

($T_M \approx 165$ К) обусловлен конкуренцией рассеяния дырок на статистических дефектах и колебаниях решетки, а наблюдаемый при $T > 210$ К закон $\mu''(\mu^\perp) \sim T^{2.2}$ можно связать в таком случае с доминирующим рассеянием дырок на колебаниях решетки.

Приводимые здесь результаты указывают на необходимость учета обнаруженной анизотропии токопереноса дырок для оптимизации параметров фотопреобразователей на основе одноосных полупроводников APb_1US_2 .

В заключение авторы благодарят В.Д. Прочухана за любезное предоставление кристаллов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Полупроводники $\text{A}^2\text{B}^4\text{C}_5^5$ / Под ред. Н.А. Горюновой, Ю.А. Валова, М.: Советское радио, 1974, 376 с.
- [2] Sh a u J.L., W e r n i c k J.H. Ternary chalcopyrite semiconductors. Oxford: Pergamon Press, 1975. 340 p.
- [3] А б д у р а х и м о в А.А., Р у д ь Ю.В. // Изв. вузов, Физика, 1985, № 12, С. 93-96.
- [4] Р у д ь Ю.В. // ФТП, 1983, Т. 17, В. 12, С. 2208-2211.
- [5] R u d V.Yu., R u d Yu.V., S e r g i n o v M., T a i r o v M.A. // Phys. stat. sol. (a), 1989, V. 113, N 2, P. 207-213.
- [6] Г у б а н о в А.И. // ФТП, 1985, Т. 19, В. 6, С. 1145-1147.
- [7] Б о р и с е н к о С.И. // Канд. дис. Томск: Госуниверситет, 1986, 136 с.
- [8] Б о р щ е в с к и й А.С., О в е з о в К., Р у д ь Ю.В. // Кристаллография, 1977, Т. 22, В. 1, С. 202-203.
- [9] Н а й Дж. Физические свойства кристаллов, М., 1960, 386 с.

Физико-технический институт
им. А.Ф. Иоффе АН СССР,
Ленинград

Поступило в Редакцию
8 августа 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып, 21

12 ноября 1990 г.

06.1; 06.2

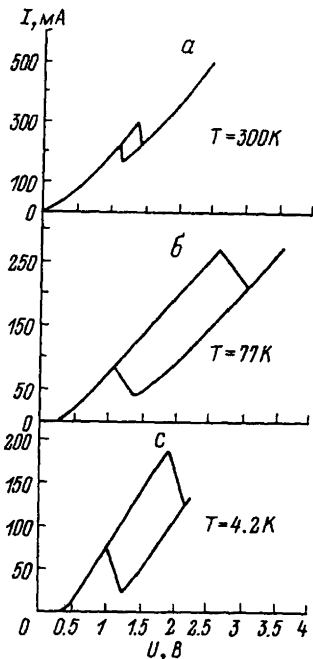
© 1990

РЕЗОНАНСНОЕ ТУННЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В ДВУХБАРЬЕРНОЙ СТРУКТУРЕ НА ОСНОВЕ GaAs-ALAs

В.Н. Луцкий, Б.К. Медведев,
В.Г. Мокерев, А.С. Рылик,
Ю.В. Слепнев, С.С. Шмелев,
В.С. Шубин

Одной из наиболее актуальных проблем твердотельной электроники в настоящее время является изучение резонансного туннелирования. Исследование этого явления начато работами [1-3].

Рис. 1. Примеры вольтамперных характеристик структуры при различных температурах (площадь структуры: а) $S = 150 \times 150$ мкм²; в) и с) $S = 250 \times 250$ мкм²).



В настоящем сообщении излагаются результаты работы по созданию и исследованию двухбарьерной структуры со сверхтонкой (4 нм) квантовой ямой, на которой наблюдалось резонансное туннелирование электронов.

Исследуемая структура получена методом молекулярно-лучевой эпитаксии в сверхвысоком вакууме. Структура выращена на полуизолирующей подложке GaAs диаметром 60 мм и представляет собой следующую последовательность слоев:

$iGaAs$ (0,6 нм) - n^+GaAs ($1,5 \cdot 10^3$ нм; $2,5 \cdot 10^{18}$ см⁻³) - $iGaAs$ (14 нм) - $-AlAs$ (2 нм) - $GaAs$ (4 нм) - $-AlAs$ (2 нм) - $iGaAs$ (1,5 нм) - $-nGaAs$ ($0,5 \cdot 10^3$ нм; $1 \cdot 10^{17}$ см⁻³) - n^+GaAs (50 нм; $2,5 \cdot 10^{18}$ см⁻³)

Активная часть структуры выделена чертой.

Формирование отдельных диодов (на основе мезаструктур) осуществлялось путем химического травления. Диаметр структур варьировался от 100 до 500 мкм. Контакты к n^+ области формировались с использованием AuGeNi. Наблюдалась высокая однородность параметров исследуемых диодов по всей площади шайбы, что является существенным технологическим достижением, особенно для структур со столь тонкой ямой.

