

ИССЛЕДОВАННЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ И ПОВЕРХНОСТНЫХ СОСТОЯНИЙ В γ -ОБЛУЧЕННЫХ МДП СТРУКТУРАХ

© Н.В.Колесников, С.Е.Мальханов, А.Н.Якименко

Санкт-Петербургский государственный технический университет,
195251 Санкт-Петербург, Россия
(Получена 3 октября 1995 г. Принята к печати 26 декабря 1995 г.)

Экспериментально методами емкостной спектроскопии и фотоемкости в γ -облученных (^{60}Co) структурах металл-диэлектрик-полупроводник (n -Si) исследованы радиационный дефект и поверхностные состояния. Концентрация поверхностных состояний слабо зависит, а концентрация радиационного дефекта существенно зависит от дозы облучения до 10^7 Рад.

Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП) являются основным элементом конструкции большинства современных планарных приборов [1]. Влияние γ -облучения на свойства приборов, имеющих в своем составе МДП структуры, в настоящее время дискутируется [2]. В частности, представляет интерес соотношение числа радиационных дефектов (РД) объема и поверхностных состояний (ПС), образующихся одновременно в приповерхностной области полупроводника МДП структур. В данной работе представлены результаты измерения методами емкостной спектроскопии концентрации локальных глубоких уровней РД и ПС до и после γ -облучения МДП структур.

Образцы для измерения представляют собой структуры с двумя диэлектрическими слоями на подложке из кремния КЭФ 4.5 толщиной 0.5 мм (рис. 1). Слой диоксида кремния (600 \AA) выращен в атмосфере «сухого» кислорода с добавлением хлорсодержащих компонентов. На него нанесен слой нитрида кремния (860 \AA). Изготовленные таким способом структуры отжигались в водородной среде 6 ч при температуре 300°C . Контроль толщин диэлектрических слоев проводился методом эллипсометрии с погрешностью $\lesssim 10 \text{ \AA}$. Площадь управляющих электродов составляет $2 \times 2 \text{ м}^2$, а сами они располагаются в узлах квадратной сетки с шагом 10 мм. Для проведения емкостных и фотоемкостных (ФЕ) измерений из пластин вырезались прямоугольники размерами $20 \times 10 \text{ мм}$. Со стороны противоположной управляющему электроду в алюминии протравлено окошко для инфракрасного (ИК) света диаметром 4 мм. Облучение структур производилось от источника ^{60}Co . До и после облучения нами измерялись высокочастотные

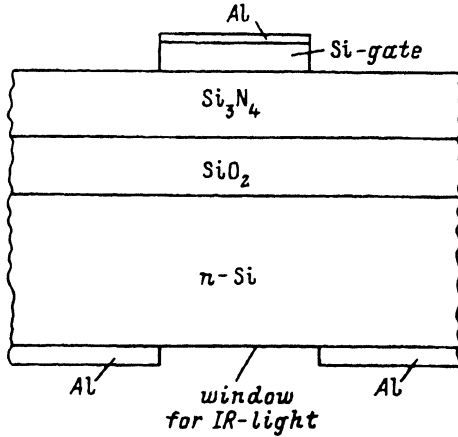


Рис. 1. Поперечный разрез МДП структуры (пояснения в тексте).

вольт-фарадные характеристики (ВВФХ) на частоте 500 кГц. Заметим, что до вырезания образцов и травления и после этих процедур ВВФХ не изменяются. Также до облучения нами проводились измерения емкости структур, изменений емкости под действием ИК света и температурной зависимости емкости в диапазоне 77–300 К. Измерения производились в режиме неравновесного обеднения.

В работе [5] получено выражение для ВФХ МДП структуры в режиме неравновесного обеднения, когда практически не происходит образования инверсного слоя (формула из [5] подвергнута несложному преобразованию)

$$\frac{1}{C^2} = \frac{2V}{q\epsilon\epsilon_0 N S^2} - \frac{2(\sigma_{ss} + \sigma_0)}{\epsilon\epsilon_0 N S C_i} + \frac{1}{C_c^2},$$

где C — полная емкость структуры, V — напряжение смещения, q — элементарный заряд, $\epsilon\epsilon_0$ — абсолютная диэлектрическая проницаемость кремния, N — концентрация легирующей примеси, S — пло-

