

06;11;12

О природе подвижного заряда в пассивирующих покрытиях на основе свинцово-боро-силикатных стекол

© С.И. Власов, П.Б. Парчинский, А.А. Насиров, Б.А. Олматов

Ташкентский государственный университет,
700095 Ташкент, Узбекистан

(Поступило в Редакцию 18 июня 1998 г.)

Исследованы температурные зависимости величины подвижного заряда в пассивирующих покрытиях на основе свинцово-боро-силикатных стекол. Предложены механизмы образования подвижного заряда в структуре стекла. Показано, что увеличение содержания кристаллической фазы в объеме пассивирующих покрытий приводит к усилению температурной зависимости величины подвижного заряда.

Наличие подвижных зарядов в диэлектрических покрытиях, используемых для пассивации поверхностей полупроводников, оказывает существенное влияние на характеристики пассивируемых приборов [1]. В работе [2] обнаружено наличие подвижного заряда в объеме пассивирующих покрытий на основе свинцово-боро-силикатных стекол. Целью настоящей работы является определение механизма формирования этого заряда.

Состав и способ изготовления исследуемых покрытий аналогичны описанным в [3]. Исследуемые структуры были разделены на 2 группы: покрытия структур группы 1 оплавились при $T = 680^\circ\text{C}$, а покрытия структур группы 2 — при $T = 700^\circ\text{C}$.

Для исследования зарядов, локализованных в объеме диэлектрика, использовался метод высокочастотных вольт-фарадных характеристик [4]. Измерения проводились мостовым компенсационным методом в темноте в интервале температур от -30 до $+80^\circ\text{C}$ с временной выдержкой в каждой точке $t_0 = 2 \text{ min}$. Частота тестового сигнала составляла $80 \text{ kHz} - 1.5 \text{ MHz}$, что удовлетворяет критериям высокочастотности вольт-фарадных зависимостей для структур металл-диэлектрик-полупроводники (МДП структур) [5]. Типичные вольт-фарадные зависимости для покрытий обеих групп представлены на рис. 1. Для всех образцов наблюдается гистерезис зависимостей, обусловленный наличием подвижного заряда Q_m . Ширина петли гистерезиса не зависит от длительности обогащающего напряжения. Величина подвижного заряда определялась по формуле

$$Q_m = C_0 \Delta V, \quad (1)$$

где C_0 — емкость диэлектрика, ΔV — ширина петли гистерезиса.

В покрытиях структур группы 1 величина $Q_m = (2.2 \pm 0.2) \cdot 10^{-9} \text{ C/cm}^2$ остается постоянной во всем исследованном температурном интервале. Наблюдаемый сдвиг вольт-фарадных кривых по оси напряжений обусловлен изменением заряда поверхностных состояний (Q_{ss}) с изменением температуры [6].

Для покрытий структур группы 2 наблюдается увеличение значений Q_m с понижением температуры. Обращает на себя внимание уширение в нижней части петли гистерезиса, достигающее максимума при $C/C_0 = 0.7$. Зависимость величины Q_m от температуры для покрытий структур группы 2 в характерных точках $C/C_0 = 0.7$ и 0.9 приведена на рис. 2. При повышении температуры

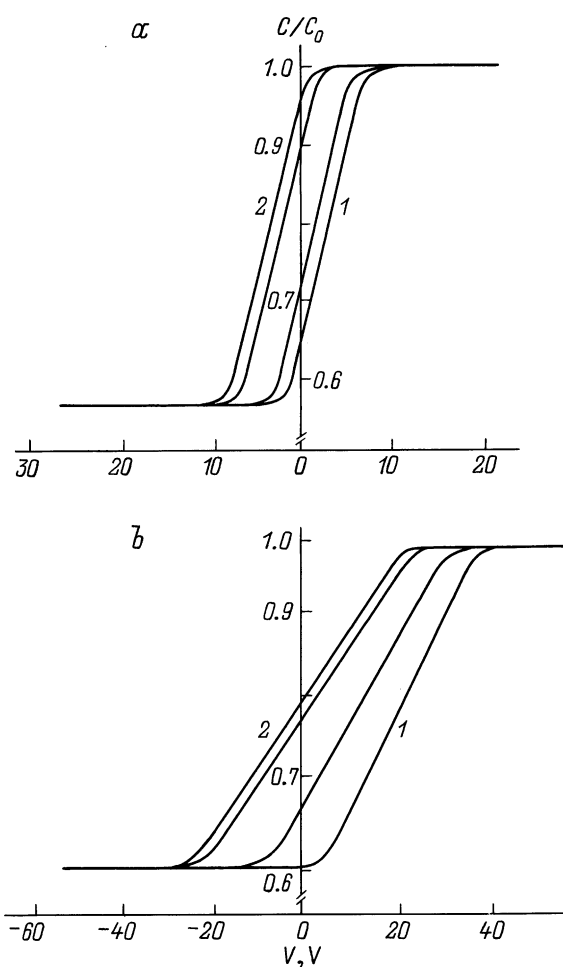


Рис. 1. Типичные вольт-емкостные зависимости для покрытий группы 1 (а) и покрытий группы 2 (б): $T = -20$ (1), 40°C (2).

