

- [8] К о в а л ь ч у к М.В., К о н В.Г. // УФН. 1986. Т.149. В. 1. С. 69-103.
- [9] R i e n t o r d F., B e n a t t a r J.J., B o s s i o L., R o b i n P., B l o t C., d e K o u c h - k o v s k y R. // J. Phys. 1987. V. 48. P. 679-687.

Институт кристаллографии
им. А.В. Шубникова
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
8 июня 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 14

26 июля 1990 г.

06; 06.2

© 1990

ФОТОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕСТРОЙКА ГЛУБОКИХ ЦЕНТРОВ В КРЕМНИИ, ЛЕГИРОВАННОМ НИКЕЛЕМ И ХРОМОМ

К.А. А д и л о в, Ш.С. Т у р с у н о в

Процессы квазихимической перестройки глубоких примесных центров (ГПЦ) в Si^i , протекающие при термическом и радиационном воздействиях, изучены подробно. В настоящей работе показана возможность протекания процессов фотохимической перестройки (ФХП) в Si^i при облучении „сверхнизкоэнергетическим“ светом из области примесного поглощения на примере ГПЦ Ni и Cr .

Методом $DLTS$ [1] исследованы барьеры Шоттки на $p-Si$ марки КДБ с $R_{исх} = 0.2-2$ Ом см. Легирование атомами Ni и Cr проводилось термодиффузией при 1273-1523 К в течение 3-30ч с последующей быстрой закалкой. В результате облучения светом с $E_3 = 0.65-0.70$ эВ, $I_3 = 10^{15}-10^{17}$ квант/см²·с и $D_3 \geq \geq 3.6 \cdot 10^{19}$ квант/см² при $T_3 = 300-400$ К (E_3, I_3, D_3 и T_3 - энергия, интенсивность, доза и температура засветки) и последующего охлаждения до 77 К со скоростью $\sim 0.3-1.0$ К/с происходил процесс ФХП в исследованных образцах.

1. В $p-Si < Ni >$ до облучения ГПЦ, обусловленные Ni , не наблюдались, что, видимо, связано с электронейтральностью атомов Ni в $p-Si$. Как видно из рис. 1 и 2 (кривые 1), после облучения светом с $E_3 \approx 0.65$ эВ и $D_3 \geq 5.4 \cdot 10^{19}$ квант/см² появляется ГПЦ с энергией ионизации $E_V + 0.23$ эВ (см. рис. 1, а, кривая 1). Так как в контрольных образцах из $p-Si$ (без Ni) после такой же обработки данный ГПЦ не обнаружен, то его можно отнести к одному из ГПЦ (акцепторных) никеля, обусловленному узловым атомом Ni_S^- [2].

Анализ проявления ГПЦ $E_V + 0.23$ эВ в рамках механизма перезарядки центров [3] показывает, что междоузельный атом никеля в нейтральном состоянии Ni_i^0 , захватывая неравновесный электрон,

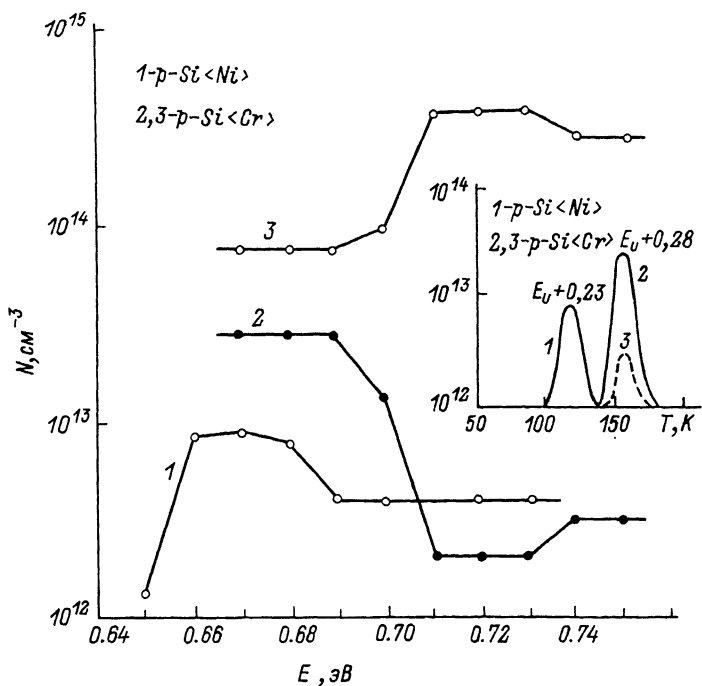


Рис. 1. Спектральные зависимости ФХП ГПС для $I_3 = 10^{16}$ квант/см²·с, $D_3 = 9 \cdot 10^{19}$ квант/см² и $T_3 = 350$ К: 1 - $E_V + 0.23$ эВ, 2 - $E_V + 0.28$, 3 - $E_V + 0.046$. На вставке (а) - спектры dN/dT до (1 и 2) и после (3) ФХП.

перезаряжается в состояние Ni_i^- . При этом энергия электронного возбуждения превращается в потенциальную энергию системы "Si + Ni". В результате изменяется равновесное положение центра Ni_i^0 , так что положение минимума его потенциальной энергии в основном состоянии будет соответствовать положению "седловой" точки в перезаряженном (возбужденном) состоянии Ni_i^- . Т.е. резко уменьшается потенциальный барьер для миграции, и центр Ni_i^- будет совершать один диффузионный прыжок в среднем для каждого из двух циклов изменения зарядового состояния Ni_i^0 . Но в дальнейшем, мигрируя по междоузлиям, он аннигилирует с вакансией (V) и конвертирует в узловое положение по схеме: $Ni_i^- + e^- \rightarrow Ni_i^- + V \rightarrow Ni_s^-$, что и обуславливает появление ГПС $E_V + 0.23$ эВ.

