

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ДИОДА

Коротко М.С., магистрант гр.446841

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Котов Д.А. – к.т.н., доцент

Экспериментально исследовано влияние радиационной обработки на формирование быстродействия высоковольтного диода. Подобраны оптимальные параметры для обеспечения подходящего быстродействия в использовании современной аппаратуры.

Облучение быстрыми электронами ($E_e = 4$ МэВ) уменьшает накопленный заряд восстановления неравновесных носителей в базе p-n-структуры на основе кремния с удельным сопротивлением $0,5 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ [1]. В результате облучения диодных структур дозой $5 \cdot 10^{15}$ эл/см² происходит снижение накопленного заряда более чем на порядок и, таким образом, увеличение быстродействия при неизменности статических параметров. Увеличение прямого падения статического параметра напряжения на диоде начинает происходить при большей дозе ($6 \cdot 10^{15}$ эл/см²). Поэтому оптимальную дозу и режим облучения подбирают таким образом, чтобы достигалось максимальное увеличение быстродействия, но статические параметры заметно не ухудшились.

С точки зрения радиационной технологии, практический интерес представляют дефекты с температурой отжига выше 250°C . Это обусловлено необходимостью обеспечить в рабочем диапазоне температур (от -60°C до $+125^\circ\text{C}$) стабильность параметров полупроводниковых приборов, созданных с использованием радиационной технологии. Подбирая режимы облучения и термической обработки в кремниевые p-n-структуры, можно вводить отдельные типы радиационных дефектов с термостабильностью 450°C , что важно для силовых быстродействующих приборов.

Для исследования влияния дозы радиационной обработки на контролируемый технологический параметр время восстановления ($t_{\text{восст}}$) был проведен эксперимент, который включал в себя: подготовлены три образца с диодной структурой, два из них подвергли радиационной обработке с разной дозой $D = 1,6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$, $D = 2,5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ и стабилизирующему отжигу при температуре $T = 430^\circ\text{C}$, времени $t = 8$ мин, третью не подвергали радиационной обработке. После чего время восстановления каждого кристалла было измерено:

– в образце не подвергавшимся радиационной обработке среднее время восстановления $t_{\text{восст}} = 200$ нс;

– в образце с дозой $D = 1,6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ среднее время восстановления $t_{\text{восст}} = 71$ нс;

– в образце с дозой $D = 2,5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ среднее время восстановления $t_{\text{восст}} = 22$ нс.

По результатам данного эксперимента был построен график зависимости времени восстановления от дозы (рисунок 1).

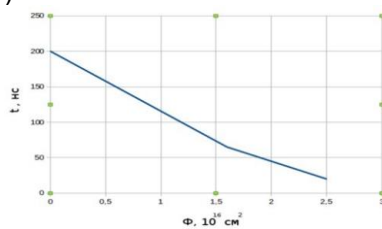


Рисунок 1 – Зависимость времени восстановления ($t_{\text{восст}}$) от дозы (флюенса)

Из графика видно, что с увеличением дозы радиационной обработки, время восстановления снижается. Это объясняется тем, что радиационные дефекты являются эффективными центрами рекомбинации. Следует отметить при этом некоторый рост прямого падения напряжения и деградации обратной вольтамперной характеристики (ВАХ) диодов. Однако при указанных флюенсах электронов значения статических параметров остаются в пределах требуемых параметров.

Из анализа полученных данных следует, что в результате проведенной радиационно-термической обработки значение времени восстановления уменьшилось в 3-9 раз. При этом значения прямого напряжения остаются не только в нормативных рамках, но еще имеется достаточный запас (около 0,15 В) для еще большего повышения флюенса электронного облучения.

Таким образом достигнуты требуемые параметры время восстановления $t = 20\text{-}25$ нс, при требуемых значениях < 31 нс; прямое напряжение $U_{\text{прям}} = 1,04\text{-}1,07$ при норме $U_{\text{прям}} < 1,2$ В.

Список использованных источников:

1. Радиационные эффекты в полупроводниках // Гитлин В.Р., Грудинин А.С., Любашевский Д.Е. // Воронеж ВГУ, 2019. – С. 23.