

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЛЛУРИДА КАДМИЯ МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕЙ СПЕКТРОСКОПИИ ГЛУБОКИХ УРОВНЕЙ

Брайтенштайн О., Конончук О. В., Панин Г. Н., Хайденрайх Й.,  
Якимов Е. Б.

Методы растровой электронной микроскопии в последние годы все более широко используются для анализа локальных свойств полупроводниковых кристаллов [1-3]. Очень перспективным с этой точки зрения представляется метод сканирующей релаксационной спектроскопии глубоких уровней (СРСГУ), сочетающий локальность возбуждения с достоинствами метода релаксационной спектроскопии глубоких уровней (РСГУ) [3-5]. В настоящей работе этот метод впервые применен для исследования кристаллов теллурида кадмия.

Изучались нелегированные кристаллы *n*-типа с концентрацией мелких доноров  $\sim 10^{14} \text{ см}^{-3}$ . После механической шлифовки и полировки образцов химически сполпирывался слой  $\sim 100$  мкм. Барьеры Шоттки создавались напылением золота толщиной  $\sim 20$  нм. Площадь структур составляла  $5 \cdot 10^{-2} \text{ мм}^2$ . Исследования проводились на установке, описанной в [5]. Спектры РСГУ снимались в трех режимах: сканирования по температуре и возбуждения всей структуры расфокусированным (1) или сфокусированным (2) (локальный РСГУ) электронным пучком, сканирования по образцу сфокусированным пучком при температурах, соответствующих максимумам пиков РСГУ (СРСГУ) (3).

Спектр РСГУ, полученный при заполнении центров импульсами расфокусированного пучка электронов, представлен на рис. 1, а. Прежде всего следует отметить, что все наблюдаемые пики соответствуют уровням, расположенным в нижней половине запрещенной зоны. При сопоставлении с результатами, полученными в [6], обнаружено достаточно хорошее совпадение центров  $H_1$ ,  $H_2$  и  $H_3$  с найденными в [6] центрами с энергиями активации  $E_g + 0.2$ ,  $E_g + 0.41$  и  $E_g + 0.54$  эВ соответственно. Как показано в [6], эти центры обладают большими сечениями захвата дырок ( $\sim 10^{-14} \text{ см}^{-2}$ ), что также согласуется с их преимущественным заполнением при возбуждении электронным пучком.

Пример изображения, полученного в режиме СРСГУ при температуре, соответствующей максимуму пика  $H_2$ , представлен на рис. 2, а. Для сравнения показано изображение той же области в режиме наведенного тока (рис. 2, б), анализ которого позволяет связывать дефект А с дислокационными рядами, а дефекты В и С — с включениями. Легко видеть, что сигнал СРСГУ изменяется вблизи структурных дефектов. Кроме того, можно заметить увеличение сигнала в верхней части изображения, что наблюдалось на изображениях, полученных при всех температурах. Анализ изображения в режиме наведенного тока показывает, что плотность дислокаций также возрастает в верхней части изображения. Это позволяет связывать температурно не зависящее увеличение сигнала с компенсирующим действием дислокаций. Действительно, так как чувствительность СРСГУ пропорциональна  $(N_d)^{-1/2}$ , уменьшение эффективной локальной концентрации доноров приводит к повышению сигнала [5]. К сожалению, отсутствие локальных методов определения концентрации мелких центров не позволяет однозначно связывать изменение сигнала СРСГУ с соответствующим изменением концентрации центров с глубокими уровнями.

Чтобы проверить данные о перераспределении центров с глубокими уровнями вблизи структурных дефектов, были изучены спектры локальной РСГУ,

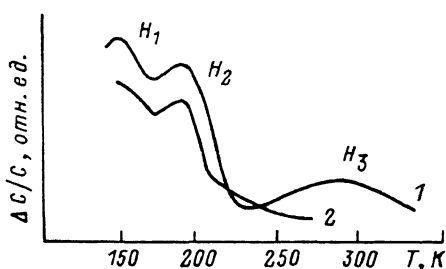


Рис. 1. Спектр РСГУ, снятый при возбуждении расфокусированным (1) и сфокусированным на дефекте А (2) электронными пучками.

позволяющей получить информацию об относительной концентрации центров в том или ином месте кристалла. Так, в области дефекта *A* (рис. 1, *б*) действительно (в соответствии с рис. 2, *а*) происходит увеличение концентрации центров *H1* и *H2*. Данные о распределении центров с глубокими уровнями вблизи включений получились достаточно противоречивыми, что, по-видимому, связано с разной природой этих включений. В то же время распределение центров *H3*

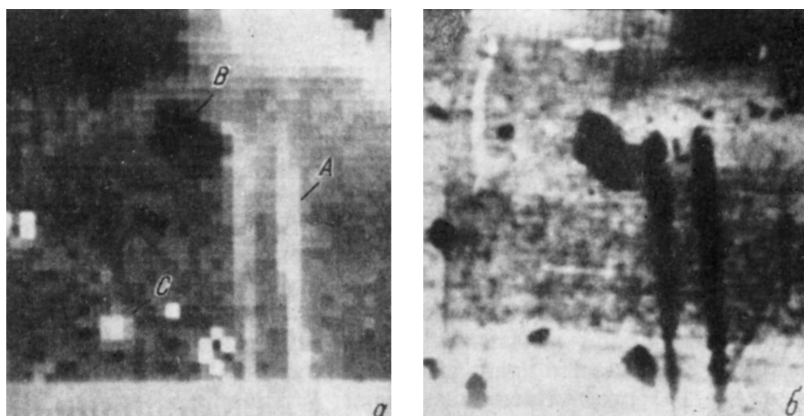


Рис. 2. Изображение исследуемой области в режимах СРСГУ (*а*) и наведенного тока (*б*).

практически не коррелирует с распределением структурных дефектов. Это позволяет говорить о том, что центры *H1* и *H2* связаны с дислокациями или эффективно ими собираются. Сопоставление с результатами работы [6], в которой показано, что эти центры, вероятнее всего, связаны с примесями, позволяет отдать предпочтение второму предположению.

Таким образом, в работе показано, что метод СРСГУ может быть использован для изучения пространственного распределения центров с уровнями, расположенными в нижней половине запрещенной зоны в кристаллах CdTe. Продемонстрирована необходимость изучения спектров локальной РСГУ для более корректного анализа полученных результатов. Показано, что дислокации в кристаллах *n*-CdTe проявляют акцепторное действие.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Heidenreich J., Blumtritt H., Gleichmann R., Johansen H. — In: Scan. Electr. Microsc., 1981, N 1, p. 351—365.
- [2] Leamy H. J. — J. Appl. Phys., 1982, v. 53, N 6, p. R51—R80.
- [3] Breitenstein O., Heidenreich J. — J. Phys. Colloq., 1983, v. 44, N C4, p. 207—215.
- [4] Petroff P. M., Lang D. V. — Appl. Phys. Lett., 1977, v. 31, N 1, p. 60—62.
- [5] Breitenstein O., Heidenreich J. — Scanning, 1985, v. 7, N 6, p. 273—289.
- [6] Collins R. T., McGill T. C. — J. Vac. Sci. Techn., 1983, v. A1, N 3, p. 1833—1836.

Институт проблем технологии  
микроэлектроники и особоочистых  
материалов АН СССР  
Черноголовка

Получено 28.12.1987  
Принято к печати 18.02.1988