

ФОТОСЕГНЕТОШУМОВОЙ ЭФФЕКТ. ОБНАРУЖЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ.

Н.Б.Лукьянчикова, М.К.Шейнкман, А.П.Литвичий

Обнаружен новый фотосегнетоэлектрический эффект, названный нами фотосегнетошумовым. Сущность его состоит в том, что при освещении c -доменного монокристалла $BaTiO_3$ на электродах, нанесенных на грань (001) возникает флуктуирующее напряжение в широком частотном диапазоне, значительно превышающее уровень тепловых шумов. Исследованы некоторые особенности явления и рассмотрены возможные его механизмы.

Немногочисленные работы по шумам в сегнетоэлектриках посвящены обоснованию нового шумового метода исследований и результатам измерений параметров сегнетоэлектриков в линейном и бесполовом режиме не содержат, к сожалению, существенно новых данных о специфике и механизмах фотосегнетоэлектрических процессов, например, [1,2].

Между тем, как известно, изучение флуктуационных процессов в полупроводниках позволяет в принципе получить богатую информацию как о природе различных неравновесных процессов, протекающих в них, так и о параметрах локальных центров в однородных кристаллах, о механизмах прохождения тока через неоднородные структуры, контакты p - n -переходы и гетероструктуры, например, [3 - 5]. Преследуя подобные цели, мы изучали электрические шумы в монокристаллах BaTiO_3 в темноте и при их освещении.

Ниже описан новый обнаруженный нами фотосегнетошумовой эффект, связанный с фотосегнетоэлектрическими свойствами BaTiO_3 .

Исследования проводились в интервале температур $T = 20^\circ - 180^\circ \text{C}$ на предварительно протравленных в H_3PO_4 при 130°C пластинчатых c -доменных монокристаллах толщиной $100 + 300 \text{ мкм}$, выращенных по методике Ремейка и имевших удельное сопротивление $10^8 - 10^{11} \text{ ом} \cdot \text{см}$. Полупрозрачные электроды наносились на грани (001), перпендикулярные сегнетоэлектрической оси, путем испарения в вакууме золота, а также химическим осаждением серебра. Для измерения шумов на этих контактах использовалась установка и методика, описанные в работах [6,7]. Импеданс кристаллов $Z(f)$ определялся на мосте ВМ401Е. Образцы освещались через электроды неполяризованным светом лампой накаливания; набор светофильтров пропускал свет в области $410 < \lambda < 460 \text{ нм}$, соответствующей поглощению. Температура образцов в термостате измерялась хромель-алюмелиевой термопарой, расположенной в непосредственной близости от образца. Термостабилизация осуществлялась с точностью $\sim 0,01^\circ \text{C}$ в области температур $20 - 180^\circ \text{C}$.

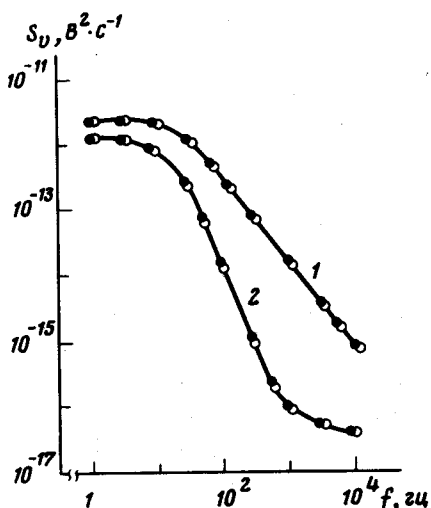


Рис. 1. Спектральная плотность шумов: ● — в темноте, ○ — на свету; 1 — при $T = 22,3^\circ \text{C}$ 2 — при $T = 118,8^\circ \text{C}$

Результаты исследований сводятся к следующему.

1. Наблюдаемое в темноте в области температур ниже фазового перехода ($T_c = 118,5^\circ \text{C}$) напряжение равновесных тепловых шумов, определяется, как и следует ожидать, формулой Найквиста. Представленная на рис. 1 (кривая 1) спектральная плотность тепловых шумов, измеренных в темноте, и шумов, измеренных при тех же условиях, но при

освещении кристалла во всем исследованном диапазоне частот $1 - 10^4 \text{ Гц}$ полностью совпадают. Частотные зависимости комплексного сопротивления $Z(f)$, измеренные на свету и в темноте, одинаковы. Это означает, что в исследованной области температур величина фотопроводимости $\Delta\sigma_{\text{ф}}$ была значительно меньше темновой проводимости $\sigma_{\text{т}}$, например, вследствие сильной рекомбинации фотоносителей. Более того, эквивалентное шумовое сопротивление, определяемое из спектральной плотности шумов, совпадает с $\text{Re}Z(f)$ кристалла, что свидетельствует об отсутствии избыточных шумов. Такая картина сохраняется в сегнетоэлектрической области вплоть до температур вблизи фазового перехода.