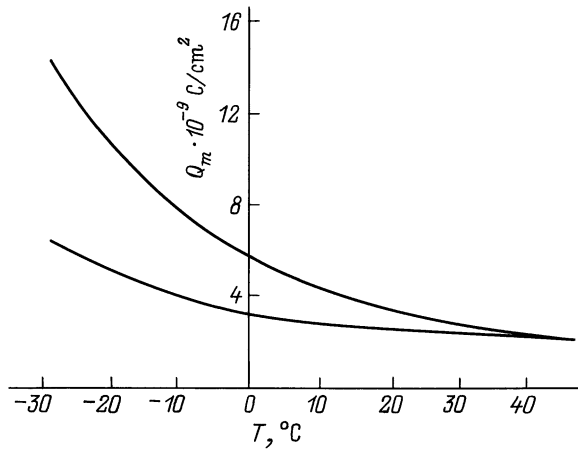


Рис. 2. Зависимости величины подвижного заряда от температуры при $C/C_0 = 0.95$ (1), 0.7 (2).

до $T = 40^\circ\text{C}$ исчезает уширение в нижней части петли гистерезиса, а величина подвижного заряда становится равной $Q_{m_2} = (2.4 \pm 0.2) \cdot 10^{-9} \text{ C/cm}^2$ и не изменяется при дальнейшем повышении температуры. Такое поведение вольт-фарадных зависимостей указывает на следующее. При обогащающем напряжении в структурах обеих групп имеет место инжекция электронов из полупроводника в объем стекла. В составе стекла присутствуют ионы Pb^{2+} , известные своей высокой поляризуемостью [7]. Локализация электронов вблизи ионов легкополяризуемых элементов ведет к образованию поляронов, которые при изменении внешнего поля дрейфуют между разновалентными ионами Pb [8]. Дрейф поляронов приводит к смещению центра заряда в диэлектрике и сдвигу вольт-фарадных зависимостей по оси напряжений [9]. В интервале исследованных температур подвижность полярона не зависит от энергии активации [7], чем объясняется независимость величины Q_m от T в покрытиях структур группы 1, а также в покрытиях группы 2 при $T > 40^\circ\text{C}$. В этом случае в структурах обеих групп Q_m зависит только от числа электронов, захваченных ионами свинца и определяется составом стекла. Это подтверждается тем фактом, что величина подвижного заряда в покрытиях структур группы 2 при $T > 40^\circ\text{C}$ становится равной величине подвижного заряда в покрытиях структур группы 1.

Наблюдаемая в покрытиях группы 2 температурная зависимость подвижного заряда при температурах $T < 40^\circ\text{C}$ объясняется следующим. Повышение температуры формирования покрытий с 680 до 700°C ведет к резкому увеличению числа и объема включений кристаллической фазы в структуре стекла [2]. Образующиеся при этом потенциальные барьеры препятствуют экстракции электронов из объема стекла. В этом случае

величина Q_m определяется условием

$$Q_m = Q_0 - \int_0^{t_0} j(t)dt + Q_{m_1}, \quad (2)$$

где Q_0 — заряд, первоначально захваченный на потенциальных барьерах; Q_{m_1} — заряд, обусловленный дрейфом поляронов; $j(t)$ — ток термополевой эмиссии; t — время измерения при заданном напряжении.

При повышении температуры величины тока термополевой эмиссии увеличивается (зависимость $j(t)$ от T определяется механизмом эмиссии [1]), и при $T > 40^\circ\text{C}$ время релаксации захваченного на барьерах заряда становится меньше времени t_0 . В покрытиях структур группы 1, где число фазовых неоднородностей намного меньше [2], релаксация локализованного на них заряда протекает за время, меньшее t_0 , во всем интервале исследованных температур.

Таким образом, наличие подвижного заряда в пассивирующих покрытиях на основе свинцово-боро-силикатных стекол обусловлено следующими причинами: локализацией электронов вблизи легко поляризуемых ионов свинца и релаксацией заряда, накапливаемого на потенциальных барьерах. Увеличение содержания кристаллической фазы в объеме стекла ведет к температурной зависимости величины подвижного заряда и, следовательно, к температурным нестабильностям характеристик пассивируемых приборов.

Список литературы

- [1] *Зи С.* Физика полупроводниковых приборов. Т. 1. М.: Мир, 1984. 456 с.
- [2] *Парчинский П.Б., Власов С.И., Насиров А.А.* // Неорганические материалы. 1996. Т. 36. № 10. С. 1278–1280.
- [3] *Парчинский П.Б., Власов С.И., Насиров А.А.* // Микроэлектроника. 1997. Т. 26. № 1. С. 62–63.
- [4] *Карпаченко В.Г., Иноземцев С.А., Лойцкер Э.Н.* // Электронная техника. Сер. 2. 1969. Вып. 2(45). С. 84–96.
- [5] *Grove A.S., Snow E.H., Deal B.E.* // J. Appl. Phys. 1964. Vol. 35. N 8. P. 2458–2460.
- [6] *Чистов Ю.С., Сыторов В.Ф.* Физика МДП структур. Воронеж: ВГУ, 1989. 224 с.
- [7] *Бреховских С.М., Викторова Ю.М., Ланда А.М.* Радиационные эффекты в стеклах. М.: Энергоиздат, 1988. 196 с.
- [8] *Орешкин П.Т.* Физика полупроводников и диэлектриков. М.: Высшая школа, 1977. 448 с.
- [9] *Василенко В.С., Ройзин Я.О., Соломенко В.И.* // Поверхность. 1990. № 7. С. 151–153.