

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МАГНИТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПОЛЯРНЫХ МАГНИТОДИОДОВ

Г. А. ЕГИАЗАРЯН, С. А. АЛТУНЯН, Э. И. КАРАКУШАН,
Ю. С. МАНВЕЛЯН, В. И. МУРЫГИН

Исследована зависимость полярной и дифференциальной магниточувствительности от условий на противоположных поверхностях базы магнитодиода. Показано, что у большинства исследованных магнитодиодов зависимость тока от напряжения имеет степенной характер. Показатель степени зависит от расстояния между контактами, толщины пластины, токов через магнитодиод и от величины и направления магнитного поля. Проведено обсуждение полученных зависимостей.

В настоящее время имеется лишь несколько работ [1, 2] по кремниевым полярным магнитодиодам, т. е. магнитодиодам, смена знака магниточувствительности которых зависит от направления магнитного поля. Установлено, что для получения полярных магнитодиодов необходимо выполнение ряда конструктивных и технологических условий.

В настоящей работе приводятся результаты исследования магниточувствительности и вольт-амперной характеристики (ВАХ) полярных магнитодиодов. Магнитодиоды изготовлялись методами сплавления и ионного легирования [2]. ВАХ магнитодиодов, изготовленных этими двумя методами, практически были аналогичными. Магнитное поле было направлено так, что носители отклонялись либо к поверхности, на которой расположены контакты (обозначим ее B^-), либо от нее (B^+).

Исследования проводились на магнитодиодах, изготовленных тремя разными партиями. Поскольку SiO_2 на поверхности кремния имеет встроенный заряд положительного знака [3], то для получения отрицательного потенциала с целью уменьшения на планарной стороне скорости поверхностной рекомбинации пластины кремния первой партии обрабатывались раствором бихромата калия. С той же целью на пластинах второй партии осаждалась пленка Al_2O_3 , имеющая отрицательный встроенный заряд. Обработка раствором бихромата калия в этом случае не производилась. Третья партия не подвергалась вышеуказанным обработкам. Полярная магниточувствительность наблюдалась на магнитодиодах, изготовленных на пластинах первой и второй партий.

На рис. 1а представлена ВАХ магнитодиода из первой партии, изготовленной на пластине толщиной 180 мкм. Аналогичный вид имеет ВАХ магнитодиодов из второй партии. Как видно из рисунка, отрицательный знак магниточувствительности имеет место при направлении B^- , т. е. при таком направлении магнитного поля ВАХ расположена «левее» ВАХ, измеренной в отсутствие магнитного поля. Была обнаружена сильная зави-

симость магниточувствительности от толщины кремниевой пластины. С уменьшением толщины пластины отрицательная и положительная магниточувствительности растут.

На рис. 16 приведена ВАХ магнитодиода из третьей партии, изготовленной на пластине толщиной 180 мкм. Как видно, магниточувствительность не меняет знака. Уменьшение толщины пластины не приводит к появлению отрицательного знака магниточувствительности при направлении B^- .

Дифференциальная вольтовая магниточувствительность (ДВМ) оценивалась из вольт-тесловых характеристик (ВТХ). На рис. 2а приведена ВТХ магнитодиода из второй партии. Как видно из рисунка, при направлении B^- имеется минимум, отчетливо проявляющийся при токах 4 и 5 мА. При направлении B^+ напряжение на магнитодиоде монотонно рас-

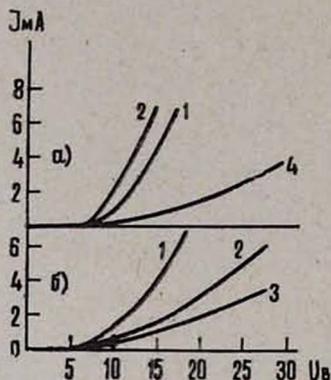


Рис. 1.

Рис. 1. ВАХ полярного (а) и неполярного (б) магнитодиода в магнитном поле $\pm 0,3$ Т и без магнитного поля: 1— $B = 0$; 2— $B = -0,3$ Т; 3— $B = +0,3$ Т.

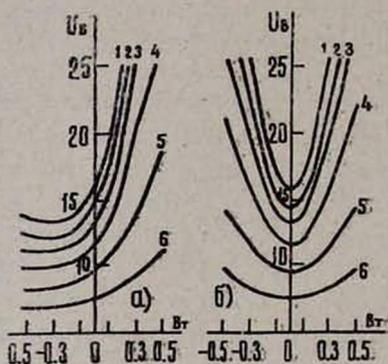


Рис. 2.

