

[8] Левинштейн М.Е., Пожелая Ю.К., Шур М.С.
Эффект Ганна. М.: Сов. радио, 1975. 288 с.

Институт радиотехники
и электроники АН СССР
Саратовский филиал

Поступило в Редакцию
10 октября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 1

12 января 1990 г.

06.2

© 1990

ИНДУКТИВНЫЙ ИМПЕДАНС В ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ МЕТАЛЛ-ХАЛЬКОГЕНИДНЫЙ СТЕКЛООБРАЗНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИК-КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ПОЛУПРОВОДНИК

И.Ю. Г и б а д а т о в, А.С. Г л е б о в

Гетероструктуры (ГС), созданные на основе контакта кристаллического полупроводника (КП) и халькогенидного стеклообразного полупроводника (ХСП), обладают рядом уникальных свойств, являющихся по своей природе комбинацией свойств кристаллических гетеропереходов [1] и стеклообразного компонента (например, порогового переключения [2]). Исследования, проведенные в данной работе, позволили выявить существование индуктивного характера импеданса ГС, что является перспективным для использования в различного рода устройствах.

Исследования проводились известным методом квазистатических вольт-фарадных характеристик (КС ВФХ), применяемым обычно к анализу МДП структур [3]. Применительно к структурам металл (Me)-ХСП-КП анализ результатов эксперимента имел свои особенности, вызванные прежде всего существованием больших токов сквозной проводимости. В этом случае регистрируемая величина тока представляла собой сумму $I = I_{\alpha} \pm I_p$, где I_{α} - ток сквозной проводимости структуры, I_p - ток, пропорциональный емкости образца. При регистрации сигнала на самописец вырисовывается петля гистерезиса, величина которой по вертикали равна $2I_p$, а направление ее обхода зависит от фазы напряжения смещения и импеданса структуры, что и определяло знак в выражении для полного тока. Используя соотношение $I_p = C \frac{dU}{dt}$, где $\frac{dU}{dt}$ - скорость изменения напряжения, нетрудно установить значение емкости структуры C в области инфранизких частот.

Экспериментальные образцы представляли собой пластины монокристаллического кремния p - и n -типов проводимости (КДБ-10 и КЭФ-4, 7) с предварительно созданным с одной из сторон омическим контактом, на которые методом термического вакуумного

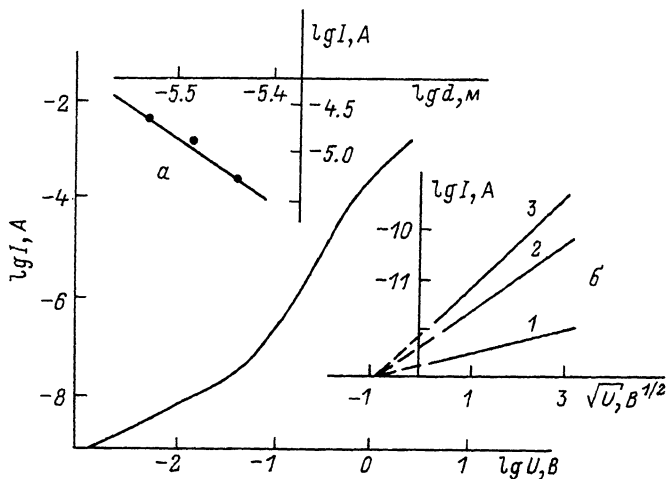


Рис. 1. Вольтамперные характеристики гетероструктуры Sn -ХСП- pSi и зависимость тока от толщины слоя ХСП (а) при температуре 293 К. ВАХ структур при низких температурах (б). 1 - 96 К; 2 - 115 К; 3 - 123 К.

испарения последовательно наносились слои ХСП и металла. В качестве ХСП был выбран состав $Ga_{12}Si_{6.5}Ge_{6.5}As_{25}Te_{50}$, в качестве материала электродов - Sn, Cu, Al , а также прижимные контакты из In . Исследовались структуры с толщинами слоев ХСП 1.4-3.6 мкм.

Свойства всех исследованных структур были идентичны. Экспериментальные результаты для структуры Sn -ХСП- pSi с толщиной аморфной пленки 2.9 мкм представлены на рис. 1, 2. Статические вольт-амперные характеристики (ВАХ) структур при комнатной температуре имели сублинейный, сверхлинейный с показателем степени $n=2.5-4.2$ для различных структур и квадратичные участки, что соответствовало механизму токов, ограниченных пространственным зарядом (ТОПЗ) [4]. Существование режима ТОПЗ подтверждалось зависимостью тока в ГС от толщины пленки ХСП- d , которая подчинялась условию $2(n-1)(\gamma-1)=1$ [5] (рис. 1, а) для выражения $I \sim U^n/d^2$. Указанный вид ВАХ сохранялся в широком диапазоне температур (свыше 130 К) со снижением проводимости на сублинейном [4] и увеличением n на сверхлинейном участках [6] при уменьшении температуры.

