

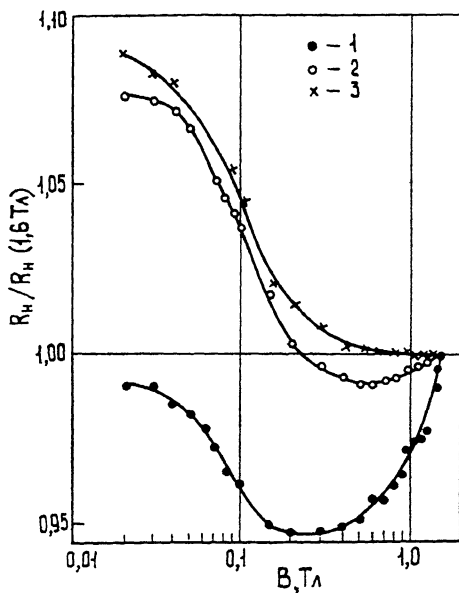
05.2; 06.3

© 1991

О ВЫЯВЛЕНИИ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДЯЩИХ
ВКЛЮЧЕНИЙ В КРИСТАЛЛАХ $n\text{-Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ Н.Н. Берченко, К.Р. Курбанов,
М.Г. Андрухов, М.И. Савчук

В силу особенностей $\rho\text{-}T\text{-}x$ диаграммы в монокристаллах $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ трудно избежать появления после роста и последующих термообработок различного типа протяженных дефектов, влияющих в дальнейшем на фотоэлектрические параметры материала. Особую опасность представляют области, обогащенные ртутью, происхождение которых может быть самым различным [1-3]. Как показано ниже, интегрально оценить присутствие таких включений для образцов $n\text{-Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ можно на основе анализа полевых зависимостей коэффициента Холла R_H при 77 К.

Исследовались образцы $n\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ ($0.194 \leq x \leq 0.206$) с $n = 0,7 \dots 4.0 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ и $\mu_n = 2.0 \dots 3.6 \cdot 10^5 \text{ см}^2/\text{В с}$ при 77 К, т.е. с параметрами, используемыми для изготовления фоторезисторов. Измерения проводились при 77 К в постоянном магнитном поле 0.015 ... 1.6 Тл на пластинах произвольной формы по методике Ван дер Пауэ. Далее из них выкапывались образцы в форме параллелепипедов, на которых после проверки вида полевой зависимости $R_H(B)$ измерялось время жизни неосновных носителей непосредственно по спаду фотопроводимости от импульса лазера на CO_2 . При исследовании около 50 образцов была выделена группа, составляющая 16 образцов, для которой нормированные к сильному магнитному полю зависимости коэффициента Холла лежали в пределах между кривыми 1 и 2, показанными на рис. 1. Анализ этих кривых на основе обобщенной модели Петрица [4] показывает, что эти кривые не могут быть



Нормированные к сильному магнитному полю полевые зависимости коэффициента Холла для образцов $n\text{-Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$ с включениями (кривые 1 и 2) и без включений (кривая 3) при 77 К.

объяснены ни одним из вариантов слоистых структур, возникающих в кристаллах $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ [5]. В то же время они качественно и полуколичественно могут быть объяснены в соответствии с моделью Вольфа и Стиппмана [6] присутствием отдельных, не связанных друг с другом микровключений с проводимостью, значительно большей проводимости окружающей матрицы. В этой модели предполагается, что в области слабых магнитных полей R_H равен среднему значению между величинами R_H для основного объема и включений, т.е. оно будет несколько меньше истинного значения R_H в объеме. По мере увеличения магнитного поля ток, текущий через микровключения, уменьшается из-за вызываемого магнитным полем взаимодействия на границе раздела. В пределе сильного магнитного поля ток через включения не течет и R_H соответствует истинной концентрации носителей в полупроводнике и, таким образом, в этой модели R_H должен расти с увеличением магнитного поля. В качестве параметра, характеризующего включения, в модели [6] выбран их относительный объем $f = N \cdot (V_0/V)$, где N - число включений, V_0 - объем одного включения, V - объем всего образца. При этом в приближении, что проводимость микровключения σ_0 значительно больше проводимости матрицы σ , полевая зависимость R_H для включений, имеющих сферическую форму, будет иметь вид

$$R_H(f, B) = \frac{u_n}{\delta} \left(1 - \frac{gf}{1 + u_n^2 B^2} \right). \quad (1)$$

Реально полевая зависимость коэффициента Хопла представляет комбинацию этого эффекта с эффектом уменьшения R_H в пределах сильного магнитного поля на величину холл-фактора A_n и ее вид определяется соотношением этих двух вкладов. Для образцов $n\text{-Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$, имевших классическую полевую зависимость R_H (кривая 3) холл-фактор составлял $A_n = 1.09 \pm 0.01$, что близко к теоретическому значению, рассчитанному при учете тех же механизмов рассеяния, что и при расчете подвижности электронов. С учетом этого значения холл-фактора оценки по формуле (1) дают для кривых 1 и 2 величину $f = 0.013$ и 0.001 соответственно. К сожалению, невозможно оценить точность такого подхода, так как сама модель, дающая выражение (1), является приближительной.

Было установлено, что значения времени жизни неосновных носителей для образцов с классической зависимостью R_H (кривая 3) находятся в пределах $1.3 \dots 2.8$ мкс, а для образцов с зависимостями типа кривых 1 и 2 — в пределах $0.8 \dots 1.7$ мкс, т.е. микровключения незначительно влияют на интегральное время жизни по сравнению с остальными каналами рекомбинации в этом материале.

Представляет интерес сравнение полученных выше значений объема микровключений с данными анализа влияния микровключений на время жизни носителей, проведенного в работе [1]. В соответствии с этой работой при радиусе микровключений 0.1 мкм время жизни неосновных носителей должно резко уменьшиться при достижении плотности микровключений $N \geq 10^{12} \text{ см}^{-3}$, что соответствует в нашем случае относительному объему $f = 0.005$, т.е. находится в пределах, получаемых на основании модели Вольфа и Стиллмана.

Сравнение картин поверхности, полученных в селективном травителе, позволило в большинстве случаев установить корреляцию между структурным совершенством образцов и полевыми зависимостями R_H . Если для образцов с классическими зависимостями R_H характерно присутствие лишь единичных малоугловых границ (МУГ) или их отсутствие, то для остальных образцов наблюдается хорошо развитая сетка МУГ со средним размером ячейки ≤ 400 мкм. Это позволяет предположить, что в кристаллах $n\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ возникновение проводящих микровключений связано с преципитатами теллура, выделяющимися прежде всего на дислокациях, декорирующих МУГ. Ускоренная диффузия атомов ртути по МУГ при термообработке материала р-типа приводит к возникновению на месте преципитатов теллура микровключений твердого раствора с большим содержанием теллурида ртути [3]. Вместе с тем, зависимость типа кривой 2 наблюдалась и для одной пластины, на которой по всей поверхности МУГ отсутствовали. Та-

ким образом, присутствие МУГ не является обязательным для возникновения включения такого типа.

В заключение следует отметить высокую чувствительность к включениям гальваномангнитных измерений. Практически в данной ситуации она ограничена точностью построения полевой зависимости R_H (возможностью выделения провала на кривой). Но уже для кривой 2 она фактически позволяет обнаружить микровключения, присутствие которых не влияет на интегральное время жизни и скажется только при изготовлении приборов, размеры которых сравнимы с размерами включений.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] В и р т И.С., Г р и г о р ь е в Н.Н., Л ю б ч е н -
к о А.В. // ФТП. 1988. Т. 22. № 3. С. 409-412.
- [2] К р а п у х и н В.В., С т а ф е е в В.И., Б о в и -
н а Л.А., К а г а н Н.Б., Л ю б ч е н к о В.А. // Крист-
таллография. 1982. Т. 27. № 2. С. 400-402.
- [3] A n d e r s o n P.L., O s h a a k e H.F.,
T r e g i l g a s J.H. // J. Vac. Sci. Technol.
1982. V. 21. N 1. P. 125-128.
- [4] П е т р о в с к и й В.И., С о л о в ь е в Н.Н.,
О м е л ь я н о в с к и й Э.М., И в л е в а В.С. // ФТП.
1978. Т. 12. № 10. С. 1904-1907.
- [5] I v a n o v - O m s k i i V.J., B e r c h e n -
к о N.N., E l i s a r o v A.J. // Phys. Stat. Sol.
(a). 1987. V. 103. N 1. P. 11-28.
- [6] W o l f e C.M., S t i l l m a n G.E. In: Se-
miconductors and Semimetals. New York: Academic
Press. 1975. V. 10. P. 175-220.

Львовский политехнический
институт

Поступило в Редакцию
23 апреля 1991 г.