ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ КРЕМНИЯ ОБЛУЧЕННОГО БОЛЬШИМИ ДОЗАМИ НЕЙТРОНОВ

П.Жуковски, М.Козак, Я.Партыка, П.Венгерэк
Люблинский технический университет, Польша

В работе представлены результаты исследований диэлектрической проницаемости кремния, облученного дозами $7\cdot10^{17}$см$^{-2}$, 10^{19}см$^{-2}$ и 10^{20}см$^{-2}$ быстрых реакторных нейтронов.

1. Введение

Облученый большими дозами нейтронов кремний обладает повышенной диэлектрической проницаемостью [1]. В ионно-имплантированном кремнии также наблюдаются повышенные значения диэлектрической проницаемости в области звуковых частот [2]. В работе [3] проведено сравнение зависимости диэлектрической проницаемости от температуры изохронного отжига T_a для этих двух материалов. Установлено, что в зависимостях $\varepsilon(T_a)$ наблюдаются существенные различия. В ионно-имплантированном кремнии максимум ε достигается при $T_a \cong 335\div350^0$C. Кроме того существует еще два локальных максимума при $T_a \cong 150^0$C и 450^0C. В кремнии, облученном нейтронами дозой 10^{19}см$^{-2}$ максимальные значения ε обнаруживаются при более высоких температурах: 220^0C, 430^0C и 620^0C [3]. Выяснению причин наблюдаемых различий посвящена настоящая работа.

2. Экспериментальные результаты и их обсуждение

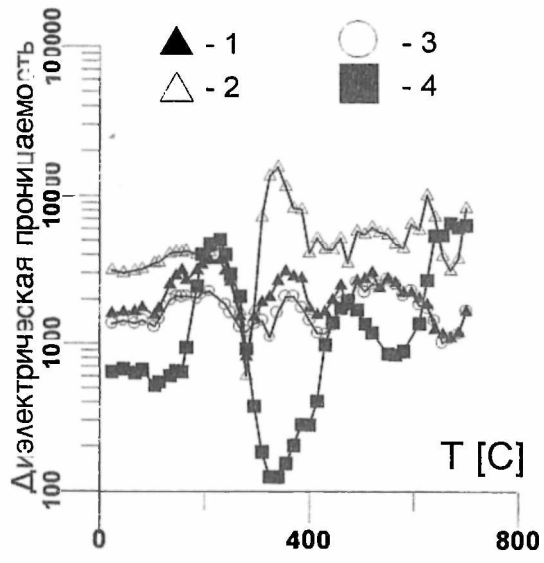

Рис.1. Зависимости диэлектрической проницаемости от температуры изохронного отжига для кремния облученного нейтронами. Кривые 1 и 4 - доза $7\cdot10^{17}$см$^{-2}$, 2 - 10^{19}см$^{-2}$, 3 - 10^{20}см$^{-2}$; кривые 1 - 3 - частота измерений 1кГц, 4 - 100Гц.

На рис.1 представлены зависимости диэлектрической проницаемости от температуры 15 минутного изохронного отжига, полученные при комнатной температуре для образцов облученных дозами $7\cdot10^{17}$см$^{-2}$, 10^{19}см$^{-2}$ и 10^{20}см$^{-2}$. Частота измерения - 1кГц. На рис.2 приведены аналогичные зависимости для частоты 10кГц. На рис.1 приведена также зависимость, измеренная на частоте 100Гц для образца, облученного дозой $7\cdot10^{17}$см$^{-2}$, а на рис.2 - для образца, облученного дозой 10^{20}см$^{-2}$.

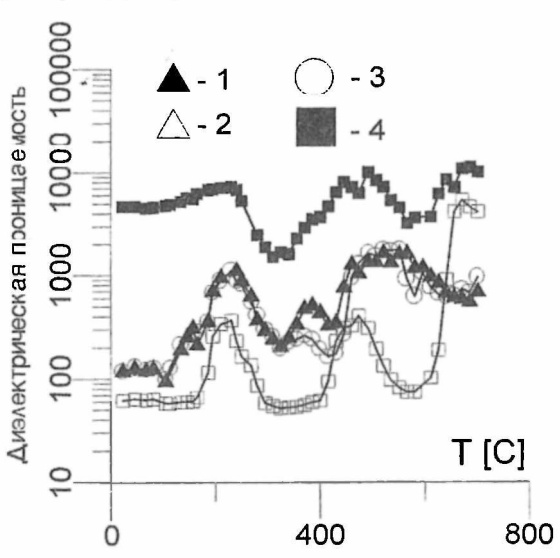

Рис.2. Зависимости диэлектрической проницаемости от температуры изохронного отжига для кремния, облученного нейтронами. 1 - доза $7\cdot10^{17}$см$^{-2}$, 2 - 10^{19}см$^{-2}$, 3 и 4 - 10^{20}см$^{-2}$, 1 - 3 - частота измерения 10кГц, 4 - 100Гц.

