединений InSb и GaSb приводит к существенному разупорядочению структуры получаемых образцов. В ряде случаев на дифрактограммах образцов присутствуют только два диффузных максимума (рис. 1) с координатами, близкими к тем, которые известны для аморфных пленок, полученных напылением на подложку [5].

Сходство структуры закаленных под давлением образцов со структурой напыленных пленок подтверждается также спектрами комбинационного рассеяния света (КРС). На рис. 2 приведены спектры КРС, полученные в геометрии на отражение от монокристалла GaSb (рис. 2а) и образца, полученного закалкой из расплава (рис. 2б). Две новые полосы, возникающие в спектре, хорошо согласуются с максимумами в спектре КРС аморфных пленок GaSb /6/. Плотность разупорядоченных образцов GaSb, измеренная гидростатическим взвешиванием, равна $5,63 \pm 0,04 \text{ г/см}^3$ и практически совпадает с плотностью монокристалла и аморфной пленки /5/.



Р и с. 3. Спектры комбинационного рассеяния света ZnSe: монокристаллический ZnSe (а); образец, полученный закалкой из расплава при $P = 77$ кбар (б), стрелками указаны новые полосы в спектре; плотность фонных состояний ZnSe по данным работы /9/ (в).

Образцы, полученные закалкой из расплава ZnSe, согласно рентгенографическим данным, обладают упорядоченной структурой, однако их спектры КРС имеют ряд особенностей: уширение и сдвиг в низкочастотную область полос первого порядка 252 (LO) и 205 см^{-1} (TO), а также наличие новых полос 228 и 159 см^{-1} , интенсивность которых не изменяется при охлаждении образца вплоть до температуры жидкого гелия. Как известно /7/, для аморфного вещества интенсивность спектра КРС пропорциональна плотности фонных состояний соответствующей кристаллической фазы. Частоты наблюдаемых в спектре ZnSe новых полос хорошо согласуются с пиками плотности фонных состояний монокристалла ZnSe (рис. 3в) /8/. Можно предположить, что в процессе закалки из расплава под давлением получают аморфную и мелкодисперсную фазы. Высокая дисперсность приводит к уширению и сдвигу полос первого порядка, а аморфная фаза вызывает появление новых полос.

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о том, что давление приводит к существенному разупорядочению тетраэдрических полупроводников при закалке из расплава. Однако ближний порядок закаленных фаз подобен ближнему порядку в аморфных пленках соответствующих соединений, а не ближнему порядку в жидкости.

Поступила в редакцию 25 июля 1984 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аморфные полупроводники, под ред. М. Бродски, Мир, М., 1982.
2. We r r i l l L.J. Phys. Chem. Ref. Data, 6, 1205 (1977).
3. B r e d g m a n P.W. Proc. Am. Acad. Arts. Sci. 62, 187 (1927).
4. K h v o s t a n s e v L.G. et al. High Tempr. – High Pressures, 9, 637 (1977).
5. S h e v c h i k N.J., P a u l W. J. Non – Cryst. Solids 13, 1 (1973/74).
6. K r a l a c h T.N. et al. Solid State Communs., 45, 895 (1983).
7. К а р д о н а М. Рассеяние света в твердых телах, М., Мир, 1979, с. 239.
8. К у н с К. Phys. Stat. Sol. (b), 72, 229 (1975).