2. В $p-Si < Cr >$ до облучения наблюдался донорный ГПС $E_V + 0.28$ эВ (рис. 1, а, кривая 2), обусловленный донорно-акцепторной парой $(Cr_i^+ B_s^-)^0$ [4]. Последняя обуславливает и полосу излучения при $\lambda = 1.469$ мкм в спектрах фотолюминесценции (ФЛ) (рис. 2, а, кривая 1), снятых при 4.2 К с помощью возбуждения аргоновым лазером (длина волны возбуждения $\lambda = 0.49$ мкм).

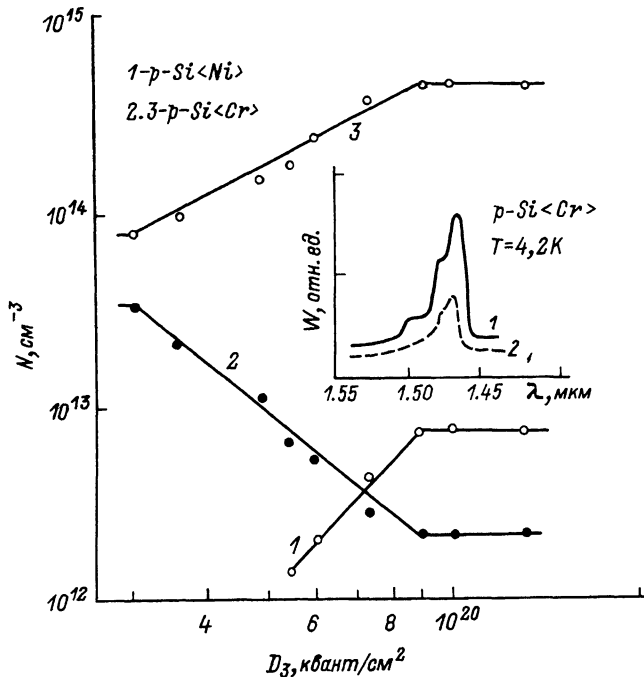


Рис. 2. Дозовые зависимости ФХП ГПС. Обозначения и режимы те же, что и на рис. 1. На вставке (а) спектры ФЛ до (1) и после (2) ФХП.

Облучение светом с $E_3 \approx 0.7$ эВ и $D_3 > 3.6 \cdot 10^{19}$ квант/см² (кривые 2 на рис. 1 и 2) приводило к резкому уменьшению концентрации пары $(Cr_i^+ B_S^-)^0$ (рис. 1, а, кривая 3) и росту концентрации мелких акцепторов бора (B_S^-) с энергией ионизации $E_V + 0.046$ эВ (рис. 1 и 2, кривая 3), т.е. происходил частичный распад $(Cr_i^+ B_S^-)^0$. При этом новый ГПС, обусловленный Cr , не возникал, а фоточувствительность образцов деградировала на ~ 2 порядка. Это сопровождалось гашением интенсивности (W) полосы ФЛ на такой же порядок (рис. 2, а, кривая 2).

На основе [3] можно сказать, что распад пары $(Cr_i^+ B_S^-)^0$ осуществляется захватом неравновесного электрона ионом Cr_i^+ и его перезарядкой в состояние Cr_i^0 по схеме: $(Cr_i^+ B_S^-)^0 + e^- \rightarrow Cr_i^0 + B_S^-$ (реакция идет вправо). Нагрев образцов до 600 К и последующее охлаждение их до 77 В в темноте приводили к полному восстановлению свойств кристалла (реакция идет влево), что соответствует качественному отличию ФХП от квазихимических процессов перестройки дефектов при термическом или радиационном воздействиях.

В заключение отметим, что более детальный анализ рассмотренных процессов ФХП будет проведен отдельно.

Авторы выражают искреннюю благодарность Р.М. Мехлису за неоценимое содействие при проведении экспериментов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] L a n g D.V. // J. APPL. Phys. 1974. V. 45. N 7. P. 3014-3022.
- [2] Т о к у м у р а Y. // Japan J. Appl. Phys. 1963. V. 2. N 9. P. 542-549.
- [3] B o u r g o i n L.C., C o r b e t t J.W. // Phys. Lett. 1972. V. 38A. N 1. P. 135-137.
- [4] C o n z e l m a n n H., G r a f f K., W e b e r E.R. // Appl. Phys. A. 1983. V. 30. N 3. P. 169-175.

Поступило в Редакцию
11 апреля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 14

26 июля 1990 г.

06.3; 07

© 1990

НЕВЫРОЖДЕННАЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ В КРИСТАЛЛАХ

Д.М. И н д е н б а у м, В.М. С ы с у е в,
А.С. Щ е р б а к о в

Одним из возможных методов воздействия на характеристики оптических сверхкоротких импульсов (СКИ) является нестационарное параметрическое усиление в среде с квадратичной нелинейностью [1]. Динамика трансформации СКИ в этом случае обусловлена электронным механизмом взаимодействия света со средой и имеет характерные времена релаксаций нелинейности 10^{-15} с [2, 3], что обеспечивает регенерацию пикосекундных импульсов [4]. Однако описанные в [4] экспериментальные результаты были получены в режиме вырожденного параметрического усиления, при котором существенным является поддержание определенной и фиксированной разности фаз волн сигнала и накачки, что достаточно затруднительно для приложений. В данном сообщении рассматривается невырожденный режим параметрического взаимодействия СКИ с квазинепрерывной накачкой в нецентросимметричном кристалле, когда фаза холостой волны согласует фазы сигнальной волны и волны накачки. Имея в виду задачу регенерации СКИ в солитонной волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) [5], ограничимся рассмотрением импульсов длительностью τ_0 типа [6]