На рис. 1 приведены примеры вольтамперных характеристик (ВАХ) структуры при 300, 78 и 4.2 К. Основные особенности ВАХ:

- 1) Наличие начального участка, характеризующегося слабым изменением тока, связанного с обычным (нерезонансным) туннелированием.
- 2) Наличие области значительного изменения тока, обусловленного резонансным туннелированием. Напряжение, при котором наблюдается изменение скорости роста тока, увеличивается при понижении температуры.
- 3) Наличие резкого скачка тока („перехода“), интерпретируемого как включение (выключение) резонансного туннелирования. Отношения максимального и минимального токов I_{max} / I_{min} составляют 1,9, 7,0 и 8,0 соответственно при 300, 78 и 4.2 К.
- 4) Наличие гистерезиса. Гистерезис обусловлен влиянием по-

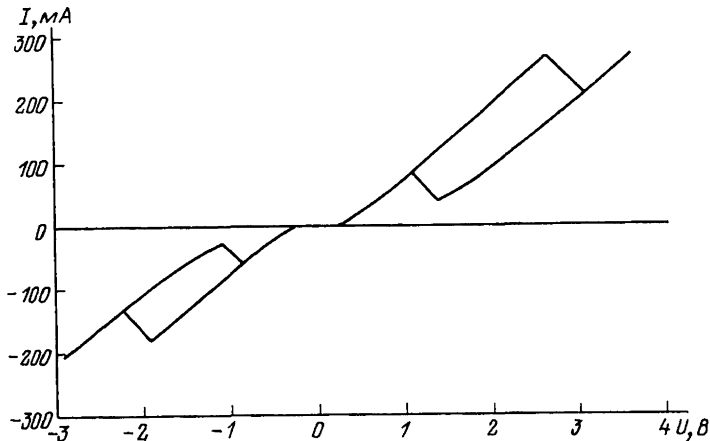


Рис. 2. Пример асимметрии гистерезиса вольтамперных характеристик ($T = 78$ К, $S = 250 \times 250$ мкм²).

следовательного балластного сопротивления (в структуре).

5) Наличие асимметрии, связанной, по всей видимости, с асимметрией структуры (рис. 2).

Отметим, что величина напряжения, при котором начинается резонансное туннелирование, не зависит от его полярности. Это свидетельствует, по-видимому, о достаточно высокой симметрии барьеров *AlAs*. Наблюдаемая же асимметрия напряжений „перехода“, связана, по всей видимости, с разной величиной энергии Ферми (отсчитанной от дна зоны проводимости) во внешних по отношению к барьерам (и прилегающих к ним) областях *GaAs*.

Обсуждаемые структуры исследовались при 4.2 К в перпендикулярном (H_{\perp}) и параллельном (H_{\parallel}) плоскости образца магнитном поле напряженностью до 12.5 Тл. Основные результаты этих измерений сводятся к следующему. В поле H_{\parallel} наблюдаются периодические по обратному полю осцилляции $I(H)_{U=\text{const}}$ (U – напряжение на структуре). Фаза и, соответственно, период осцилляций практически неизменны для разных значений U . Монотонная составляющая зависимости сопротивления структуры от H_{\parallel} имеет различный вид для разных U (от практического отсутствия зависимости до кривой с глубоким минимумом, т.е. с участком отрицательного магнитосопротивления).

В поле H_{\perp} осцилляции имеют сложный характер; монотонная часть сопротивления структуры квадратично зависит от H_{\perp} . В перпендикулярном поле наблюдалась также зависимость (рост) напряжения „перехода“ от магнитного поля.

В полном объеме интерпретация полученных экспериментальных данных будет представлена в подробной статье.

Авторы признательны А.А. Акопяну за помощь в проведении исследований.

- [1] T s u R. // Appl. Phys. Lett. 1973. V. 22. P. 562.
- [2] C h a n g L.L., E s a k i L., T s u R. // Appl. Phys. Lett. 1974. V. 24. P. 593.
- [3] S o l l n e r T.C.L.Y., G o o d h u e W.D., T a n n e w a l d P.E., P a r k e r C.D., P e c k D.D. // Appl. Phys. Lett. 1983. V. 43. P. 588.

Институт радиотехники
и электроники АН СССР,
Москва

Поступило в Редакцию
9 августа 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 21

12 ноября 1990 г.

Об.2

© 1990

СТАЦИОНАРНОЕ ЛАВИННОЕ УМНОЖЕНИЕ ФОТОТОКА
В СТРУКТУРАХ МЕТАЛЛ - ПРОВОДЯЩИЙ ДИЭЛЕКТРИК-
ПОЛУПРОВОДНИК

А.Я. В у л ь, А.Т. Д и д е й к и н,
А.И. К о с а р е в

Задача создания фотоприемного элемента для матричного фотодетектора с внутренним усилением фототока остается по-прежнему актуальной. Лавинный механизм усиления фототока является наиболее привлекательным, поскольку позволяет сочетать высокую пороговую чувствительность с высоким быстродействием [1]. Однако до настоящего времени задача создания многоэлементного матричного фотодетектора на основе лавинных фотодиодов (ЛФД) не решена. Многочисленные попытки привели лишь к созданию линейных приборов на основе ЛФД с числом элементов не более 25 [2]. Это связано с тем, что использование лавинного пробоя в р-п переходе для детектирования фотосигнала требует высокой точности стабилизации по величине приложенного напряжения, температуре, приводит к неприемлемому разбросу величин чувствительности отдельных элементов фотодетектора. Средством разрешения этих проблем может быть использование внутренней отрицательной обратной связи при накоплении заряда неосновных носителей в области умножения и стабилизации за счет этого напряженности поля и коэффициента умножения. Подобные условия могут быть реализованы в структурах металл-диэлектрик-полупроводник при приложении к ним им-