

©1994 г.

ДЕФЕКТНО-ПРИМЕСНЫЙ СОСТАВ n -БАЗЫ ТИРИСТОРОВ ИЗ КРЕМНИЯ

Н.В.Колесников, *С.Е.Мальханов*

Технический университет,
195251, Санкт-Петербург, Россия

(Получена 24 января 1994 г. Принята к печати 1 марта 1994 г.)

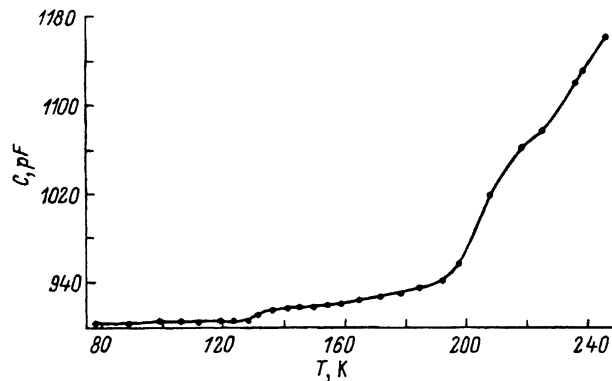
Показана возможность применения емкостных методов для контроля дефектно-примесного состава в структурах со встречно включенными p - n -переходами. Определен спектр энергетических уровней и сечения захвата носителей на эти уровни в области n -базы тиристора на кремнии.

Важнейшим условием, сопутствующим изготовлению тиристорov из кремния, является надежный контроль за содержанием термодфектов и примесей в их базовой области [1]. Существенное значение здесь придается неразрушающим методам контроля, осуществляемым на готовых приборах. Таковыми являются емкостные методы [2]. Емкостные методы позволяют также разделить вклады объема и поверхности в величину тока утечки.

В данной работе приводятся результаты исследований дефектно-примесного состава в тиристорах с базой из кремния марки БЕЗ-170 методами вольт-фарадных характеристик (ВФХ), термостимулированной емкости (ТСЕ) и изотермической релаксации емкости (ИРЕ).

В исследуемых тиристорах p -эмиттер и p -база создавались одновременной диффузией бора и алюминия при $T = 1230$ °С из диффузанта на органической связке, нанесенного на шлифованную поверхность пластин. Каждый из p - n -переходов располагался на глубине 50–5 мкм. Вместе с n -базой они образуют структуру типа p - n - p^+ , емкость переходов которой измерялась в эксперименте. Измерения емкости в данной работе производились мостом ВМ-400 с чувствительностью 0.5 пФ. Измерительная частота составляла 10 кГц, амплитуда измерительного сигнала 100 мВ.

Профили распределения бора и алюминия описываются функцией erfc и, вообще говоря, не являются резкими. Однако при достаточно больших напряжениях смещения $U \geq 20$ В обоих знаков эти переходы ведут себя как резкие и зависимости $C^2(U)$ (C — емкость) являются прямыми линиями, как показано экспериментально в данной работе.



Зависимость емкости тиристора от температуры при напряжении смещения $U = 20$ В, приложенном между эмиттером и электродом управления.

Заметим, что при любом знаке смещения измеряемая емкость представляет собой последовательно включенные барьерную (C_b) и диффузионную (C_d) емкости. Однако при реальных смещениях $C_d \gg C_b$ и тогда $C \approx C_b$.

Оценки концентрации фосфора в базе по ВФХ, измеренным при комнатной температуре, находятся в хорошем согласии с расчетными и составляют $\sim 2.4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$.

Разность наклонов ВФХ, измеренных при комнатной температуре и при 77 К, указывает на наличие в n -базе глубоких уровней.

В данной работе измерялись зависимости емкости от температуры по методу ТСЕ. Скорость изменения температуры составляла 0.1 К/с. На рисунке представлена типичная зависимость $C(T)$. Из рисунка следует, что емкость с увеличением температуры ступенчато возрастает в определенных температурных интервалах, что обусловлено перезарядкой глубоких уровней в слое объемного заряда. Для участков 1 и 2 были измерены ИРЕ, которые позволили определить энергетические уровни и сечения захвата носителей: $E_1 = 0.27$ и $E_2 = 0.54$ эВ, $\sigma_1 = 4 \cdot 10^{-18}$ и $\sigma_2 = 3 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$.

Заметим, что параметры перезарядки 1 хорошо согласуются с параметрами (температурой и энергией ионизации) перезарядки, исследованной в [3] на диодных структурах.

В [3] предполагалось, что уровни $E_c - 0.27$ эВ и $E_c - 0.54$ эВ принадлежат двухзарядному термоцентру и, следовательно, имеют одинаковую концентрацию. У нас концентрация уровня $E_c - 0.54$ эВ значительно, примерно в 10 раз, превышает концентрацию уровня $E_c - 0.27$ эВ. Можно предположить, что состояние термоцентра с энергетическим положением $E_c - 0.54$ эВ маскируется неконтролируемой примесью с таким же энергетическим положением. По энергетическому положению, согласно [4], такими примесями могут быть цинк, золото, кобальт или сера. Величина сечения захвата носителей для ступени 2 в данной работе хорошо согласуется с сечением захвата носителей для золота [4]. Контрольные измерения на структурах, заведомо не содержащих золота, показали, что ступень 2 в них составляет примерно десятую долю от величины ступени в исследуемых тиристорах.

Таким образом, в данной работе показана возможность применения емкостных методов для контроля дефектно-примесного состава в структурах со встречно включенными p - n -переходами, определен

спектр энергетических уровней, а также величина сечений захвата носителей на эти уровни. Это позволило ввести контроль в технологический процесс производства тиристоров.

В заключение авторы благодарят Р.Ф.Кутейникова за предоставленные для измерения тиристоры.

Список литературы

- [1] К.Д. Глинчук, Н.М. Литовченко, Р. Меркер. Полупроводниковая техника и микроэлектроника, вып. 25, 17 (1977).
- [2] П. Блад, Дж. Ортон. Зарубеж. электрон., вып. 1, 3 (1981).
- [3] С.Т. Sah, С.Т. Wang. J. Appl. Phys., 45, 1767 (1975).
- [4] А. Милнс. Примеси с глубокими уровнями в полупроводниках (М., Мир, 1977).

Редактор Л.В. Шаронова

Defect-Impurity Complexes the n -Base of Silicon Thyristors

N. V. Kolesnikov, and S. E. Malkhanov

Technological University, 195251, St. Petersburg, Russia

Two thermal defects in n -base of silicon thyristors have been found by DLTS. Corresponding energy levels are $E_c - 0.27$ eV and $E_c - 0.54$ eV, the latter being the same as for Au impurity. However, concentration of Au is 10 times higher than that of thermal defects.
