

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ  
И АСТРОНОМИИ И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ  
АКАДЕМИИ НАУК СССР**

**(23—24 апреля 1986 г.)**

23 и 24 апреля 1986 г. в Институте физических проблем им. С. И. Вавилова АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

*23 апреля*

1. И. В. Александров, А. Ф. Гончаров, А. Н. Зисман, И. Н. Макаренко, С. М. Стишов. Исследования щелочно-галогидных кристаллов и благородных газов при сверхвысоких давлениях (управления состояния, фазовые переходы, металлизация).

2. И. Т. Белаш, В. Ф. Дегтярева, Е. Г. Понятовский. Новые фазы типа Юм-Розери — сверхпроводники, полученные при высоких давлениях.

3. В. В. Бражкин, В. И. Ларчев, С. В. Попова, Г. Г. Скродкая. Металлические стекла и аморфные полупроводники, полученные закалкой из расплава при высоком давлении.

4. В. Е. Антонов, И. Т. Белаш, Е. Г. Понятовский. Гидриды: исследования при высоких давлениях водорода.

*24 апреля*

5. В. Н. Гаврин, Е. А. Гаврюсева, Г. Т. Зацепин. Современное состояние и перспективы нейтринной астрономии Солнца.

6. А. А. Рузмайкин. Магнитные поля на Солнце.

7. М. Б. Волошин, М. И. Высоцкий, Л. Б. Окунь. Возможные электромагнитные свойства нейтрино и вариации потока солнечных нейтрино.

Краткое содержание пяти докладов публикуется ниже.

621.315.592(048)

**В. В. Бражкин, В. И. Ларчев, С. В. Попова, Г. Г. Скроцкая.** Металлические стекла и аморфные полупроводники, полученные закалкой из расплава при высоком давлении. Интерес к изучению аморфных материалов при высоком давлении привел в настоящее время к обширным исследованиям их свойств (электропроводности, сверхпроводимости, фазовых переходов и др.) с помощью всего арсенала экспериментальных методов, развитых ранее для кристаллических веществ. Наряду с этим, в последние годы было показано, что давление может быть использовано и как метод получения аморфных материалов. Одним из этих методов является метод закалки из расплава при постоянном давлении до 10 ГПа со скоростью охлаждения  $10^2$ — $10^4$  К/с.

Анализ процессов зарождения и роста кристаллов в переохлажденном расплаве свидетельствует о существенном влиянии давления на оба эти процесса. Количественные оценки могут быть сделаны в приближении гомогенного зарождения для элементарных металлов и полупроводников с использованием известных данных о термодинамических величинах, характеризующих плавление и их производных по давлению, а также модельных представлений о барических зависимостях для энергий активации зародышеобразования и роста кристаллов. Для веществ, имеющих положительный скачок объема при плавлении, скорость гомогенного зародышеобразования при малых давлениях (до 50 кбар) может как возрастать, так и уменьшаться на 1—2 порядка (в  $10$ — $10^2$  раз). При достаточно больших давлениях (100—150 кбар) должно происходить уменьшение скорости зарождения на 3—5 порядков. Скорость роста кристаллов уменьшается во всем диапазоне давлений и при  $P = 50$  кбар это уменьшение составляет 1—4 порядка от скорости роста при атмосферном давлении. Максимумы функций скорости зарождения и роста кристаллов смещаются в область меньших переохлаждений. В результате, критическая скорость охлаждения, необходимая для получения аморфного состояния под давлением до 50 кбар может как уменьшаться, так и возрастать, а при больших давлениях ~150 кбар должна уменьшаться на 3—7 порядков. Для веществ с отрицательным скачком объема при плавлении скорость зарождения и скорость роста, по-видимому, уменьшаются с давлением, причем масштаб изменения скорости роста меньше, чем в первом случае. Последовательный анализ влияния давления на процессы зарождения и роста кристаллов значительно осложняется, если учесть возможность фазовых переходов в твердом или жидком состоянии.

Экспериментально исследовано влияние давления на быструю закалку сплавов медь — олово. Показано, что в определенной области составов (12—17 % ат. олова) образуются рентгеноаморфные сплавы <sup>1</sup>. Структура ближнего порядка этих сплавов может быть с равной вероятностью описана как на основе микроструктурной модели ГПУ, так и на основе хаотической плотной упаковки твердых сфер. При атмосферном давлении металлические стекла в этой системе могут быть получены из расплава со скоростями охлаждения  $10^{10}$  К/с <sup>2</sup>, тогда как под давлением 50 ГПа соответствующие скорости охлаждения составляют всего  $2 \cdot 10^3$  К/с.

На рис. 1 представлена функция радиального распределения атомов сплава  $\text{Cu}_{0,85}\text{Sn}_{0,15}$ , полученного закалкой из расплава под давлением. Там же приведены для сравнения взятые из работы <sup>3</sup> функции радиального распределения аморфных пленок разных составов, полученных напылением.