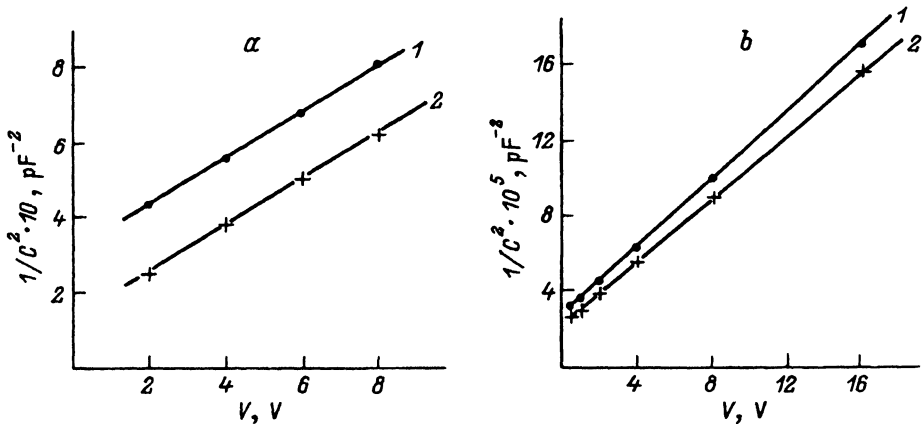


Рис. 2. а — ВВФХ не облученной МДП структуры до (1) и после (2) освещения собственным светом. б — ВВФХ γ -облученной МДП структуры до (1) и после (2) освещения ИК светом 0.5 эВ.

щадь поверхности электрода, σ_{ss} и σ_0 — плотность заряженных ПС и эффективный заряд в диэлектрике, C_i — емкость диэлектрика. Данное выражение позволяет рассчитать как концентрацию локальных центров с глубокими уровнями по изменению углового коэффициента наклона зависимости $1/C^2$ от V обрано смещенного резкого p - n -перехода, так и концентрацию ПС по параллельному сдвигу той же зависимости.

В наших измерениях в темноте при температуре жидкого азота после сброса напряжения смещения у необлученных структур емкость плавно меняется со временем, что в соответствии с [1] указывает на перезарядку поверхностных состояний. Собственный ИК свет заметно ускоряет процесс перезарядки и позволяет провести ее практически целиком (рис. 2, б). На рис. 2, б представлены в ВФХ облученной структуры до и после подсветки ИК светом 0.5 эВ. Изменение наклона указывает на наличие РД с глубокими уровнями. Заметим, что до облучения наклон соответствовал концентрации легирующей примеси. Расчеты концентрации РД — ΔN и ПС — σ_{ss} до и после облучения при разных дозах приведены в таблице.

Дефект	Доза, Рад		
	До облучения	10^6	10^7
σ_{ss} (ФЕ), эВ $^{-1}$ см $^{-2}$	$3.2 \cdot 10^{11}$	$1.5 \cdot 10^{11}$	$1.5 \cdot 10^{12}$
σ_{ss} (ВВФХ), эВ $^{-1}$ см $^{-2}$	$4.0 \cdot 10^{11}$	$1.9 \cdot 10^{11}$	$2.0 \cdot 10^{12}$
ΔN , см $^{-3}$	10^{12}	$4.0 \cdot 10^{13}$	$1.4 \cdot 10^{14}$

Нами измерены также температурные зависимости емкости структур после облучения. Сравнение таких зависимостей с полученными для необлученных структур указывает на появление локальной перезарядки в узком температурном диапазоне около 225 К. Хотя данная перезарядка идет на фоне медленной перезарядки ПС в темноте можно утверждать, что она связана с одним локальным уровнем, причем после вычитания изменения емкости за счет ПС остается приращение емкости, равное концентрации, полученное по изменению наклонов ВФХ. Энергетическое положение данного уровня установить затруднительно.

Таким образом, в γ -облученной МЛП структуре сложного состава разделены концентрации ПС и локального РД. Концентрация ПС слабо зависит, а концентрация локального РД существенно зависит от дозы γ -облучения до 10^7 Рад.

Список литературы

- [1] С. Зи. *Физика полупроводниковых приборов* (М., Мир, 1984) кн. 1.
- [2] Ю.В. Баринов, В.Н. Безбородко, В.В. Емельянов, В.С. Першенков. *ФТП*, 29, 323 (1995).
- [3] С.В. Безлюдный, Н.В. Колесников, К.В. Санин, И.Н. Суриков, Р.Ю. Хансеев, А.Н. Якименко и др. *ФТП*, 23, 1888 (1989).
- [4] Н.В. Колесников, С.Е. Мальханов, М.А. Погарский. *ФТП*, 12, 1436 (1978).
- [5] А.А. Лебедев, Н.А. Соболев, В. Экке. *ФТП*, 15, 1438 (1981).

Concentration of local levels and surface states in γ -irradiated metal-insulation-semiconductor structures

N.V.Kolesnikov, S.E.Malkhanov, A.N.Yakimenko

Technological University, 195251 St.-Petersburg, Russia

Experimentally, by DLTS and photocapacitance in γ -irradiated (^{60}Co) VIS structures were investigated a local radiation defect (RD) and surface states (SS). RD concentration substantially stronger than SS depends on dose irradiation up to 10^7 rad.