Рис. 2. ВТХ полярного (а) и неполярного (б) магнитодиода при различных значениях тока I : 1—5; 2—4; 3—3; 4—2; 5—1; 6—0,5 мА.

тет с увеличением B . Поскольку ДВМ численно равна тангенсу угла наклона касательной к кривой ВТХ, следовательно при полях направления B^- она меньше нуля, т. е. в минимуме равняется нулю, а правее минимума становится положительной.

Следует отметить, что ДВМ при $B = 0$ отлична от нуля. На рис. 26 приведена ВТХ магнитодиода из третьей партии. Из рисунка следует, что напряжение на магнитодиоде с ростом B (при обоих направлениях) возрастает, т. е. на магнитодиодах, изготовленных на пластинах третьей группы, полярная магниточувствительность не проявляется. ДВМ составляет доли мВ/мТ.

В длинных диодах, когда ток определяется диффузией инжектированных носителей, зависимость тока от напряжения имеет экспоненциальный характер [4]. В них высокая чувствительность к воздействию магнитного поля проявляется при определенном отношении расстояния d между p - n -

переходом и вторым контактом к длине диффузионного смещения L . Результаты исследования показали, что для кремниевых магнитодиодов это отношение есть $d/L \approx 6 \div 7$.

В работе [5] отмечалось, что зависимость тока от напряжения в длинном диоде имеет степенной характер, если $d/L > 10$. На рис. 3а, б в логарифмическом масштабе приведены ВАХ двух полярных магнитодиодов с разными значениями d . ВАХ снимались при разных толщинах полупроводниковой пластины. Как следует из рисунков, ВАХ исследуемых магнитодиодов подчиняется закону $I \sim U^\alpha$. При этом α принимает различные

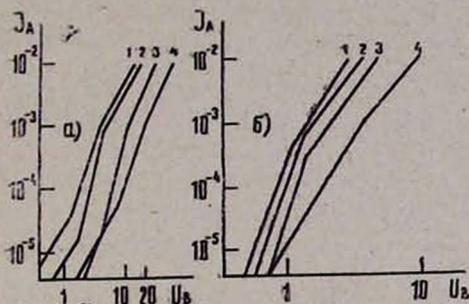


Рис. 3.

Рис. 3. ВАХ полярных магнитодиодов с $d = 990$ мкм (а) и $d = 470$ мкм (б) в логарифмическом масштабе при разных толщинах пластины: 1—960; 2—500; 3—250; 4—180 мкм.

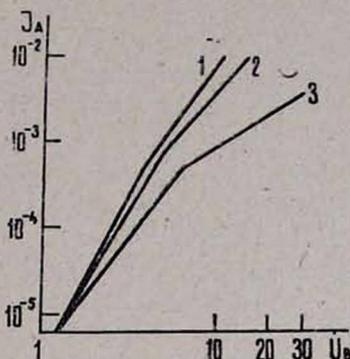


Рис. 4.

Рис. 4. ВАХ полярного магнитодиода в логарифмическом масштабе без магнитного поля и в поле $B = \pm 0,3$ Т: 1— $B = -0,3$ Т; 2— $B = 0$, 3— $B = 0,3$ Т.

значения в зависимости от d , толщины пластины и диапазона токов (табл. 1, 2). В таблицах указаны также области токов, где наблюдается степенная зависимость тока от напряжения с неизменным значением α . Определены отношения d/L для каждого значения толщины пластины. ВАХ магнитодиодов с $d = 990$ мкм имели три участка с неизменным α . ВАХ магнитодиодов с $d = 470$ мкм имели как два, так и три участка с постоянным значением α .

Таблица 1

($d = 990$ мкм)

Толщина пластины (мкм)	$(d = 990 \text{ мкм})$				
	10^{-5} А	от $4 \cdot 10^{-5}$ до 10^{-3} А	$d/L\alpha$	от 10^{-3} до 10^{-2} А	$d/L\alpha$
960	$\alpha = 1,6$	$\alpha = 3$	$6 \div 9$	$\alpha = 2,2$	$20 \div 30$
500	$\alpha = 2$	$\alpha = 4$	$4 \div 6$	$\alpha = 2,3$	$14 \div 20$
250	$\alpha = 1,7$	$\alpha = 3,8$	$5 \div 7$	$\alpha = 2,4$	$12 \div 18$
180	$\alpha = 1,6$	$\alpha = 2,8$	$7 \div 10$	$\alpha = 2,4$	$12 \div 18$

Учитывая определенную погрешность, связанную с экспериментом, можно степенную зависимость с $\alpha \geq 3$ аппроксимировать экспонентой.

