

РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННОЕ ГЕТТЕРИРОВАНИЕ В КРЕМНИЕВЫХ *p-n*-ПЕРЕХОДАХ

М.Б.Тараев

Институт физики полупроводников Национальной Академии наук Украины
Украина, 252650 Киев-28, пр. Науки, 45

тел.: (38044) 265-61-82; факс: (38044) 265-83-42; e-mail: konakova@eee.semicond.kiev.ua

Исследовано влияние γ -радиации ^{60}Co в диапазоне доз $10^3 - 5 \cdot 10^5$ Гр на вольтамперные характеристики (ВАХ) кремниевых лавинно-пролетных диодов (ЛПД). Показана возможность улучшения параметров ЛПД, вплоть до получения идеального диода Шокли с фактором неидеальности на прямой ветви ВАХ, равным 1,17, за счет радиационно-стимулированного геттерирования.

I. Введение

Известно, что примесные атомы металлов или неравновесные собственные точечные дефекты (вакансии и межузельные атомы) создают в полупроводнике мелкие и глубокие уровни. Это приводит к уменьшению времени жизни τ_p неосновных носителей заряда [1,2]. При этом в полупроводнике возникают электрически активные центры генерации и рекомбинации. Они являются причиной образования микроплазм и увеличения токов утечки. Используя различные внешние воздействия (γ -радиацию, электронное облучение, ультразвуковую обработку, сильные электрические поля), можно увеличить τ_p , следствием этого является уменьшение избыточных токов утечки, связанных с центрами генерации-рекомбинации.

II. Эксперимент и обсуждение результатов

В данной работе показана возможность получения ВАХ, близкой к идеальной, для кремниевых диффузионных *p-n*-переходов малой площади, используемых для изготовления ЛПД. С этой целью, в отличие от [3-4], корпусированные ЛПД подвергались облучению γ -квантами ^{60}Co в диапазоне доз $10^3 - 5 \cdot 10^5$ Гр.

Измерялись прямые и обратные ветви ВАХ диодов в диапазоне температур 300 - 370 К до и после облучения γ -квантами ^{60}Co . Облучение образцов в интервале доз $10^3 - 10^4$ Гр практически не изменяло ВАХ.

На рис.1 приведены прямые ветви ВАХ одного из исследуемых диодов до (кривая 1) и после (кривые 2, 3) облучения до доз 10^5 , $5 \cdot 10^5$ Гр. Исходная ВАХ описывается выражением

$$I = I_0 [\exp(eV/nkT) - 1],$$

где I_0 - ток насыщения, e - элементарный заряд, V - приложенное напряжение, n - фактор неидеальности, k - постоянная Больцмана, T - температура.

В необлученном диоде фактор неидеальности равен 1,68, и на начальном участке ВАХ имеется избыточный ток утечки. После облучения γ -квантами ^{60}Co до дозы 10^5 Гр фактор неидеальности уменьшается до 1,5, а после облучения до-

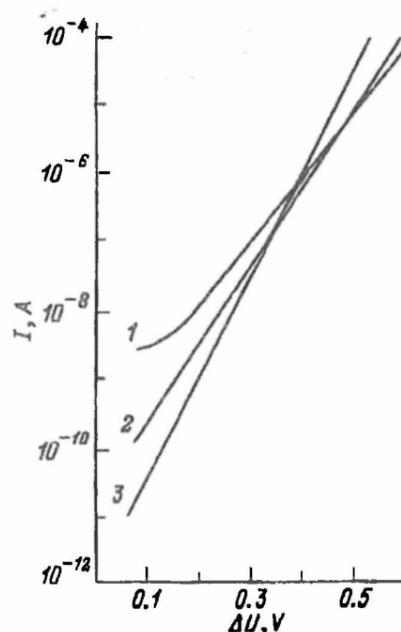


Рис.1. Прямые ветви ВАХ кремниевых диффузионного *p-n* перехода диаметром 30 мкм: 1 - исходная; 2 (3) - после облучения γ -квантами ^{60}Co до дозы 10^5 ($5 \cdot 10^5$) Гр.

зой $5 \cdot 10^5$ Гр становится равным 1,17. При этом ток утечки практически исчезает, а ток насыщения уменьшается на два порядка по сравнению с необлученным образцом. Уменьшение фактора неидеальности до величины 1,17 свидетельствует о практическом отсутствии рекомбинационной компоненты прямого тока.

Типичные обратные ветви ВАХ до и после облучения γ -квантами ^{60}Co приведены на рис.2. Исходные ВАХ необлученного диода имеют два участка: термогенерационный и участок пробоя. С ростом дозы γ -облучения от 10^5 до $5 \cdot 10^5$ Гр уменьшается величина обратного тока и увеличивается протяженность участка, на котором обратный ток не зависит от напряжения. Температурная зависимость тока на этом участке имеет один наклон с энергией активации $E_a = 1,1$ эВ. Это свидетельствует о преобладании диффузионного тока над термогенерационным (рис.2, кри-

ходные ВАХ необлученного диода имеют два участка: термогенерационный и участок пробоя. С ростом дозы γ -облучения от 10^5 до $5 \cdot 10^5$ Гр уменьшается величина обратного тока и увеличивается протяженность участка, на котором обратный ток не зависит от напряжения. Температурная зависимость тока на этом участке имеет один наклон с энергией активации $E_a = 1,1$ эВ.

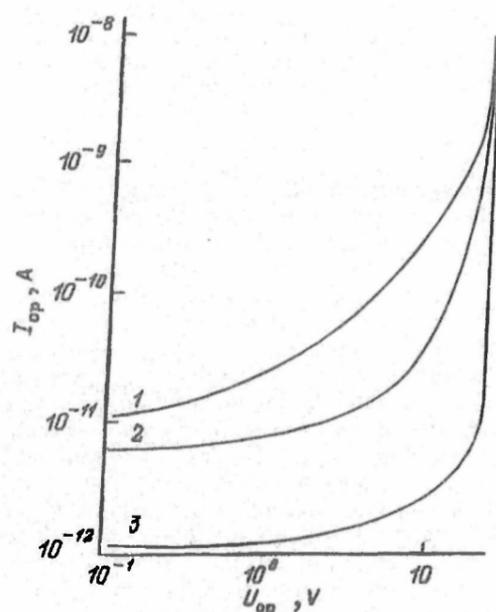


Рис.2. Обратные ветви ВАХ кремниевого диффузионного p - n перехода диаметром 30 мкм: 1 - исходная; 2 (3) - после облучения γ -квантами ^{60}Co до дозы 10^5 ($5 \cdot 10^5$) Гр.

Это свидетельствует о преобладании диффузионного тока над термогенерационным (рис.2, кривые 1 - 3).

Существенным в температурной зависимости обратного тока необлученного образца является наличие двух участков, а именно: диффузионного в высокотемпературной области и генерационно-рекомбинационного в интервале температур 300 - 370 К. При облучении до 10^5 Гр протяженность генерационно-рекомбинационного участка уменьшается. При дальнейшем увеличении дозы до $5 \cdot 10^5$ Гр температурная зависимость обратного тока определяется одним преимущественным механизмом токопереноса - диффузионным.

Наблюдаемые эффекты воспроизведены на большом (>30) количестве образцов. Аналогичные результаты получены на кремниевых p - i - n диодах [5].

Заключение

Результаты данной работы свидетельствуют о том, что, используя облучение γ -квантами ^{60}Co , можно выбрать диапазон доз, в котором значительно улучшаются параметры кремниевых ЛПД.

Список литературы

1. Рэйви К.В. Дефекты и примеси в полупроводниковом кремнии. - М.: Мир, 1984. - 475 с.
2. Выжигин Ю.В., Соболев Н.А., Грессеров Е.И., Шек Е.И. // ФТП. - 1992. - Т.26, вып. 11. - С.1938.
3. Иванов Е.И., Лопатина А.Б., Суханов В.Л., Тучкович В.В., Шмидт Н.М. // ФТП. - 1982. - Т.16, вып. 2. - С.207.
4. Иванов Е.И., Лопатина А.Б., Суханов В.Л., Тучкович В.В., Шмидт Н.М., Дроздова М.В. // Письма в ЖТФ. - 1980. - Т.6, вып.14. - С.874.
5. Тагаев М.Б. // Узбекский Физ. Журн. - 1996. - №5-6. - С.102.

RADIATION-INDUCED GETTERING IN SILICON p - n JUNCTIONS

M.B. Tagaev

Institute of Semiconductor Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine
45 pr. Nauki, 252650 Kiev-28, Ukraine

Tel.: (38044) 265-61-82; Fax: (38044) 265-61-82; e-mail: konakova@eee.semicond.kiev.ua

For small-area silicon diffusion p - n junctions that are used when producing IMPATT diodes it is shown that one can make their I - V curves close to the ideal one. To this end the packaged IMPATT diodes were exposed to ^{60}Co γ -radiation in the 10^3 to $5 \cdot 10^5$ Gr dose range. When the irradiation dose was from 10^3 to 10^4 Gr, then the diode I - V curves remained practically the same. The exposition up to a dose of $2 \cdot 10^5$ Gr resulted in improvement of the diode electrical characteristics. By this the ideality factor for the forward branch of the I - V curve becomes 1.17 and the reverse current substantially decreases. An analysis made for the diode exposed to a dose of $2 \cdot 10^5$ Gr has shown that the forward branch of its I - V curve may be described by the expression similar to that for the ideal diode.