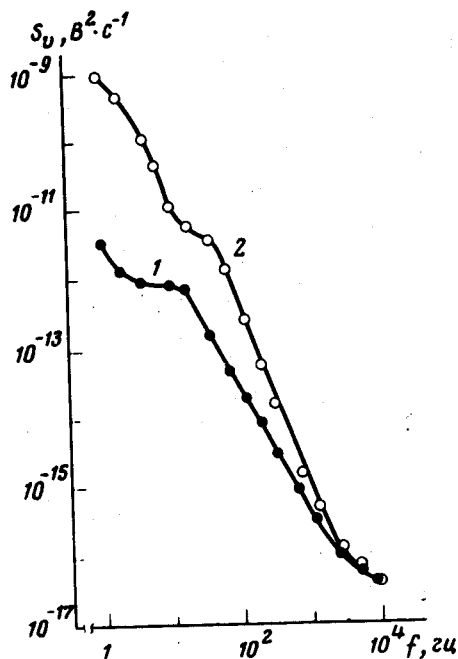


Рис. 2. Спектральная плотность шумов при температуре $T \approx T_c = 118,5^\circ\text{C}$: 1 — в темноте, 2 — на свету

2. При температурах, достаточно близких к T_c ($T = 117,5 + 118,2^\circ\text{C}$) при освещении c -доменного монокристалла через полупрозрачные электроды на них возникает флуктуирующее напряжение в широком частотном диапазоне, значительно превышающее уровень тепловых (найквистовых) шумов (рис. 2). Спектральная плотность этих шумов (кривая 2) сильно отличается от спектра тепловых шумов (кривая 1) при сохраняющемся и в этой области температур равенстве импедансов освещенного и неосвещенного кристалла.

3. Наблюдаемый эффект при повышении температуры на $1 - 2^\circ\text{C}$ и переходе в парафазу пропадает. Так, представленные на рис. 1 значения спектральной плотности шумов образца в темноте и при освещении совпадают (кривая 2) уже при $T = 118,8^\circ\text{C}$. В парафазе, как и в сегнетофазе, эквивалентное шумовое сопротивление освещенного и неосвещенного кристалла совпадают с $\text{Re}Z(f)$ кристалла.

4. При освещении кристалла модулированным светом на его контактах возникает фотоэдс, причем это имеет место лишь в том узком

температурном интервале, в котором наблюдается рассматриваемый фотошумовой эффект.

5. Эффект наблюдается как на восстановленных, так и на невосстановленных кристаллах, и на различных контактах (золото, серебро, аквадаг, раствор LiCl).

Таким образом, фотосегнетошумовой эффект представляет собой флуктуации фотонапряжения (превышающие тепловые шумы) возникающие при освещении сегнетоэлектрика в области фазового перехода.

Можно рассмотреть несколько возможных причин такого шума:

а) исследованные флуктуации могут сопровождать возникновение аномально высоких фотонапряжений в однородном сегнетоэлектрике при его однородном освещении (обнаруженные Глассом [8]). В этом случае, однако следует ожидать более широкий температурный интервал наблюдения эффекта в соответствии с широкой областью температур, где наблюдается аномальная эдс [8]; б) рассматриваемые шумы являются флуктуациями обычной фотоэдс в исходно неоднородном сегнетоэлектрике. Однако такая ЭДС (и, соответственно шумы) должны сохраняться и в парафазе, где неоднородности не исчезают, что противоречит полученным результатам; в) измеренный шум представляет собой флуктуации фотоэдс, возникающей на неоднородностях, которые отсутствуют в образце вдали от фазового перехода, но появляются в области перехода при его освещении, например, из-за возникновения межфазовых границ [9, 10]. Принимая во внимание свойства таких фазовых границ: устойчивость при температуре T_0 , наличие структуры, имеющей свойства гетероперехода и потому приводящей к появлению шума [4], мы склонны думать, что именно эта причина наблюдаемого фотошумового эффекта более вероятна.

Институт полупроводников
Академии наук
Украинской ССР

Поступила в редакцию
15 января 1978 г.
После переработки
28 февраля 1978 г.

Литература

- [1] J. Brophy, S.L. Webb, Phys. Rev., 128, 584, 1962.
- [2] L. Godefroy, J. Phys. (France), 33, suppl. C-2, 44, 197.
- [3] N.B. Lukyanchikova, N.P. Garbar, M.K. Sheinkman, M.N. Zargarjante. Solid-St. El., 15, 801, 1972.
- [4] Н.Б. Лукьянчикова, Н.П. Гарбар, М.К. Шейнкман, Б.Д. Солганик, Л.М. Панасюк. Кн. "Проблемы физики соединений $A^{II}B^{VI}$ ", т. II, Вильнюс, 1972, стр. 137.
- [5] N.B. Lukyanchikova, G.S. Pekar, N.N. Tkachenko, Hoang Mi Shin, M.K. Sheinkman, Solid - St. Elektron, 20, 879, 1977.
- [6] Н.Б. Лукьянчикова, Н.Б. Гарбар, ПТЭ, №2, 178, 1966.
- [7] Н.Б. Лукьянчикова, М.К. Шейнкман, ФТП, 1, 345, 1967.

[8] A.M.Glass et. al. Appl. Phys. Lett., 25, 233, 1974.

[9] J.C.Burfoot, T.L.Parker, Brit. J. Appl. Phys., 17, 213, 1966.

[10] M.DiDomenico, S.K.Wemple. Phys. Rev., 155, 539, 1967.
