Особенности туннельного тока в сверхрешетках с электрическими доменами

Алтухов И.В.¹, Каган М.С.¹, Папроцкий С.К.¹, Хвальковский Н.А.¹, Дижур С.Е.¹, Кон И.А.¹,
Васильевский И.С.², Виниченко А.Н.², Баранов А.Н.³, Teissier R.³

¹ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 125009, Москва, Моховая, 11-7

² НИЯУ «МИФИ», 115409, Москва, Каширское шоссе, 31

³ IES, Université Montpellier 2, CNRS, Montpellier, France

DOI 10.34077/Semicond2019-165

При комнатной температуре исследовались короткопериодные сверхрешетки (СР) двух типов: СР 4 нм GaAs / 2 нм AlAs, (100 периодов) и 4,5 нм InAs / 3,5 нм AlSb (85 периодов), выращенных с помощью молекулярно-лучевой эпитаксии. СР были расположены между сильно легированными верхним контактным слоем n^+ -GaAs и, соответственно, n^+ -InAs и сильно легированной ($\sim 10^{19} \text{ см}^{-3}$) подложкой из тех же материалов. СР были легированы мелкими донорами в концентрации $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Перед нанесением контактного металла (золота) пластинка с вытравленными мезами покрывалась диэлектриком (нитрид кремния). Изучался туннельный ток в условиях образования электрических доменов, возникавших из-за наличия отрицательной дифференциальной проводимости в некоторой области напряжений при резонансном туннелировании электронов между соседними квантовыми ямами (механизм Esaki-Tsu). К образцам прикладывались треугольные импульсы напряжения с временем нарастания 0.5-10 мкс. Из зависимостей напряжения и тока от времени восстанавливались вольтамперные характеристики (ВАХ) при прямой и обратной развертке напряжения.

При напряжениях выше порога образования доменов наблюдались следующие эффекты. 1. Гистерезис тока при прямой и обратной развертке напряжения. 2. Серия максимумов на вольт-амперных характеристиках (ВАХ), почти эквидистантных по напряжению. 3. Большой фотоотклик на межзонное освещение (светодиод или лампа накаливания 2,5 Вт); фототок мог достигать 50% от темнового. Предложено объяснение этих эффектов, так или иначе связывающее их с треугольной формой домена сильного поля, обусловленной полным опустошением доноров внутри домена. Гистерезис интерпретируется как переход между режимами с движущимся и статическим доменом. При образовании статического домена на ВАХ появлялся участок с насыщением тока. Максимумы на ВАХ объясняются туннельными переходами между квантовыми ямами в треугольном домене, сопровождающимися испусканием оптических фононов. Большой фотоотклик также связывается с треугольной формой домена с протяженной областью полного опустошения доноров, где концентрация свободных носителей крайне мала.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 16-29-09626, 16-29-03135) и программы РАН «Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологий».