

ВСТРЕЧНЫЕ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДОМЕНЫ В МОНОКРИСТАЛЛАХ SbSI

А. Г. Ждан, Е. В. Ченский, Е. С. Артоболевская,
Р. С. Георгидовер, Э. И. Рай, В. И. Петров

В [1] была предсказана возможность возникновения в сегнетоэлектриках-полупроводниках под действием инжектирующего контактного поля встречных сегнетоэлектрических доменов, образование которых должно приводить к ряду особенностей в электрических характеристиках сегнетоэлектрика: немонотонному распределению потенциала, скачкам электропроводности и пр. Согласно [2], аналогичные явления могут проявляться и при эффекте поля в сегнетоэлектрике. Очевидно, что эти явления особенно легко наблюдать при наличии запорных (например, Шотткивских [3]) контактов, обеспечивающих при определенных условиях как инжекцию носителей (эмиссия Шоттки), так и эффект поля (обедненный слой можно рассматривать как "диэлектрик", изолирующий металлический контакт – "полевой электрод").

Одним из главных следствий существования встречных доменов является немонотонное распределение потенциала вдоль сегнетоэлектрической оси кристаллов [1]. В принципе, его можно обнаружить зондовым методом, однако подобные измерения, проведенные на SbSI [3, 4] и BaTiO₃ [5], не выявили такого рода особенностей. В настоящей работе качественно исследовалось распределение потенциала в монокристаллах SbSI методами растровой электронной микроскопии [6]. Использовался РЭМ ISM-U3, работавший в режиме вторичной электронной эмиссии. Исследования проводились в сегнето- и парафазах при различных напряжениях на образцах с напыленными Sb-контактами, наносившимися на грань {110}; направление внешнего поля совпадало с направлением С-оси.

Измерения, проведенные в парафазе, показали, что внешнее напряжение концентрируется, в основном, на аноде (рис. 1, а). Это легко понять, если учесть дырочный характер электропроводности SbSI [3, 8, 9]. Для сегнетофазы в распределении потенциала появляется ряд особенностей, связанных с возникновением спонтанной поляризации и существованием выделенного направления, наличие которого обуславливает отсутствие внешнего поля определенное направление спонтанной поляризации (его легко инициировать по пиротоку). В отсутствие напряжения, в сегнетофазе, так же как и в парафазе, вблизи электродов видны скачки контактного потенциала (рис. 1, а, б; $U = 0$). При включении внешнего поля навстречу спонтанной поляризации при сравнительно небольших напряжениях ($U \leq 20$ в) все приложенное поле падает у анода (рис. 1, б). С увеличением напряжения внешнее поле начинает проникать вглубь образца и при некотором значении напряжения в кристалле возникает отрицательно заряженная область (рис. 1, г), что свидетельствует о немонотонном распределении потенциала в кон-

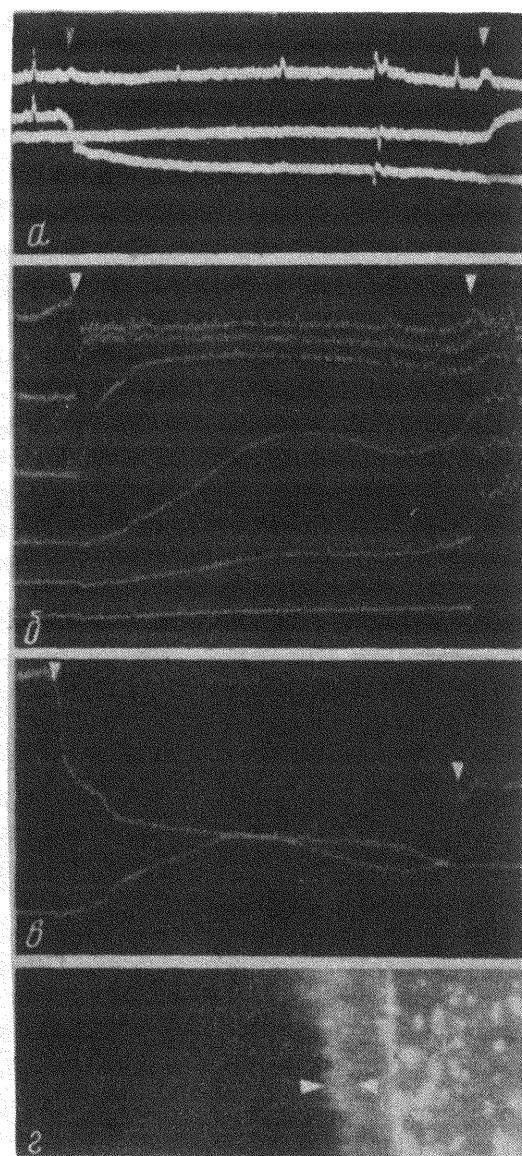


Рис. 1. Распределения плотности тока вторичных электронов по поверхности кристалла SbSI (температура Кюри — + 21,5°C) при различных значениях приложенного напряжения (U). Ширина контактного зазора — 1 мм. Вертикальными стрелками обозначены границы контакта. *a* — парафаза; $T = 60^\circ\text{C}$. Верхняя кривая $U = 0$; нижние кривые — $U = \pm 100\text{e}$ (основное падение напряжения сосредоточено у анода); *b* — сегнетофаза; $T = 18^\circ\text{C}$, внешнее поле включено навстречу спонтанной поляризации, $U = 0; 10; 20; 40; 60; 100\text{e}$ (сверху вниз, соответственно); *c* — $T = 18^\circ\text{C}$, $U = \pm 40\text{e}$ (при $U = + 40$ в внешнее поле включено навстречу спонтанной поляризации). *d* — электронная микрофотография границы встречных доменов (граница указана горизонтальными стрелками).