Как видно из рис.1 и 2, для доз $7\,10^{17}$см$^{-2}$ и 10^{19}см$^{-2}$ в области температур около $330\div350^0$C, как и для ионного - имплантируемого кремния, наблюдается максимум ε. При дозе 10^{20}см$^{-2}$ этот максимум исчезает.

Кроме максимума при $T_a \cong 330\div350^0$C имеется максимум при $T_a \cong 450\div480^0$C, подобный с наблюдаемым в ионно - имплантируемом кремнии [3]. Кроме этих максимумов существует еще два, характерных только для кремния, облученного нейтронами - при температурах около 220^0C и около 620^0C. Последний наблюдается наиболее отчетливо при дозе 10^{20}см$^{-2}$.

Отличием нейтронного облучения является то, что диэлектрическая проницаемость имеет повышенные значения непосредсвенно после облучения. В случае ионной имплантации необходим послеимплантационный отжиг.

Столь существенные различия между результатами двух видов облучения обусловлены, как нам представляется следующими причинами. Облучение нейтронами происходит при повышенных темературах, в результате чего при дозах больших 10^{19}см$^{-2}$ часть дефектов, например, дивакансий, начинает отжигаться непосредственно в процессе облучения [4]. Увеличение диэлектрической проницаемости непосредственно после облучения свидетельствует в пользу того, что в образцах уже произошли изменения структуры дефектов, необходимые для дополнительной поляризации кремния. Из анализа изменения диэлектрической

This document has been edited with **Infix PDF Editor** - free for non-commercial use.
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

проницаемости с ростом дозы облучения следует, что максимум при $T_a \cong 350^0C$ уменьшается а затем перестает существовать. В наших предыдущих исседовованиях установлено, что этот максимум обусловлен дефектами междоузельного типа, образующимися при отжиге из менее стабильных дефектов, созданных ионами [3]. Изчезновение максимума при $T_a \cong 350^0C$ при дозе $10^{20}см^{-2}$ обозначает, скорее всего, что относительно нискостабильные дефекты, из которых образуются дефекты, ответственные за максимум ε при $T_a \cong 350^0C$, либо отожглись, либо изменили свою структуру при этой дозе облучения. Второе предположение является более вероятным, поскольку в нейтронно-облученном кремнии появляются два максимума $T_a \cong 220^0C$ и $T_a \cong 650^0C$. не наблюдаемые в ионно-имплантируемых слоях.

3. Заключение

Из проведенных исследований изменения диэлектрической проницаемости кремния, облученного быстрыми реакторными нейтронами в зависимости от дозы облучения и температуры изохронного отжига следует, что:

- при больших дозах полностью изчезает максимум при $T_a \cong 350^0C$, являющийся доминирующим при ионном облучении;
- наблюдаются два максимума при $T_a \cong 220^0C$ и $T_a \cong 650^0C$, которые не проявляются в ионно-имплантируемом кремнии;
- различия, наблюдаемые между образцами, облученными дозами $7 \cdot 10^{17}см^{-2}$, $10^{20}см^{-2}$ и особенно между нейтронно-облученным и имплантированным кремнием обусловлены отжигом и перестройкой структуры дефектов во время длительного облучения нейтронами, происходящего при повышенной температуре.

Список литературы

1. *Żukowski P., Kantorow S B., Kiszczak K., Mączka D., Rodzik A., Stelmach V.F., Czarnecka-Such E.* Phys. Stat. Sol. (a). V. 128, K. 117, 1991.
2. *Żukowski P., Partyka J., Węgierek P.* Phys. Stat. Sol. (a). V. 159, 509, 1997.
3. *Żukowski P., Partyka J., Węgierek P., Kozak M.* Nukleonika, nr 2, 138, 1999.
4. *Żukowski P., Kantorow S.B.,Tadxuś N.N.,Śilagardi G.* FTP t.24, 1473, 1990

DIELECTRIC PERMEABILITY OF SILICON IRRADIATED WITH HIGH DOSES OF NEUTRON

P.Zhukovsky, M.Kozak, Yu.Partyka, P.Vengerek
Lublin Technical University, Poland

Dielectric permeability of silicon irradiated with doses $7 \cdot 10^{17}$ cm^{-2}, 10^{19} cm^{-2} and 10^{20} cm^{-2} of fast reactor neutrons was investigated in this work.

This document has been edited with **Infix PDF Editor** - free for non-commercial use.

To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm