

ВЛИЯНИЕ ИНТЕРКАЛИРОВАНИЯ НИТРИТОМ НАТРИЯ И КАЛИЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОСЕЛЕНИДА ИНДИЯ

В. В. Нетяга, И. И. Григорчак, З. Д. Ковалюк

В предыдущих работах [1] нами была установлена принципиальная возможность интеркаляции моноселенида индия нитритом натрия или калия. Изучение процесса интеркалирования позволило установить основные закономерности образования интеркалатов $\text{InSe} \langle \text{NaNO}_2 \rangle$, $\text{InSe} \langle \text{KNO}_2 \rangle$ и кинетические параметры внедрения. Целью настоящей работы является исследование физических свойств полученных соединений, в первую очередь явлений переноса и поляризационные свойства.

На рис. 1 представлены температурные зависимости удельного электросопротивления перпендикулярно слоям изучаемых материалов. Видно, что внедрение нитрита натрия или калия приводит не только к его изменению, но происходит и кардинальное изменение характера функции $\rho_{\perp}(T)$. Для моноселенида индия абсолютное значение температурного коэффициента удельного электросопротивления носит выраженный немонотонный характер. Примечательным является и то, что интеркаляция привносит новое, несвойственное исходным кристаллам в данном диапазоне температур явление — изменение знака температурного коэффициента электросопротивления ρ_{\perp} . Для InSe соответствующая особая точка лежит в области -40°C как для интеркаляции нитритом натрия, так и нитритом калия.

Несмотря на то что в настоящее время анализ явления переноса в полученных материалах затруднителен из-за экспериментальных трудностей определения для них параметров эффекта Холла, а также неочевидности правомерности использования стандартных аппроксимаций, используемых для традиционных материалов, все же можно предположить следующие основные закономерности.

1. Учитывая то, что InSe — полупроводник электронного типа проводимости, внедренные NaNO_2 и KNO_2 проявляют донорный характер.

2. Интеркаляция нитритом натрия или калия не только увеличивает количество донорных уровней вблизи зоны проводимости, но и изменяет их плотность (энергетическую топологию).

3. Прослоечное сочетание на молекулярном уровне полупроводниковых свойств кристалла-«хозяина» и сегнетоэлектрических свойств «гостевого» вещества придает нелинейность поляризационным характеристикам и приводит к появлению «мягкой» моды, ответственной за сильное электрон-фононное взаимодействие.

Подтверждением последнему могут служить результаты измерения температурной зависимости диэлектрической проницаемости, представленные на рис. 2. Видно, что кроме значительного, почти в 100 раз, увеличения ϵ_{\perp} после интеркаляции, появляются участки на кривой $\epsilon_{\perp}(T)$, характерные для проведения диэлектрической проницаемости в окрестностях точек Кюри. Сравнивая результаты измерений $\rho_{\perp}(T)$ и $\epsilon_{\perp}(T)$, можно отметить отличное совпадение особых точек указанных кривых.

Интересным является то, что значение этих точек формирует кристалл-«хозяин», ибо для «гостевых» компонентов $T_c = 124^{\circ}\text{C}$ (KNO_2) и $T_c = 160^{\circ}\text{C}$ (NaNO_2).

Важным обстоятельством для понимания наблюдаемых эффектов могла бы быть возможность интеркаляции моноселенида индия другими гостевыми веществами. Однако, как нам уже сообщалось, такие попытки пока не увенчались успехом. Тем не менее в ходе исследований был получен следующий важный и интересный результат. Если прямо некоторое вещество А не может быть

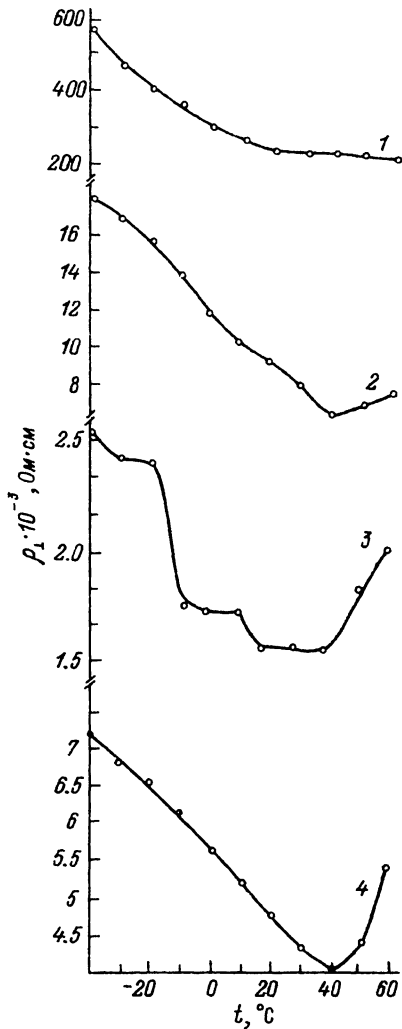


Рис. 1. Температурные зависимости удельного сопротивления ρ перпендикулярно слоям.
 1 — InSe, 2 — InSe(KNO₂), 3 — InSe(NaNO₂), 4 — InSe(KNO₂ + CuSO₄).

