

©1994 г.

ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ФОТОПРОВОДИМОСТЬ В ПЛЕНКАХ n -InSb

Ю. А. Никольский

Борисоглебский государственный педагогический институт,
397140, Борисоглебск, Россия
(Получена 18 апреля 1994 г. Принята к печати 10 мая 1994 г.)

Установлено, что фотопроводимость перекристаллизованных пленок n -InSb, как и кристаллов, остается отрицательной в области температур 77–380 К при освещенности 2000 лк. Она изменяет знак на положительный при напряженностях электрического поля $E \gtrsim 1-2$ В/см. Исследования температурной зависимости фотопроводимости перекристаллизованных и поликристаллических пленок показали, что механизм рекомбинации в InSb не зависит от способа приготовления материала и степени легирования.

В настоящее время оптические и фотоэлектрические свойства пленок InSb мало изучены. Известна одна работа по исследованию фотопроводимости поликристаллических пленок n -InSb [1]. Фотоэлектрические явления в перекристаллизованных пленках не изучены. В связи с этим представляет интерес рассмотреть характеристики и определить механизмы фотопроводимости в таких пленках.

Пленки n -InSb, полученные термической перекристаллизацией на слюдяных подложках, как известно, представляют собой монокристаллическую матрицу n -InSb стехиометрического состава с низкоомными включениями двухфазной системы InSb+In p -типа проводимости [2]. В кристаллах и пленках n -InSb в области собственного поглощения можно наблюдать уменьшение равновесной проводимости в интервале температур 77–380 К, т.е. появление отрицательной фотопроводимости (ОФП). На рис. 1 приведена температурная зависимость фотопроводимости поликристаллических (кривая 1) и перекристаллизованных (кривая 2) пленок n -InSb. Для сравнения дана аналогичная зависимость для монокристалла n -InSb (кривая 3).

Полное изменение проводимости при освещении с интенсивностью I_0 может быть выражено следующим образом [3,4]: $\Delta\sigma = \Delta\sigma_n + \Delta\sigma_\mu$, где $\Delta\sigma_n = e\mu(\partial n/\partial I_0)I_0$ — обычная концентрационная фотопроводимость, $\Delta\sigma_\mu = e n(\partial\mu/\partial I_0)I_0$ — фотопроводимость, обусловленная возможным изменением подвижности носителей заряда. Если при освещении уменьшение подвижности μ в образце преобладает над ростом концентрации

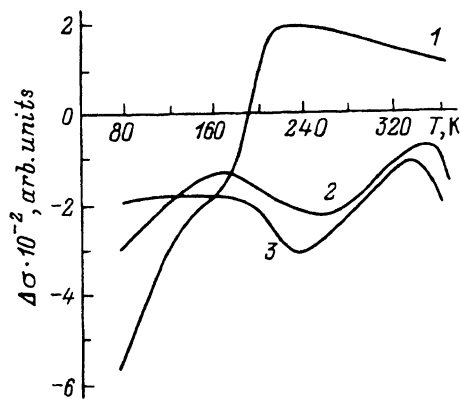


Рис. 1. Температурные зависимости фотопроводимости: 1 — поликристаллическая пленка n -InSb, 2 — перекристаллизованная пленка n -InSb, 3 — монокристалл n -InSb.

носителей заряда n , т.е. $\Delta\sigma_\mu > \Delta\sigma_n$, то наблюдается отрицательная фотопроводимость. В пленочных образцах InAs [4] уменьшение подвижности носителей заряда при достаточно большой интенсивности света может происходить из-за роста концентрации заряженных центров при освещении.

