ператур и составов возможно существование сплавов со скомпенсированной магнитокристаллической анизотропией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Белов К. П. Магнитострикционные явления и их технические приложения. М., 1987. [2] Бондарькова Г. В., Илюшин А. С., Смирнова А. Д. Деп. ВИНИТИ № 3329-В87. М., 1987. [3] Белов К. П. Редкоземельные магнетики и их применение. М., 1980. [4] Илюшин А. С. Введение в структурную физику редкоземельных интерметаллидов. М., 1980. [5] Чечерников В. И. Магнитные измерения. М., 1969. [6] Илюшин А. С., Тебеньков Ю. В., Перов А. П., Нальгиев А. Г./ФММ. 1983. 56, № 6. С. 1243. [7] Теслюк М. Ю. Металлические соединения со структурами фаз Лавеса. М., 1969.

Поступила в редакцию 25.12.87

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1988. Т. 29, № 5

УДК 621.315.592

О КОРРЕЛЯЦИИ МЕДЛЕННОЙ РЕЛАКСАЦИИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПРОВО-Димости и низкочастотного токового шума в ионно-имплантированных слоях кремния

П. К. Кашкаров, А. В. Петров, И. Г. Стоянова, А. В. Филатов

(кафедра общей физики для химического факультета)

Обнаружено, что начиная с дозы 10¹¹ ион·см⁻² имплантация ионов Ar⁺ в Si сопровождается возникновением в поверхностной фазе дефектных комплексов адсорбционного типа. Это приводит к ускорению релаксации поверхностной проводимости и резкому увеличению токовых шумов типа 1/f.

Иоиная имплантация сопровождается возникновением в полупроводнике радиационных дефектов [1] и приводит к увеличению низкочастотных токовых шумов (1//-шума). Шумы в таких разупорядоченных структурах приписываются либо флуктуациям туннельного тока через потенциальные барьеры, либо флуктуациям тока термоактивированных носителей, имеющих энергию, достаточную для преодоления этих потенциальных барьеров. В первом случае флуктуирует туннельный параметр вследствие перезарядки генерационно-рекомбинационного центра, расположенного в тонком изолирующем слое [2]. Во втором случае модуляция проводимости обусловлена флуктуациями высоты потенциального рельефа вследствие перезарядки некоторых ловушек [3]. Настоящая работа посвящена изучению влияния адсорбции молекул воды на низкочастотные токовые флуктуации в кремнии, имплантированном ионами аргона.

Измерения проводились на пластинах бездислокационного Si p-типа с p= =10 кОм см толщиной 0,2 мм. Омические контакты получались напылением золота. Имплантация осуществлялась ионами Ar⁺ с энергией 20 кэВ дозами 10¹⁰-10¹⁵ ион/см². В экспериментах одновременно проводились измерения медленной релаксации (MP) поверхностной проводимости при подаче поперечного поля (временной диапазон 10⁻³÷10³ с) и спектральной плотности мощности токовых шумов S_u/u² в диапазоне частот 20 Гц÷20 кГц в циклах десорбция — адсорбция паров воды (10³ Па). Имплантация сопровождалась существенным ускорением кинетики MP в эф-

Имплантация сопровождалась существенным ускорением кинетики МР в эффекте поля. Данные, приведенные на рис. 1, отражают изменения поверхностной проводимости при подаче поперечного поля на имплантированной дозой 10^{13} ион/см² (а) и на контрольной стороне того же образца (б). После вакуумирования при 10^{-4} Па в течение часа на контрольной стороне МР отсутствует, а на имплантированной внешнее поле экранируется за время 10^{-2} с (кривая *I* на рис. 1, а). Длительное (10^3 ч) вакуумирование приводило к исчезновению МР и на имплантированной стороне пластины (кривая 2 на рис. 1, а), что свидетельствует об адсорбционном характере возникающих при имплантации ловушек. Последующая адсорбция паров воды вновь вызывала появление МР на имплантированной стороне, в то время как на контрольной стороне МР характеризовалась существенно более медленной кинетикой (кривая 3). Таким образом, имплантация приводит к генерации в приповерхностной фазе дефектов, которые в присутствии адсорбированных молекул проявляются как медленные электронные состояния.



Рис. 1. Кинетики поверхностной проводимости образца при подаче поперечного поля на имплантированной ионами Ar⁺ дозой 10¹³ ион/см² (а) и на контрольной поверхности образца (б): после вакуумирования в течение 1 ч (1), 10³ ч (2) и после адсорбщии паров воды (3)

На рис. 2 приведены изменения спектральной плотности низкочастотных токовых шумов в результате имплантации. Измерения проводились до и после имплантации



Рис. 2. Спектральные зависимости плотности мощности токовых шумов: на неимплантированных образцах (1 и 1'), после имплантации Ar⁺ с дозой 10¹³ (2 н 2') и 10¹⁴ ион/см² (3 и 3'). Измерения проводились в вакууме 10⁻⁴ Па (1, 2, 3) и после адсорбщии паров воды 10³ Па (1', 2', 3') как в вакууме, так и после адсорбции паров воды. Имплантация сопровождалась увеличением спектральной плотности низкочастотных токовых шумов на несколько порядков, причем заметный рост (так же, как и ускорение кинетики МР) фиксировался начиная с дозы 10¹¹ ион/см². Адсорбция воды почти не изменяла спектральной плотности шумов на исходном образце, но после имплантации приводила к дополнительному росту шумов примерно на порядок, особенно заметному в области низких частот (~100 Гц). При адсорбции в ряде случаев менялся характер токового шума: на осциялограмме можно было наблюдать случайную последовательность импульсов, наложенных на статистически регулярный шум тока. Повторное вакуумирование сопровождалось восстановлением шумовых характеристик до исходных величин.

Вследствие сильной зависимости протекающего тока от характера потенциального рельефа малые флуктуации последнего, обусловленные перезарядкой генерационно-рекомбинационных центров, приводят к большим флуктуациям протекающего через образец тока. Набор потенциальных барьеров различной высоты обеспечивает широкое распределение постоянных времени, характеризующих флуктуации. Адсорбция молекул воды приводит к появлению ловушек с характерными временами $\tau \sim 1 \div 10$ мс. Перезарядка этих центров является дополнительным источником модуляции параметров потенциальных барьеров, что сопровождается увеличением уровня шума

Таким образом, радиационные дефекты, возникающие в Si при ионной имплантации, являются эффективными центрами адсорбции. Дефективне комплексы с адсорбированными на них молекулами воды являются медленными электронными состояниями и обеспечивают как экранирование внешнего поля в эффекте медленной релаксации, так и увеличение

спектральной плотности мощности модуляционных шумов в диапазоне низких частот, причем эффекты возникновения медленной релаксации и увеличения шума являются обратимыми.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Рассел Х., Руге И. Ионная имплантация. М., 1983. [2] Chen T. M., Cottle J. G.//Solid State Electron. 1986. 29, N 9. P. 865. [3] Pellegrini B., Saletti R., Terreni P., Prudenziaty M.//Phys. Rev. 1983. **B27**, N 2. P. 1233.