$(d=470 \text{ мкм})$

Толщина пластины (мкм)	от $4 \cdot 10^{-6}$ до $4 \cdot 10^{-4} \text{ А}$	$d/L\alpha$	от $4 \cdot 10^{-4}$ до 10^{-2} А	$d/L\alpha$
960	$\alpha=5,2$	$3,3 \div 5$	$\alpha=3$	$6 \div 9$
500	$\alpha=6$	$3 \div 4,5$	$\alpha=2,8$	$7 \div 10$
250	$\alpha=6$	$3 \div 4,5$	$\alpha=2,7$	$7,5 \div 11$
180	$\alpha=3$	$6 \div 9$	$\alpha=2,5$	$10 \div 15$

Действительно, как видно из приведенных полулогарифмических зависимостей тока от напряжения при токах от $4 \cdot 10^{-6}$ до $4 \cdot 10^{-4} \text{ А}$ ВАХ близка к прямой, т. е. в этом диапазоне ток обусловлен, в основном, диффузией носителей, а в диапазоне токов от $4 \cdot 10^{-4}$ до 10^{-2} А — и диффузией, и дрейфом.

Как видно из таблицы, с ростом тока отношение d/L увеличивается. Это связано с уменьшением L , обусловленным уменьшением времени жизни носителей вследствие повышения концентрации инжектированных носителей.

Показатель степени α зависит также от величины и направления магнитного поля. На рис. 4 приведена ВАХ полярного магнитодиода в магнитном поле и без поля. При направлении магнитного поля B^- на всех участках ВАХ α растет. При противоположном направлении магнитного поля B^+ α уменьшается. Такую зависимость можно объяснить уменьшением времени жизни носителей на соответствующих поверхностях, к которым направляются потоки носителей под действием магнитного поля.

Поступила 27.III.1979

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Arai, T. Yamada. Silicon Magnetodiode, Supplement to the J. Jap. Soc. Appl. Phys., 40, 93 (1971).
2. Г. А. Елизарян и др. ФТП, 11, 2270 (1978).
3. В. Ф. Сыновов и др. МДП структуры, Изд. ВГУ, Воронеж, 1975.
4. В. И. Стафеев. ЖТФ, 28, 1631 (1958).
5. М. Ламперт, П. Марк. Инжекционные токи в твердых телах, Изд. Мир, М., 1973.

ԲԵՎԵՌԱՅԻՆ ՄԱԳՆԻՍՏԱԴԻՈԴԵՆԵՐԻ ՄԱԳՆԻՍՏՉԳԱՅՆՈՒԹՅԱՆ ԵՎ
ՎՈԼՏ-ԱՄՊԵՐԱՅԻՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Գ. Ա. ԵՂԻԱԶԱՐՅԱՆ, Ս. Ա. ԱԹՈՒՆՅԱՆ, Է. Ի. ԿԱՐԱԿՈՒՇԱՆ,
ՅՈՒ. Ս. ՄԱՆՎԵԼՅԱՆ, Վ. Ա. ՄՈՐՐԻԳԻՆ

Աշխատանքում հետազոտվում է բևեռային դիֆերենցիալ մագնիսազգայնության կախումը մագնիսադիոդի հակադիր մակերևութների վրա ստեղծված պայմաններից: Ցույց է տրված, որ հոսանքի կախումը լարումից ունի աստիճանային բնույթ և աստիճանացույցը կախված է

THE STUDY OF V - A CHARACTERISTICS OF POLAR MAGNETODIODES AND THE MAGNETOSENSITIVITY

H. H. EGIAZARYAN, S. A. ALTUNYAN, E. I. KARAKUSHAN,
Yu. S. MANVELYAN, V. I. MURYGIN

The dependence of polar and differential magnetosensitivities upon the state of opposite surfaces of magnetodiode basis were studied. It was shown that the dependence of current upon the voltage goes as $I = U^2$. The obtained dependences are explained by means of theoretical V - A characteristics calculated in the drift approximation taking into account the contribution of the diffusion component in the contact regions of the basis.