Характерно, что в перекристаллизованных пленках n -InSb и в монокристаллах n -InSb отрицательная фотопроводимость наблюдается при напряженностях электрического поля $E \lesssim 1-2$ В/см во всем интервале температур измерения. При больших напряженностях электрического поля фотопроводимость становится положительной. Этот факт иллюстрируется зависимостью $\Delta\sigma = f(U)$ (рис. 2) и может быть объяснен следующим образом. С увеличением E подвижность носителей заряда убывает по закону $\mu = \mu_0(1 - \alpha E^2)$, что приводит к уменьшению вклада составляющей фотопроводимости $\Delta\sigma_\mu$. Однако одновременно происходит увеличение вклада концентрационной составляющей $\Delta\sigma_n$, и в целом фотопроводимость становится положительной.

Объяснение отрицательной фотопроводимости в поликристаллических пленках n -InSb дано в работе [1]. Смену знака фотопроводимости в районе $T = 200$ К можно объяснить тем, что с увеличением температуры увеличивается вклад концентрационной составляющей и при $T > 200$ К наблюдается положительная фотопроводимость, а при низких температурах изменение подвижности приводит к появлению отрицательной фотопроводимости.

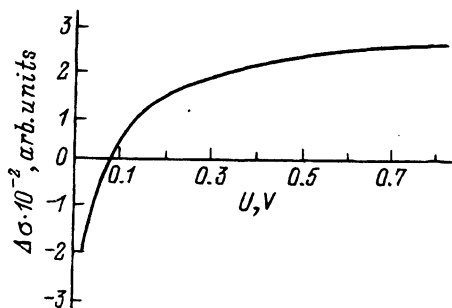


Рис. 2. Зависимость фотопроводимости перекристаллизованной пленки n -InSb от приложенного напряжения.

Исследование фотопроводимости перекристаллизованных пленок показало, что во всем интервале температур измерения 77–380 К она остается отрицательной при освещенности 2000 лк, в отличие от фотопроводимости поликристаллических пленок. Наличие потенциальных барьеров на границе матрица–неоднородность [5], видимо, не оказывает существенного влияния на механизм фотопроводимости. В таких пленках он, по всей вероятности, определяется фотопроводимостью самой матрицы. Это следует из того, что температурный ход фотопроводимости в них идентичен аналогичной зависимости для монокристаллов InSb n -типа проводимости (рис. 1, кривая 3). Температурный ход фотопроводимости в кристаллах InSb n -типа проводимости идентичен температурной зависимости времени жизни носителей заряда в них, поскольку подвижность носителей заряда практически не зависит от температуры в этой области и, следовательно, $\Delta\sigma \sim \tau$.

Сравнивая наши данные для исследованных кристаллов n -InSb по фотопроводимости и данные [6] для зависимости времени жизни от температуры, можно заключить, что наблюдается сходство этих зависимостей, и также наблюдается аналогия с температурной зависимостью для перекристаллизованных пленок InSb.

Следует отметить, что поскольку природа центров рекомбинации в антимониде индия твердо не установлена, то речь идет о дефектах решетки. Измерения различных авторов на разных образцах почти всегда указывают на один и тот же тип рекомбинационных центров [7]. Проведенные исследования подтверждают, что в кристалле InSb имеется характерный врожденный дефект решетки, который определяет механизм рекомбинации независимо от способа приготовления и степени легирования.

Список литературы

- [1] В.А. Касьян. ФТТ, 5, 1979 (1963).
- [2] H.H. Wieder, A.R. Clawson. Sol. St. Electron., 8, 467 (1965).
- [3] Л.Г. Парицкий, С.М. Рывкин. ФТП, 1, 718 (1967).
- [4] А.Н. Баранов, Т.И. Воронина, А.А. Гореленок, Т.С. Лагунова, А.М. Литвак, М.А. Сиповская, С.П. Старосельцева, В.А. Тихомирова, В.В. Шерстнев. ФТП, 26, 1612 (1992).
- [5] Ю.А. Никольский. ФТП, 24, 1322 (1990).
- [6] R.K. Zitter, A.S. Strauss, A.E. Attard. Phys. Rev., 115, 266 (1956).
- [7] О. Маделунг. Физика полупроводниковых соединений элементов III и V групп (М., 1967).

Редактор Л.В. Шаронова