

МАГНИТОСТИМУЛИРОВАННЫЙ ЭФФЕКТ УСКОРЕНИЯ ПЕРЕСТРОЙКИ ДЕФЕКТОВ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

К.А.Адилов

*Специализированное конструкторское бюро с опытным производством отдела
теплофизики АН Уз.ССР
700090, Ташкент*

Поступила в редакцию 23 января 1991 г.

Обнаружено новое явление - ускорение кинетики фото- и инжекционно-стимулированной перестройки (ФСП и ИСП) дефектов под действием поперечного магнитного поля. Установлено, что магнитное поле с напряженностью $H = 6 - 15$ кЭ приводит к ускорению распада донорно-акцепторной пары $(Cr_i^+ V_s^-)^0$ и проявления нового глубокого примесного центра (ГПЦ) Ni_s^- в кристаллах $p - Si < Cr >$ и $p - Si < Ni >$ в процессе облучения "сверхнизкоэнергетическим" светом из области примесного поглощения, а также при инжекции неосновных носителей (электронов).

Влияние сильного магнитного поля на кинетику процессов квазихимической перестройки дефектов, в том числе ГПЦ в полупроводниках, протекающих при радиационном облучении излучениями различной природы, а также при

инъекции носителей с контактов как теоретически, так и экспериментально практически не изучено. Настоящая работа посвящена изучению этого вопроса.

Методом DLTS (Deep-Level Transient Spectroscopy) ¹ исследовались барьеры Шоттки на кристаллах $p-Si < Cr >$ и $p-Si < Ni >$, полученные по методике ^{2,3}. В образцах $p-Si < Cr >$ обнаружен ГПЦ $E_1 = E_v + 0,28$ эВ, обусловленный донорно-акцепторной парой $(Cr_i^+ B_s^-)^0$ ²⁻⁴ с концентрацией $N_{CrB} \approx 5 \cdot 10^{13}$ см⁻³. В $p-Si < Ni >$, как и в ^{2,3}, ГПЦ, обусловленный атомами Ni, не обнаружен. Показано ³, что природа образования донорно-акцепторной пары $(Cr_i^+ B_s^-)^0$ заключается в следующем. При высокотемпературной диффузии Cr в $p-Si$ подвижные междоузельные атомы Cr_i захватываются связанными узловыми атомами B_s^- , имеющимися в избытке в исходном $p-Si$ ($N_b \approx 10^{15} - 10^{16}$ см⁻³ - концентрация мелких акцепторов бора, B_s^-) и образуют с ними донорно-акцепторной пары. В процессе быстрого последидиффузионного охлаждения (закалке) большая часть таких пар не успев отжечься, "замораживается" в состоянии $(Cr_i^+ B_s^-)^0$, что обусловлено, в первую очередь, кулоновским взаимодействием между донорным (Cr_i^+) и акцепторным (B_s^-) компонентами. Процесс параобразования описывается обратимой квазихимической реакцией, протекающей вправо



А отсутствие ГПЦ в $p-Si < Ni >$ связано ^{2,3} с электронейтральностью атомов Ni в $p-Si$.