КС ВФХ при температурах от 300 до 130 К, полученные в диапазоне ± 10 В и при скорости развертки 0.42 В/с, имели вид сложных петель гистерезиса (рис. 2, б) с участками, указывающими на емкостной импеданс вблизи нулевого смещения, который сме-

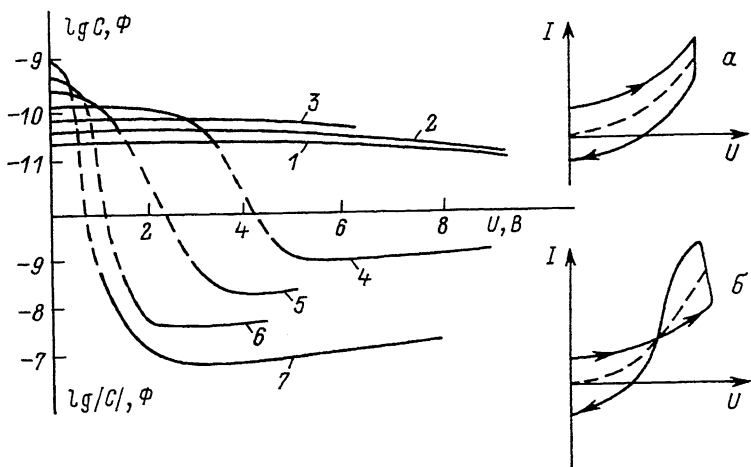


Рис. 2. Зависимости емкости гетероструктуры Sn -ХСП- pSi от смещения и общий вид петель гистерезиса для температур 77 ... 125 К (а) и 130 ... 300 К (б). 1 - 96 К; 2 - 115 К; 3 - 123 К; 4 - 136 К; 5 - 149 К; 6 - 159 К; 7 - 167 К.

нялся на индуктивный при росте напряжения. Анализ ВАХ показал, что точка перехода к индуктивному импедансу находится в конце сублинейного участка, и ее положение зависит от температуры. Например, при температуре 159 К она соответствовала 1 В, а при 131 К - 5.2 В. Емкость структуры сильно зависела от температуры (рис. 2), превышала геометрическую емкость аморфной пленки ($C_r = 135$ пФ) и резко увеличивалась (до двух порядков) при смене характера импеданса.

При уменьшении температуры ниже 130 К „перехлеста“ ветвей гистерезиса не наблюдалось (рис. 2, а), импеданс был только емкостным с небольшой зависимостью емкости (в пределах порядка величины) от приложенного смещения и максимальным значением вблизи нуля. Значение емкости также превышало C_r и зависело от температуры аналогично структурам Me -ХСП- Me [7]. Одновременно с изменением характера импеданса ВАХ переходили к виду, свойственному надбарьерному переносу (рис. 1, б).

Таким образом, приведенные результаты исследований характеристик ГС в области инфранизких частот показали, что при определенных условиях в структурах, созданных на основе контакта КП и ХСП, проявляется индуктивный характер импеданса. Параллельный анализ ВАХ ГС позволил выявить связь между возникновением индуктивного импеданса и переносом заряда по механизму ТОПЗ. Превышение измеренной величины емкости над C_r может происходить из-за особенностей свойств тонких пленок [8], но в этом случае возможно лишь двухкратное увеличение емкости. Более вероятным является процесс, связанный с появлением двойного зарядового

слоя, аналогичный явлениям при объемно-зарядовой поляризации [9]. При этом „кажушееся“ значение диэлектрической проницаемости может достигать 10^6-10^7 .

Отмеченные закономерности можно объяснить с точки зрения модели переноса, носителей заряда в барьерных слоях на основе аморфных полупроводников, предложенной в работе [10]. Носители заряда, инжектированные в объеме ХСП из кристаллической подложки, будут преимущественно рекомбинировать с равновесным зарядом аморфной пленки и захватываться на состояния в щели подвижности вблизи границы раздела двух сред, т. к. времена этих процессов гораздо меньше максвелловского времени релаксации заряда. Возникающий при этом объемный заряд приводит к ограничению тока в структуре, который будет определяться степенью освобождения захваченного заряда, что и приводит к появлению индуктивного импеданса. С другой стороны, объемный заряд будет также увеличивать емкость структуры, а изменение его будет приводить к изменению емкости при изменении внешнего смещения. При низких температурах, когда инжекция носителей заряда ограничена барьером на гетеропереходе, свойства ГС определяются процессами переноса через этот барьер. В этом случае проявляется емкость гетероперехода.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Шарма Б.Л., Пурохит Р.К. Полупроводниковые гетеропереходы. М., 1979. 232 с.
- [2] Костылев С.А., Шкут В.А. Электронное переключение в аморфных полупроводниках. Киев, 1978. 203 с.
- [3] Зи С. Физика полупроводниковых приборов. М., 1984, кн. 1, 456 с.
- [4] Ламперт М., Марк П. Инжекционные токи в твердых телах. М., 1973. 416 с.
- [5] Карбанов С.М., Глебов А.С., Соломенников Г.В., Живодеров А.Н. // Изв. вузов. Физика. 1984. № 11, С. 119-121.
- [6] Технология тонких пленок. М., 1977. 768 с.
- [7] Simaskevich A.A., Shutov S.D. // Phys. Stat. Sol. (a). 1984. V. 84. N 1. P. 343-352.
- [8] Heiman F.P., Warfield G. // J. Appl. Phys. 1965. V. 36. N 10. P. 3206-3211.
- [9] Вест А.А. Химия твердого тела. М., 1988. 334 с.
- [10] Гибадатов И.Ю. // Электронная техника. 1988. Сер. 6. В. 4(280). С. 40-42.

Рязанский радиотехнический
институт

Поступило в Редакцию
29 января 1989 г.
В окончательной редак-
ции 5 июля 1989 г.