

ГПТ СЛ на два типа до ГУ, на которые идет захват электронов в сильном поле, соответствующее типу структуры, из которой изготовлен транзистор, что позволяет идентифицировать эти ГУ. В транзисторах, изготовленных из структур 1-го типа (захват на  $DX$ -центр), наблюдалось очень сильное изменение проводимости канала при действии импульсов электрического поля при температуре 230 К, что делало невозможным запись спектров  $\sigma_E$ —РСГУ при более низких температурах. На рис. 2 (кривая 1) приведен характерный спектр  $\sigma_E$ —РСГУ для таких транзисторов при окне эмиссии 20 мкс и расчетный для окна эмиссии 90 мс. Кривые 2 и 3 представляют собой характерные спектры для ГПТ СЛ, изготовленных из структур 2-го типа (захват в  $i$ -GaAs). В отличие от измерений в области полей  $<4$  кВ/см в ГПТ СЛ наблюдается увеличение амплитуды пиков, изменение проводимости канала становится сравнимым с самой проводимостью при амплитуде заполняющего импульса 2 В и длительности 1 мкс. Это связано с тем, что в транзисторе из-за неоднородности канала (наличие затвора) максимальные электрические поля превышают 60 кВ/см, что приводит к увеличению интенсивности процессов инжекции и захвата. Как видно из приведенных результатов, вклад в изменение проводимости канала и соответственно рабочих характеристик транзисторов дают процессы захвата электронов как в AlGaAs, так и в буферный слой. Отметим, что этот вклад различен для разных структур.

Таким образом, предложенная методика позволяет выделить и определить параметры и расположение в пространстве ГУ, которые вносят основной вклад в ухудшение рабочих характеристик транзисторов. Методика  $\sigma_E$ —РСГУ может быть также применена для изучения сильнополевых процессов не только в ГПТ СЛ, но и в других более сложных структурах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ю. К. Пожела. Физика быстродействующих транзисторов, Вильнюс, 261 (1989).
- [2] G. N. Magacas, W. D. Laidig, H. R. Wittman. J. Vac. Sci. Techn., B2 (3), 599 (1984).
- [3] С. Н. Речкунов, В. Я. Принц. Приборы и техника эксперимента, 182 (1986).
- [4] D. V. Lang, R. A. Logan. Phys. Rev. Lett., 39, 635 (1977).
- [5] P. M. Mooney, T. N. Theis, E. Calleja. J. Electron. Mater., 20, 23 (1991).

Редактор В. В. Чалдышев

ФТП, том 26, вып. 12, 1992

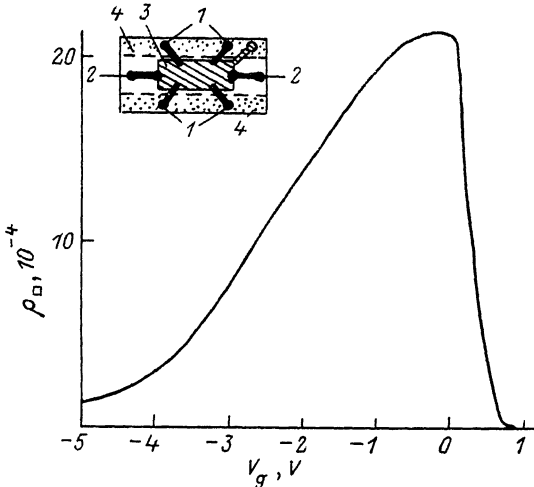
### ПЛЕНКА ЛЭНГМЮРА—БЛОДЖЕТТ В КАЧЕСТВЕ ДИЭЛЕКТРИКА В МДП ТРАНЗИСТОРЕ НА ОСНОВЕ $Cd_xHg_{1-x}Te$

А. В. Германенко, В. А. Ларионова, Г. М. Миньков, О. Э. Рут

Научно-исследовательский институт физики и прикладной математики при Уральском государственном университете им. А. М. Горького, 620083, Екатеринбург, Россия  
(Получено 1.04.1992. Принято к печати 4.06.1992)

О возможности использования полимолекулярных слоистых структур Лэнгмюра—Блоджетт в качестве диэлектрика в МДП структурах на основе кремния сообщалось в [1]. Результаты предварительных исследований в системе  $Cd_xHg_{1-x}Te$ —пленка Лэнгмюра—Блоджетт—Al приведены в работе [2].

Рис. 1. Зависимость удельного сопротивления  $\rho_{\square}$  от напряжения на полевом электроде для одного из МДП транзисторов. На вставке — схематическое изображение МДП транзистора: 1 — потенциальные контакты, 2 — токовые контакты, 3 — полевой электрод, 4 — коллоидий.



В настоящей работе исследованы МДП транзисторы на основе узкощелевого полупроводника  $Cd_xHg_{1-x}Te$   $p$ -типа с  $x = 0.23$  и  $N_a - N_d = 1.5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ , где в качестве диэлектрика использовалась полимолекулярная пленка Лэнгмюра—Блоджетт гептил—цианакриловой кислоты ( $C_7$ -ЦАК).

МДП транзисторы изготавливались по следующей методике. После шлифовки и полировки  $p$ - $Cd_xHg_{1-x}Te$  подвергались травлению в 10%-ном растворе Вг в бутаноле с последующей промывкой в бутаноле. На свежетравленную поверхность образца напылялись токовые и потенциальные контакты (Pb) (см. вставку на рис. 1), поверх которых наносилась лэнгмюровская пленка  $C_7$ -ЦАК (80 монослоев). Способ нанесения пленки на поверхность образца аналогичен описанному в [1]. Край образца покрывались диэлектрической пленкой—коллодием, после чего напылялся полевой электрод (сначала слой алюминия, затем свинца) (см. вставку на рис. 1). Размеры канала в исследуемых МДП структурах следующие: длина канала — 500 мкм, ширина — 250 мкм. Из величины емкости была оценена толщина полимолекулярной пленки Лэнгмюра—Блоджетт, которая составляла 1000 Å (диэлектрическая проницаемость пленки — 2.8), что подтверждает послойный характер нанесения пленки на образец [2].

Измерения проводимости и коэффициента Холла проводились при температурах от 4.2 до 77 К в магнитных полях до 50 кЭ.

На рис. 1 представлена зависимость удельного сопротивления  $\rho_{\square}$  от напряжения на управляющем электроде  $V_g$  при температуре  $T = 4.2$  К. При этой температуре удельное сопротивление объема велико ( $\rho_{\square} > 10^4 - 10^5$  Ом), поэтому шунтирование канала объемом может происходить только в области высоких сопротивлений канала, т. е. когда  $\rho_{\square} > 10^4 - 10^5$  Ом.

В области положительных напряжений (на металле «+») знак коэффициента Холла ( $R_H$ ) отрицательный, и наблюдается резкое уменьшение сопротивления. Такое поведение свидетельствует об образовании вблизи поверхности полупроводника инверсионного слоя. При изменении  $V_g$  от 0 до 9 В величина сопротивления уменьшается на 3—4 порядка, а концентрация двумерных электронов [ $n = 1 / (e R_H)$ , где  $e$  — заряд электрона] возрастает до значения  $(1.5 - 2.0) \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$  (рис. 2). Резкий рост холловской подвижности ( $R\sigma$ ) при малых напряжениях ( $V_g < 1.5$  В) (рис. 2) связан, по-видимому, с тем, что энергия Ферми, увеличиваясь с ростом  $V_g$ , становится больше амплитуды флуктуации поверхностного потенциала, а плавное уменьшение подвижности при  $V_g > 3$  В связано с увеличением вклада рассеяния на шероховатостях.

В области отрицательных напряжений («—» на металле) при  $V_g > 1 - 2$  В на поверхности полупроводника образуется обогащенный слой и проводимость канала определяется дырками, о чем свидетельствует знак коэффициента Холла.

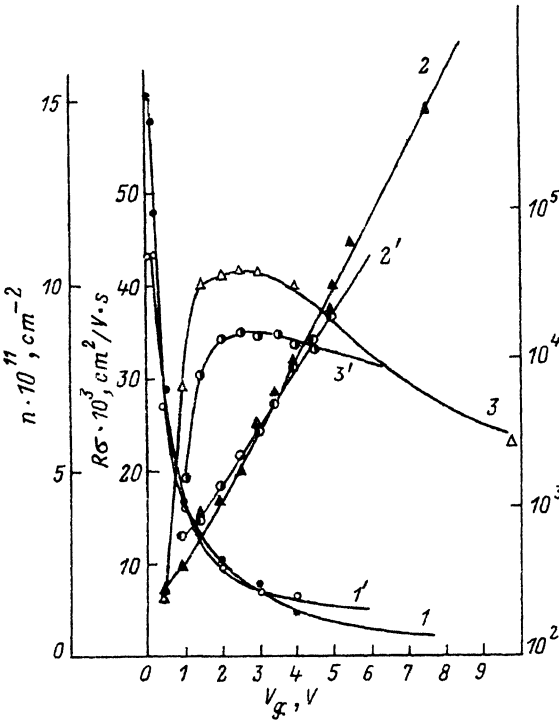


Рис. 2. Зависимости удельного сопротивления ( $1, 1'$ ), концентрации электронов ( $2, 2'$ ) и холловской подвижности ( $3, 3'$ ) от напряжения на полевом электроде (область положительных напряжений на металле).  $1-3$  и  $1'-3'$  соответствуют разным МДП транзисторам.

Были проведены предварительные измерения в квантующих магнитных полях. При  $V_g > 0.3$  В наблюдается сложная осцилляционная зависимость, являющаяся суперпозицией нескольких типов осцилляций от двух или более заполненных размерно-квантованных зон. Наблюдать осцилляции при напряжениях, когда заполнена только одна размерно-квантованная зона, не удалось, так как исследуемые образцы имеют низкую концентрацию нескомпенсированных акцепторов, а в таких материалах вторая размерно-квантованная зона стартует, когда концентрация в первой мала и составляет  $(1-2) \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$  [3].

Для получения информации об особенностях размерного квантования в узкощелевом  $p\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  требуются дальнейшие исследования. Авторы выражают благодарность Н. К. Матвеевой за предоставление  $C_7$ -ЦАК.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] В. С. Банников, Н. К. Матвеева, И. В. Мягков, В. Р. Новак, В. В. Ракитин, А. В. Серебренников. Письма ЖТФ. 15, 15 (1989).
- [2] И. В. Гаврилюк, З. И. Казанцева, Н. В. Лаврик, А. В. Набок, Ю. М. Ширшов. Поверхность, вып. 93 (1991).
- [3] В. Ф. Раданцев. ФТП, 22, 1796 (1988).

Редактор Л. В. Шаронова

ФТП, том 26, вып. 12, 1992

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ КРЕМНИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО ИЗОТОПОМ БОР-11

Г. С. Карумидзе, Д. Ш. Джобава, Г. А. Тевзадзе, Ш. Ш. Шавелашвили

Научно-исследовательский институт стабильных изотопов, 380002, Тбилиси, Грузия  
(Получено 28.05.1992. Принято к печати 8.06.1992)

Известно, что изотоп  $^{10}\text{B}$  благодаря большому сечению поглощения нейтронов, протекающего в широком энергетическом интервале согласно