

Общий вид любого из описанных спектров ФП и его особенности сохраняются при поляризациях света $\vec{E} \perp \vec{a}$ и $\vec{E} \parallel \vec{a}$ в режиме стационарной ФП и при измерениях с прерыванием светового потока (с частотой 312 Гц). При $\vec{E} \perp \vec{a}$ отноительная фоточувствительность образцов в высокозэнергетической части спектра выше по сравнению с поляризацией $\vec{E} \parallel \vec{a}$ (рис. 1 и 2). В спектрах ФП ряда кристаллов проявляются одновременно собственная и обе примесные полосы (рис. 1, кривая 3), что свидетельствует о наличии в этих образцах обоих типов фоточувствительных центров.

С повышением температуры от 80 К наблюдали уменьшение величины фототока. Температурное гашение ФП имеет экспоненциальный характер (рис. 2, графики 7—9), что характерно для фотопроводников с чувствующими акцепторными центрами [3]. По наклону прямых в координатах $\lg I_\Phi - (10^3/T)$ определили энергетическое положение таких центров по формуле $E_a = 2,3 \cdot 10^3 k \frac{\Delta(\lg I_\Phi)}{\Delta(10^3/T)}$, где E_a — энергетическое расстояние от уровня чувствующих центров до потолка валентной зоны, I_Φ — величина фототока, k — постоянная Больцмана. В кристаллах InSbS₃ обнаруживаются три типа чувствующих центров со значениями $E_a = 0,05\text{--}0,06$, $0,15\text{--}0,17$ и $0,1$ эВ. Наличие двух линейных участков на зависимости $\lg I_\Phi = f(10^3/T)$ для некоторых образцов (рис. 2, кривая 8) можно объяснить тем, что последние содержат два типа чувствующих центров с концентрациями n_1 и n_2 , причем выполняются соотношения $n_1 \gg n_2$ и $E_{a1} < E_{a2}$.

Время релаксации ФП при возбуждении импульсным лазером ЛГИ-21 ($\lambda = 337$ нм), составляет менее $5 \cdot 10^{-6}$ с в интервале температур 80—300 К.

Таким образом, иодидным транспортом выращены монокристаллы слоистого соединения InSbS₃, кристаллизующегося в ромбической решетке. Определено значение ширины запрещенной зоны. Показано, что полученные этим методом образцы содержат два типа фоточувствительных и три типа чувствующих центров. Установлено энергетическое положение (в запрещенной зоне) последних.

Описок литературы

- Гулиев Т. Н., Рустамов П. Г., Синечек В., Магеррамов Э. В. Синтез, получение монокристаллов и изучение свойств соединений InSbSe₃ и InSbS₃ // Изв. АН СССР. Неорг. материалы. 1977. Т. 13. № 4. С. 630—634.
- Уханов Ю. И. Оптические свойства полупроводников. М.: Наука, 1977.
- Бьюб Р. Фотопроводимость твердых тел. М.: Изд-во иностр. лит., 1962.

Институт прикладной физики
Академии наук МССР

Поступила в редакцию
18.III.1988

УДК 519.213

© 1990 г.

Колинько С. А., Иваницкий В. П., Рубиш И. Д.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ АМОРФНЫХ ПЛЕНОК СИСТЕМЫ As — Se

Дифракционное исследование некристаллических веществ с последующим Фурье-преобразованием интенсивности дифрагированного излучения является одним из наиболее распространенных прямых методов изучения их структуры. При этом значения определяемых структурных параметров непосредственно связаны со значением плотности исследуемых образцов [1, 2]. Кроме того, плотность является важной характеристикой, отражающей степень соответствия предлагаемых моделей реальной структуре неупорядоченных веществ [3]. Поэтому наличие точных данных о плотности некристаллических объектов является необходимым условием для достоверных исследований их структуры.

Измерение плотности массивных твердых тел не вызывает затруднений, и результаты таких измерений широко представлены в научной литературе. В то же время для тонких аморфных пленок данные о плотности весьма ограничены [4, 5]. В большинстве случаев при определении параметров ближнего порядка предполагают, что плотность аморфных пленок или равна плотности соответствующего стекла [2], или на 10—15% меньше плотности соответствующего кристалла [6]. Однако правомерность таких предположений в каждом конкретном случае должна подтверждаться экспериментально. С этой целью провели прямые измерения плотности ρ аморфных пленок As_xSe_{1-x} ($0,1 \leq x \leq 0,55$), для чего были определены их массы m , площади S и толщины d , с последующими вычислениями по формуле $\rho = m/Sd$.

