

ИССЛЕДОВАНИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА НАПРЯЖЕНИЯ ПРОБОЯ КРЕМНИЕВЫХ P-N ПЕРЕХОЛОВ

Али Абдреймов

Хожамуротова Жасмина

¹Каракалпакский государственный университет имени Бердаха.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14571160>

Аннотация. Надежность полупроводниковых приборов прежде всего существенно определяется степенью совершенства исходного материала в тоже время, и очень сильно зависит от используемых методов технологической обработки. Нередка наблюдается, что большие по амплитуде скачка тока соответствующие двум или более одно временно включающимся микроплазм при изменении температуры p-n перехода разделяются на два маленьких скачка и, наоборот, - два маленьких скачка сливаются в один большой скачок.

Это указывает на то, что две микроплазм в одном и том же p-n переходе, появляющихся при одном и том же напряжении, имеют температурные коэффициенты напряжения пробоя.

Ключевые слова: микроплазмам, электрический пробой, температурным коэффициентом, нагрев прибора.

STUDY OF THE TEMPERATURE COEFFICIENT OF BREAKDOWN VOLTAGE OF SILICON P-N JUNCTIONS

Abstract. The reliability of semiconductor devices is primarily determined by the degree of perfection of the source material, and at the same time, it is very much dependent on the methods of technological processing used. It is often observed that large-amplitude current jumps corresponding to two or more simultaneously switched-on microplasmas are divided into two small jumps when the temperature of the p-n junction changes, and, conversely, two small jumps merge into one large jump. This indicates that two microplasmas in the same p-n junction, appearing at the same voltage, have temperature coefficients of breakdown voltage.

Keywords: microplasma, electrical breakdown, temperature coefficient, heating of the device.

Хорошо известным проявлением неоднородности пробоя p-n структур являются микроплазм, наличие которых приводит к флуктуации протекающего через них обратного тока. При описании микроплазм используются такие их электрические характеристики, как напряженные пробоя, последовательные сопротивление и модельно вероятностные характеристики вероятности включения и выключения пробоя.

В ряде работ (в основном на кремний) рассматривают в заимосвязь температурных зависимостей параметров микроплазм, включая и флуктуационные свойства, при положительном температурном коэффициентные напряжения пробоя, характерном для лавинного механизма пробоя, при отсутствии заметного влияния глубоких центров или других причин.

Общеизвестно что лавинный пробой p-n перехода происходят по отдельным микроплазмам пробоя, так называемым микроплазмам. Известно также, что температурный коэффициент напряжения лавинного пробоя положительный и, согласно теории [4].слегко увеличивается с ростом величины напряжения пробоя.Результаты экспериментального исследования температурного коэффициента напряжения пробоя кремниевых p-n переходов [4]. А также отдельных микроплазм в кремниевых p-n переходах [5,6]. показали качественное согласие с теорией. Хотя в основном температуре коэффициент отделных микроплазм подчиняется теория лавинного пробоя наблюдается в некоторые отклонения на электронно лучевом осиллографе микроплазменного характерографа [7]. Нередка наблюдается, что большие по амплитуде скачка тока соответствующие двум или более одно временно включающимся микроплазм при изменении температуры p-n перехода разделяются на два маленьких скачка и, наоборот ,-два маленьких скачка сливаются в одни большой скачок .Это указывает на то, что две микроплазм в олном и томже p-n переходе, появляющихся при одном и том же напряжении, имеют температурные коэффициенты напряжения пробоя.Но при этом температурный коэффициентом напряжения пробое всего p-n перехода оказываемая меньше соответствующих величин коэффициента для отдельных микроплазм при одном и том же напряжении пробоя [5]. Это различие увеличивается в случае мягких вольтамперных характеристиками и большими обратными токами температурный коэффициент напряжения пробоя может быть по величине в несколько раз меньше, чем температурный коэффициент p-n переходов с жесткими обратными характеристиками.Для объяснения указанных отличий в настоящей работе выведены математические выражения, определяющие соотношения между температурным коэффициентом напряжения пробоя всего p-n перехода и отдельных микроплазм. В вычислениях использована общеринятая формула для температурного коэффициента β_1

$$\beta_1 = \frac{f(T_1) - f(T_0)}{f(T_0)\Delta T}$$

$$f(T_1) = f(T_0) \cdot (1 + \beta\Delta T)$$

Где $f(T_1)$ и $f(T_0)$ функция f при двух разных температурах T_1 и T_0 (на T_0 обычно принимают комнатную температуру) и $\Delta T = T_1 - T_0$ В диоде при явление микроплазм ток получает скачкообразный прирост величиной

$$\Delta I = \frac{U_A - U_B}{R}$$

Экспериментах наблюдаюась только в не которых случаях у микроплазм без флюктуаций тока. Вычисленная вольтамперная характеристика у средненного тока $p-n$ перехода с микроплазмой с флюктуациями испытывает изгиб [8], можно заменить скачком тока. На основе выражения (1) можно найти соотношение между температурным коэффициентом экстраполированного напряжения пробоя β_B и температурным коэффициентом скачка $\beta_{\Delta I}$ и температурным коэффициентом сопротивления β_R микроплазм.

$$\beta_B = \frac{\beta_A U_A - (\beta_{\Delta I} + \beta_B) \Delta I R}{U_A - \Delta I R}$$

Выражение (2) можно написать и в следующем виде

$$\beta_B = \beta_A \frac{\Delta I R}{U_A - \Delta I R} - \beta_{\Delta I} \frac{\Delta I R}{U_A - \Delta I R} - \beta_R \frac{\Delta I R}{U_A - \Delta I R}$$

Полученный результат позволяет сделать следующий вывод: механизм возникновения МП в $p-n$ переходах на основе GaAs непосредственно связан с существованием крупных неоднородностей, сравнимых с толщиной ОПЗ, которые и определяют размеры область локализации МП.

Необходимо отметить, что технология получения однородного по составу арсенида галлия все еще далека от совершенства в отличие от способов получения германия и кремния, позволяющих достигать высокой степени совершенства полупроводникового материала, что и подтверждается сравнением параметров в МП в Si и GaAs ЛПД.

Таким образом, предложенная методика определения диаметра микроплазм позволяет достаточно надежно определить этот ключевой параметр по данным дифференциальной характеристики (напряжению пробоя и дифференциальному сопротивлению микроплазмы) и, соответственно, параметры токовых шнуров, что играет большую роль в диагностики надежности полупроводниковых диодов, работающих в режиме лавинного пробоя.

REFERENCES

1. McInture R.J.//J.Appl.1961. V.32.N.6.P.983-995.
2. Haiz.R.J.//J.Appl.Phys.1964.V. 35. N5. P .1370-1376
3. Аладинский В.К. //ФТП.1972. Т.6.В.11.С.2034-2041.
4. N. F. Neve, K. A. Hyqes, R. R. Thornton Scanning electron microscope as a means of studying microplasmas athiqh resolution. -J. Appl. phys., 1966, v.37, N4, p.1704-1709

5. М. Б. Тагаев, А.И.Шкретий. Исследование температурных особенностей микроплазменного пробоя в арсенидгаллиевых лавинно пролетных диодах- Сборник научных трудов НГУ, г.Нукус, 1987, с. 54-58.
6. А. И. Шкретий, М. Б. Тагаев, С. И. Глушенко. Методика неразрушающего контроля параметров и прогнозирование надежности кремниевых стабилитронов. -IV-отраслевой семинар. Аналитические методы исследования материалов и изделия микроэлектроники, г.Запорожье, 1987, с.30.
7. А. И. Шкретий, М. Б. Тагаев, С. И. Глушенко. Методика неразрушающего контроля параметров и прогнозирование надежности кремниевых стабилитронов. -IV-отраслевой семинар. Аналитические методы исследования материалов и изделия микроэлектроники, г. Запорожье, 1987, с.30.
8. Тагаев М. Б. Влияние внешних воздействий на электрические свойства пространственно-неоднородных диодных структур докторская диссертации, 2001 г. С. 230.