тактном зазоре и иллюстрируется (рис. 1, б, $U = 40, 60$ в) неоднородным распределением плотности тока вторичных электронов, непосредственно связанным с распределением потенциала в образце [7]. Это обусловлено, в соответствии с представлениями [1], переполяризацией прианодной области сегнетозлектрика и возникновением встречных доменов. Интересно, что с изменением направления поляризации в прианодной области исчезает прианодный запорный слой, а приложенное напряжение полностью распределяется в объеме SbSI. О влиянии поляризации на высоту контактного барьера свидетельствует выпрямление тока в заполяризованном образце с симметричными контактами в полях меньших коэрцитивного ток через кристалл максимален, если поле направлено против поля, которым он был заполяризован. Максимальный коэффициент выпрямления достигает 100. При больших напряжениях ($U > 60$ в) немонотонность в ходе потенциала исчезает, что означает исчезновение встречных доменов, а все приложенное напряжение сосредотачивается у катода, по-видимому, в контактном зазоре Sb – SbSI.

При включении внешнего поля в направлении спонтанной поляризации немонотонность в ходе потенциала, а, следовательно, и встречные домены, естественно, не возникают (рис. 1, в). При этом, как и в предыдущем случае, проявляется, однако, характерное перераспределение потенциала от анода к катоду.

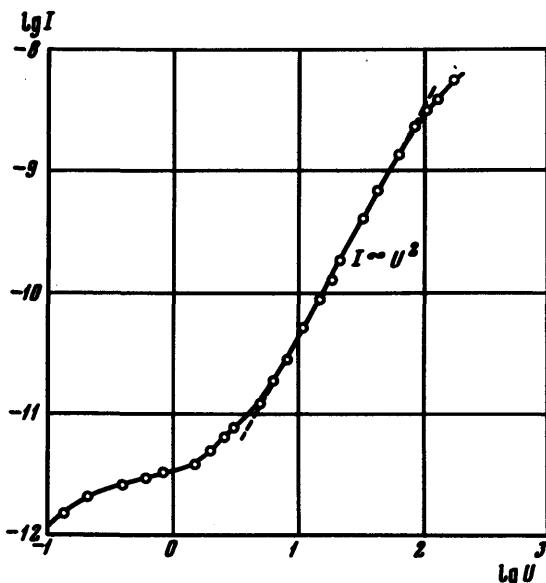


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика монокристалла SbSI:
I – амперы, U – вольты. Условия измерения соответствуют рис. 1, б.

Наблюдаемые особенности распределения потенциала отражаются на вольт-амперных характеристиках ВАХ(рис. 2): на начальных участках ВАХ наблюдается насыщение тока, характерное для запорного контакта [3]; исчезновение обедненного слоя при больших напряжениях сопровождается переходом к квадратичной ВАХ, а при сосредоточении поля на катоде ВАХ становится более пологой.

В заключение отметим, что все наблюдавшиеся ранее зондовым методом [3, 4] распределения потенциала в SbSI содержатся, как частные случаи, среди приведенных выше кривых.

Авторы благодарят В.А.Ляховицкую за монокристаллы SbSI.

Институт
радиотехники и электроники
Академии наук СССР

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
21 июня 1971 г.

Литература

- [1] В.Ф.Крапивин, Е.В.Ченский, ФТТ, 12, 597, 1970.
 - [2] Е.В.Ченский, В.Б.Сандомирский, ФТП, 3, 857, 1969.
 - [3] А.Г.Ждан, Е.С.Артоболевская, ФТТ, 13, 1242, 1971.
 - [4] K.Ohi, K.Irie, J. Phys. Soc. Japan, 28, 1379, 1970.
 - [5] R.Williams, J. Phys. Chem. Solids, 26, 399, 1965.
 - [6] C.W.Oatley, T.E.Everhart., J. Elect. Control, 2, 568, 1957.
 - [7] Н.Н.Седов, Г.В.Спивак, Г.В.Сапарин, В.Г.Галстян. Радиотехника и электроника, 13, 2278, 1968.
 - [8] M.Barbe, D.Brudebois, M.Dimani, M.Laurent. C. r. Acad. Sci., C268, 2053, 1969.
 - [9] K.Toyoda, K.Ishikawa. J. Phys. Soc. Japan, 28, Suppl, 451, 1970.
-