

О МЕХАНИЗМЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В АМОРФНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ

С. М. Рыскин

Эффект переключения в аморфных полупроводниках, усиленно изучаемый в последние годы (см., например, [1 – 3]), до сих пор не нашел однозначного убедительного объяснения [4].

В настоящем сообщении предлагается механизм переключения, который должен иметь место в аморфных полупроводниках, если для них справедлива модель [5].

Согласно этой модели аморфный (стеклообразный) полупроводник представляет из себя систему, в которой за счет сильных флуктуаций в пространственном распределении заряда возникают столь мощные флуктуации потенциала и потенциальной энергии электронов, что соот-

ветствующие изгибы энергетических зон оказываются порядка ширины запрещенной зоны полупроводникового материала.

Легко видеть, что в этих условиях полупроводник представляет из себя чередующиеся области *n*- и *p*-типа, т. е. систему большого числа *n-p*-переходов (рис. 1, *a*).

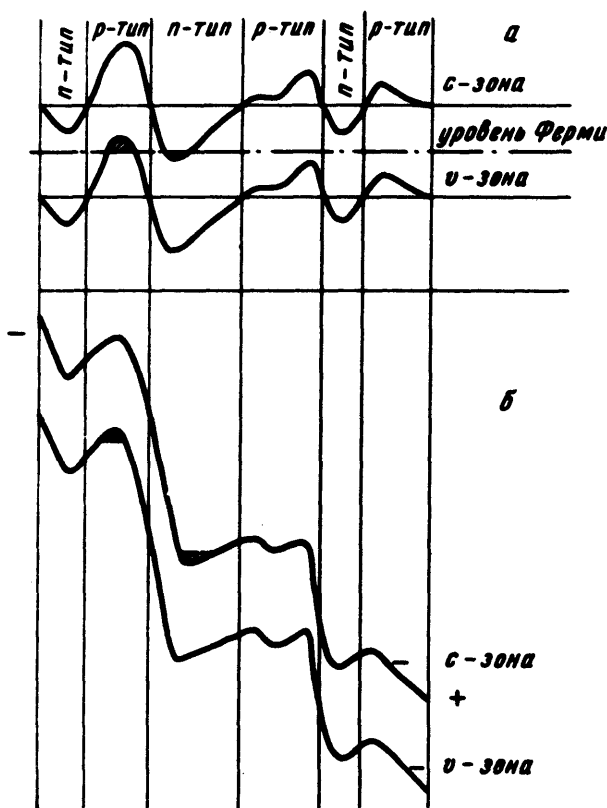


Рис. 1. Плоский разрез энергетической схемы аморфного полупроводника: *a* — в равновесии, *б* — приложено напряжение

Однако такая система последовательно включенных *n-p*-переходов при приложении напряжения (рис. 1, *б*) должна обладать *S*-образной вольт-амперной характеристикой, т. е. эффектом переключения (по току). Действительно, для системы, состоящей, например, из четырех областей (т. е. *n-p-n-p*-структуры, характерной для "тиристор" (рис. 2, *a*), это хорошо известно [6]. В такой структуре при приложении достаточно большого напряжения (рис. 2, *б*) возникает неустойчивость, приводящая к переключению в состояние с более высоким значением тока. Действительно, электроны, инжектируемые на левом *n-p*-переходе (1), пройдя *p*-область и скатившись в *n*-область III, понижают своим зарядом барьер для дырок на правом переходе (3). Это увеличивает инжекцию дырок из области IV в область III и далее в область II. Дырки в области II в свою очередь понижают барьер (1) для электронов и т. д. Процесс завершается переходом в состояние с малым сопротивлением и характеризуется вольт-амперной характеристикой *S*-образного типа.

Анализ вольт-амперной характеристики для структур, содержащих больше, чем 4 чередующиеся *n*- и *p*-области, проделанный в ряде работ (см., например, [7]), показал, что *S*-образный тип характеристики для них сохраняется.

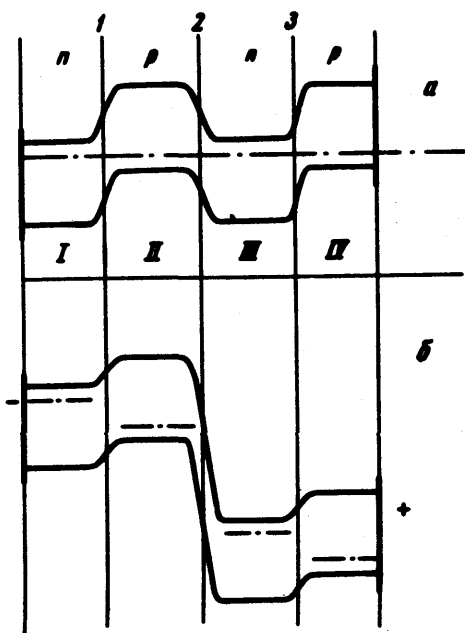


Рис. 2. Энергетическая схема четырехслойной *p-p-n-p*-структуры: *a* — в равновесии, *б* — приложено напряжение

Аморфный полупроводник, разумеется, не является строго периодической плоской структурой, для которой получен вывод о *S*-образности вольт-амперной характеристики.

Однако качественный характер эффекта переключения в аморфном полупроводнике (т. е. при хаотическом распределении размеров и формы чередующихся *n*- и *p*-областей), разумеется, сохраняется с тем отличием, что в качестве барьера, преодолеваемого электронами (дырками) при инжекции, выступает энергетическое расстояние от уровня Ферми (или края зоны) до соответствующих "уровней протекания".

Следует отметить также, что поскольку с каждым из электродов аморфного переключающего элемента контактируют как *n*-, так и *p*-области, то наиболее близким аналогом аморфной структуры следует считать известный многослойный прибор с симметричной характеристикой, именуемый "симистором" или "триаком" [8].

Для реальных аморфных переключающих элементов характерно большое разнообразие характеристик. Это, по-видимому, в значительной мере связано с тем, что шунтирование тока, возникающее при *S*-образной характеристике, приводит к эффектам (иногда необратимым), связанным с разогревом полупроводника.

Нам представляется, однако, что первичный механизм переключения не связан с разогревом и имеет электронную природу, описанную выше.

В заключение автор выражает признательность А.И.Уварову, Б.И.Шкловскому и И.С.Шлимаку за полезное обсуждение работы.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
12 апреля 1972 г.

Литература

- [1] J.F.Dewald, A.D.Pearzon, W.R.Northover, W.F.Peck. J.Electrochem. Soc., 109, 243 C, 1962.
 - [2] Б.Т.Коломиец, А.Е.Лебедев. Радиотехника и электроника, 8, 2097, 1963.
 - [3] S.P.Ovshinsky. U.S.Patent 3.271.591, 1966; Phys. Rev. Lett., 21, 1450, 1968.
 - [4] N.F.Mott. Phil. Mag., 24, 911, 1971.
 - [5] H.Fritzsche. J.Non-Cryst. Sol., 6, 49, 1971; Б.И.Шкловский. Письма в ЖЭТФ, 14, 397, 1971; Б.И.Шкловский, А.Л.Эфрос. ЖЭТФ, 62, 1156, 1972.
 - [6] J.L.Moll, M.Tanenbaum, J.M.Croldey, N.Holonyak. Proc of the IRE, 44, 1174, 1956.
 - [7] И.В.Грехов, Л.С.Костина. ФТП, 4, 1462, 1970.
 - [8] Ф.Джептри, Ф.Гутцвиллер, Н.Голоньяк, Э.фон Застров. Управляемые полупроводниковые вентили, М., изд. Мир, 1967 г, стр. 170.
-