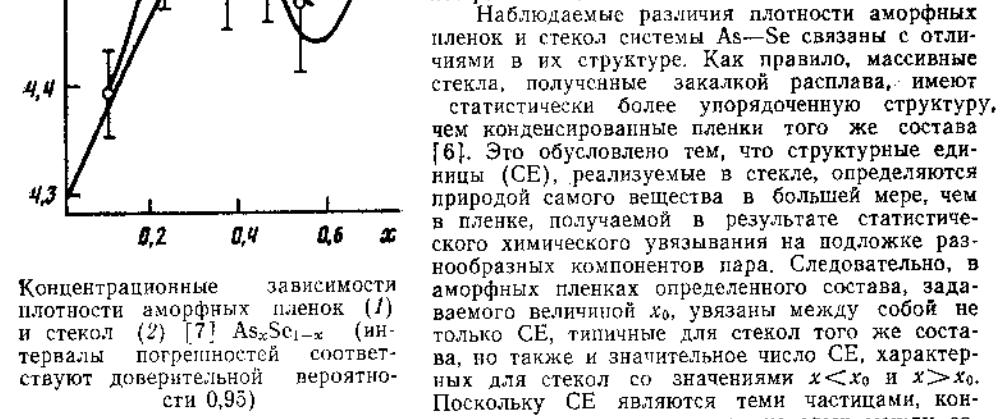
Тонкие аморфные пленки напыляли на подложки из кварцевого стекла методом дискретного термического испарения при давлении остаточных газов в вакуумной камере $6 \cdot 10^{-5}$ Па. Скорость конденсации пленок составляла 40—60 Å/с. В качестве испаряемого материала использовали прокалибранный по размерам частиц порошок со-

ответствующих стекол. Применение массивного держателя подложек и специального теплового экрана уменьшало неконтролируемое нагревание подложек при напылении. Однородность толщины пленок по площади обеспечивали геометрией размещения испарителя и подложек, а также вращением последних. Поверхность подложек перед проведением экспериментов тщательно очищали химическими методами.

Массу пленки находили как разность масс подложки с пленкой и чистой подложкой, измеренных с абсолютной погрешностью $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ г на рычажных весах ВЛР-20. Площадь пленок определяли компаратором, а толщину — с помощью микроскопа МИИ-4 (абсолютная погрешность измерения $\pm 0,02$ мкм). Химический состав пленок контролировали рентгеноспектральным методом на электронном микроскопе ЭММА-4 с точностью ± 1 ат. %. Все эксперименты, включая и напыление, для каждого из составов проводили не менее трех раз.

Результаты измерений приведены на рисунке совместно с обобщенными в [7] данными о плотности массивных стекол системы As—Se, полученными разными исследователями. Из рисунка видно, что с учетом погрешности наших измерений плотности стекол и аморфных пленок системы As—Se для большинства составов совпадают, а зависимость плотности пленок от состава, так же как и для стекол в области $0 \leq x \leq 0,55$, имеет максимум. Однако максимум в случаях аморфных пленок смешен в сторону меньших значений x , равных 0,25—0,30 (для стекол 0,37—0,40), а сам пик более размытый.

Наблюдаемые различия плотности аморфных пленок и стекол системы As—Se связаны с отличиями в их структуре. Как правило, массивные стекла, полученные закалкой расплава, имеют статистически более упорядоченную структуру, чем конденсированные пленки того же состава [6]. Это обусловлено тем, что структурные единицы (СЕ), реализуемые в стекле, определяются природой самого вещества в большей мере, чем в пленке, получаемой в результате статистического химического увязывания на подложке разнообразных компонентов пара. Следовательно, в аморфных пленках определенного состава, задаваемого величиной x_0 , увязаны между собой не только СЕ, типичные для стекол того же состава, но также и значительное число СЕ, характерных для стекол со значениями $x < x_0$ и $x > x_0$. Поскольку СЕ являются теми частицами, концентрация и характер связи которых между со-



Концентрационные зависимости плотности аморфных пленок (1) и стекол (2) [7] As_xSe_{1-x} (интервалы погрешностей соответствуют доверительной вероятности 0,95)

бой непосредственно определяют плотность твердых веществ, то отмеченные выше различия зависимостей плотности стекол и аморфных пленок системы As—Se от состава как раз и обусловлены присутствием в пленках более широкого спектра различных СЕ в сравнении с соответствующими стеклами. Для более детального изучения этого вопроса необходимо провести исследование различий статистических распределений СЕ в аморфных пленках и стеклах системы As—Se.

Таким образом, плотности аморфных пленок и стекол системы As—Se в зависимости от состава могут как отличаться, так и быть довольно близкими по величине, что в конечном итоге отражает степень различия их структур.

Описок литературы

1. Татаринова Л. И. Структура твердых аморфных и жидкких веществ. М.: Наука, 1983. 152 с.
2. Скрышевский А. Ф. Структурный анализ жидкостей и аморфных тел. М.: Высш. шк., 1980. 328 с.
3. Wright A. C. Basic amorphography. Conf. and Energy Trans. for glasses Proc. JATO workshop. N. Y., L. 1984. P. 1—44.
4. Захаров В. П., Герасименко В. С. Структурные особенности полупроводников в аморфном состоянии. Киев: Наук. думка, 1976. 280 с.
5. Комник Ю. Ф. Физика металлических пленок. Размерные и структурные эффекты. М.: Атомиздат, 1979. 264 с.
6. Мотт Н., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических полупроводниках. Т. 2. М.: Мир, 1982. С. 373—662.
7. Тетерис Я. А., Рейнфельде М. Я. Объем грамм-атома и фотоиндексированные изменения оптических свойств образцов системы As—Se//Изв. АН СССР. Неорган. материалы. 1986. Т. 10. № 4. С. 584—586.

Ужгородский государственный университет,
Специальное конструкторско-технологическое
бюро «Квант»

Поступила в редакцию
19.IV.1988