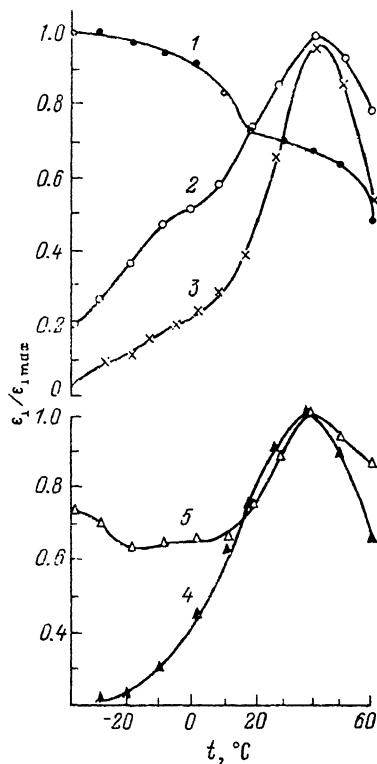


Рис. 2. Температурные зависимости диэлектрической проницаемости ϵ в направлении, перпендикулярном слоям.
 1 — InSe, 2 — InSe(KNO₂), 3 — InSe(NaNO₂), 4 — InSe(KNO₂ + CuSO₄), 5 — InSe(NaNO₂ + CuSO₄).

интеркалировано в InSe, то его внедрения можно добиться путем совместной интеркаляции с NaNO₂ или KNO₂. В результате мы получаем биинтеркалаты формулы InSe<NaNO₂+A> или InSe<KNO₂+A>.

Нами в качестве вещества А был выбран сульфат меди CuSO₄. Из рис. 1 и 2 следует, что для InSe положение особой точки после биинтеркаляции не изменяется ни для $\rho_{\perp}(T)$, ни для $\epsilon_{\perp}(T)$, однако сульфат меди значительно усиливает влияние KNO₂ на удельное электросопротивление перпендикулярно слоям.

В заключение следует отметить, что полученные первые результаты указывают на необходимость дальнейших исследований с целью накопления и корректировки наших знаний в этом интересном и практически важном направ-

Список литературы

[1] Григорчак И. И., Нетяга В. В., Козьмик И. Д., Товстюк К. Д., Ковалюк З. Д., Бахматюк Б. П., Голубь С. Я. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 24. С. 87—90.

Институт проблем машиноведения
АН Украины
Черновцы

Поступило в Редакцию
26 июня 1992 г.

УДК 621.315.592

© Физика твердого тела, том 34, № 11, 1992
Solid State Physics, vol. 34, № 11, 1992

МИКРОТВЕРДОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$

А. М. Андрухив, В. И. Иванов-Омский, П. Г. Сидорчук

Основным материалом ИК-оптоэлектроники являются твердые растворы (ТР) $Cd_yHg_{1-y}Te$ (КРТ). Однако широкое их использование обнаружило ряд технологических недостатков этого соединения, связанных со слабой устойчивостью относительно образования структурных дефектов при внешних воздействиях. Это вынудило исследователей в последние годы искать среди узкозонных твердых растворов альтернативные материалы, обладающие лучшими механическими свойствами, а значит, являющиеся более технологичными при создании приборных структур на их основе. Как показали недавние теоретические [1] и экспериментальные [2, 3] исследования, предпочтение в этом отношении отдается твердым растворам, содержащим цинк: $Zn_xHg_{1-x}Te$ (ЦРТ) и $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$ (ЦКРТ). Присутствие атомов цинка позволяет существенно снизить концентрацию собственных дефектов, легко образующихся из-за слабой химической связи Hg—Te [1].

Для оценки механических свойств полупроводниковых материалов нередко служат измерения микротвердости, позволяющие непосредственно судить о механической прочности и дефектности структуры исследуемого соединения. Так, по результатам измерения микротвердости была определена максимальная величина микротвердости ЦРТ, составляющая 160 кг/мм^2 ($x=0.7$), что более чем вдвое превышает микротвердость КРТ — 70 кг/мм^2 ($y=0.7$) [4]. Этот результат находится в соответствии с существующими представлениями о прочности химической связи в этих соединениях [1, 2].

В настоящем сообщении приводятся результаты измерения микротвердости эпитаксиальных слоев $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$, выращенных методом жидкофазной эпитаксии. Измерения проводились с помощью микротвердометра ПМТ-3, в котором алмазная головка индентора имеет угол между противоположащими гранями при вершине 136° . Нагрузки на алмазную пирамиду не превышали 20 г, что обусловлено учетом небольшой толщины эпитаксиальных слоев (20—40 мкм). Каждое значение микротвердости определялось в результате усреднения не менее пяти измерений в разных точках образца. Эпитаксиальные слои $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$ были получены выращиванием из теллурических растворов методом ступенчатого охлаждения в закрытой системе на подложках $(III)B Cd_{1-w}Zn_wTe$ ($0 < w < 0.12$) [5]. Состав выращенных слоев определялся с помощью рентгеновского микроанализатора «САМЕВАХ» и находился в пределах $0.11 < x < 0.20$ и $0.07 < y < 0.16$ ($100 < E_g < 400 \text{ мэВ}$).

Результаты измерений микротвердости ТР $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$ для двух составов по цинку $x=0.07$ и $x=0.11$, а также литературные данные по микро-