Используя высокие давления, впервые удалось получить закалкой из расплава объемные аморфные образцы соединений  $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$  (антимонида галлия) <sup>4</sup>, которые в обычных условиях известны только в виде тонких напыленных пленок. Рентгенографические и оптические (спектры комбинационного рассеяния света) исследования аморфного антимонида галлия свидетельствуют о сходстве структуры закаленных образцов с тонкими аморфными пленками. Этот результат позволяет предположить, что образование аморфных

тетраэдрических фаз под давлением происходит путем закалки металлического стекла при охлаждении расплава в изобарических условиях с последующим переходом металлического стекла в аморфную полупроводниковую фазу при снижении давления.

При атмосферном давлении аморфный антимонид галлия кристаллизуется при 445 К с выделением тепла  $8,7 \pm 0,4$  кДж/моль<sup>5</sup>. Варьируя условия закалки из расплава, можно получать образцы с различным содержанием аморфной фазы  $0 \leq x \leq 1$ . Количественное определение параметра  $x$

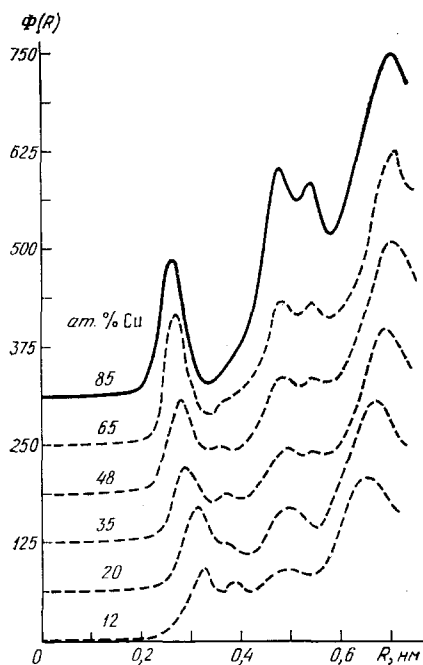


Рис. 1. Функции радиального распределения атомов аморфных сплавов медь — олово, полученных напылением (штриховая линия), по данным работы<sup>3</sup>, и сплава  $\text{Cu}_{0,85}\text{Sn}_{0,15}$  (сплошная линия), полученного закалкой из расплава при давлении 5 ГПа

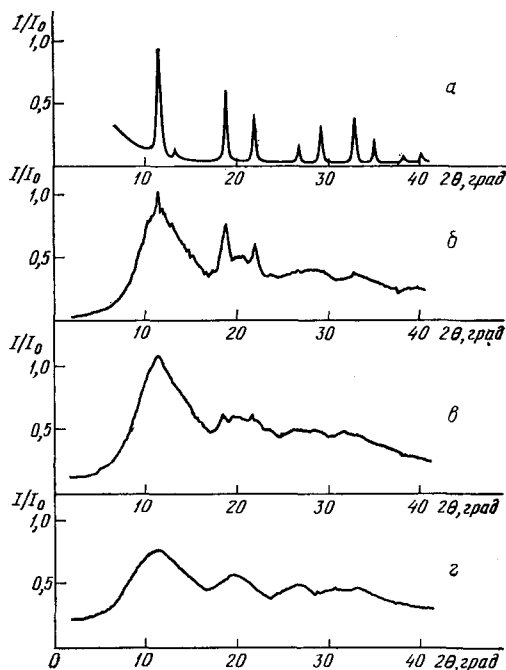


Рис. 2. Изменение дифракционной картины при возрастании содержания аморфной фазы  $x$  в антимониде галлия, полученном закалкой из расплава при давлении 9 ГПа.

$x = 0$  (а), 0,36 (б), 0,7 (в) и 1,0 (г)

может быть проведено по относительным величинам теплот кристаллизации. На рис. 2 представлено изменение дифракционной картины образцов с различным содержанием аморфной фазы.

При возрастании содержания аморфной фазы в системе  $(\alpha \text{ GaSb})_x$  ( $\text{кр GaSb}$ )<sub>1-x</sub> происходит переход металл—изолятор, вызванный разупорядочением кристаллической структуры (роль параметра порядка играет содержание аморфной фазы  $x$ ), который может быть описан в рамках масштабной теории<sup>6</sup>.

Полученные теоретические и экспериментальные результаты свидетельствуют о существенном влиянии давления на кинетику и термодинамику затвердевания переохлажденных расплавов и перспективности использования этого метода для получения металлических стекол и аморфных полупроводников.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бражкин В. В., Попова С. В. // Металлофизика. 1985. Т. 7, С. 103—104.
2. Мирошников И. С. Закалка из жидкого состояния. — М.: Наука, 1982. — С. 168.

3. Z e i t z H. // Zs. Phys. Kl. B. 1980. Bd 40. S. 65.
4. Л а р ч е в В. И., М е л ь н и к Н. Н., П о п о в а С. В., С к р о ц к а я Г. Г., Т а л е н с к и й О. Н. Кр. сообщ. физ., ФИАН СССР. 1985. № 1. С. 7.
5. A l e k s a n d r o v a M. M., B l a n k V. D., L a r c h e v V. I., P o r o v a S. V. S k t o r s k a y a G. G. // Phys. Stat. Sol. Ser. b. 1985. V. 91. P. K5.
6. А л е к с а н д р о в а М. М., Д е м и ш е в С. В., К о с и ч к и н Ю. В., Л а р ч е в В. И., П о п о в а С. В., С к р о ц к а я Г. Г. // Письма ЖЭТФ. 1986. Т. 43. С. 182.