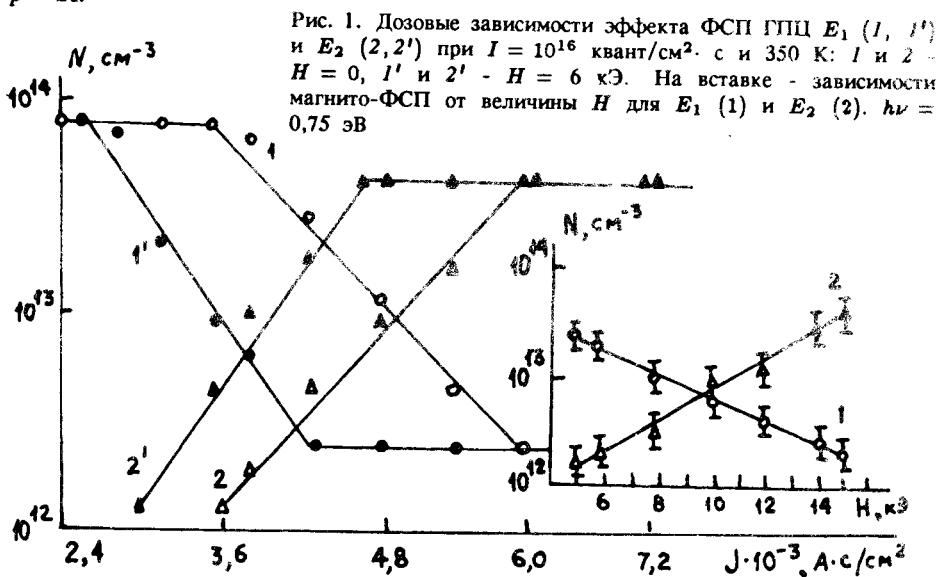


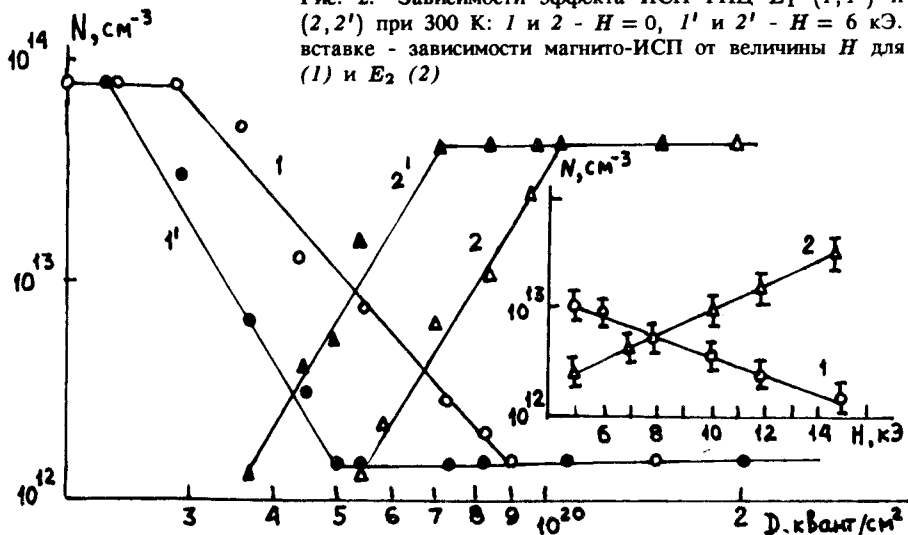
Рис. 1. Дозовые зависимости эффекта ФСП ГПЦ E_1 (1, 1') и E_2 (2, 2') при $I = 10^{16}$ квант/см². с и 350 К: 1 и 2 - $H = 0$, 1' и 2' - $H = 6$ кЭ. На вставке - зависимости магнито-ФСП от величины H для E_1 (1) и E_2 (2). $h\nu = 0,75$ эВ

Облучение "сверхнизкоэнергетическим" светом из области примесного поглощения с энергией $h\nu \leq 0,65 - 0,85$ эВ, интенсивностью $I = 10^{15} - 10^{17}$ квант/см². с и дозой $D \geq 3 \cdot 10^{19}$ квант/см² при 300 - 400 К и последующее охлаждение образцов до 77 К со скоростью $\sim 0,3 - 1,0$ К/с приводило к протеканию процессов ФСП, аналогичных ФСП, описанных в ^{2,3}. Т.е. при этом имели место ФСП-эффект распада донорно-акцепторной пары $(Cr_i^+ B_s^-)^0$ и проявления нового ГПЦ Ni_i^- , $E_2 = E_v + 0,23$ эВ (рис.1, кривые 1 и 2 соответственно).

Аналогичные процессы перестройки ГПЦ E_1 и E_2 происходили и после инъекции электронов с плотностью $J \geq 3,6 \cdot 10^3$ А · с/см² путем прикладывания к образцам обратного смещения ($\sim 5 - 50$ В) при 250 - 350 К. На

рис. 2 приведены зависимости ИСП-эффекта для ГПЦ E_1 (кривая 1) и E_2 (кривая 2). Отметим, что после этих процессов ФСП и ИСП новый ГПЦ, обусловленный Cr , не возникал.

Рис. 2. Зависимости эффекта ИСП ГПЦ E_1 (1, 1') и E_2 (2, 2') при 300 К: 1 и 2 - $H = 0$, 1' и 2' - $H = 6$ кЭ. На вставке - зависимости магнито-ИСП от величины H для E_1 (1) и E_2 (2)



В поперечном магнитном поле обнаружен эффект ускорения указанных процессов ФСП и ИСП: пороговые значения D и J , при которых начинались распад донорно-акцепторной пары $(Cr_i^+V_s^-)^0$ и проявление ГПЦ E_2 при $H = 0$ (кривые 1 и 2 на рис.1 и 2) значительно уменьшались при $H \geq 6$ кЭ (кривые 1' и 2' на рис.1 и 2), т.е. ФСП и ИСП эффекты проявлялись за более короткие времена. Зависимости магнито-ФСП и магнито-ИСП (на вставках рис.1 и 2 соответственно) показывают, что кинетика ФСП и ИСП при наложении магнитного поля ускоряется по экспоненциальному закону с увеличением величины H .

Если ФСП и ИСП без магнитного поля, как показано ²⁻⁴, связаны с распадом донорно-акцепторной пары $(Cr_i^+V_s^-)^0$ при захвате неравновесного электрона (фотовозбужденного или инжектированного) по квазихимической реакции (1) (реакция идет влево) и перезарядкой нейтрального атома Ni_i^0 по той же реакции



с проявлением ГПЦ E_2 , обусловленного узловым атомом Ni_i^- , т.е. по механизму рекомбинационно-стимулированной диффузии ⁵ и механизму перезарядки центров ⁶, то процессы ФСП и ИСП при наложении магнитного поля, следовательно, и их ускорение, видимо, нельзя тривиально интерпретировать. Однако, можно себе представить две возможности: во-первых, магнитное поле воздействует на движение электронов проводимости и влияет на процесс рекомбинации (или перезарядки) либо на стадии распространения носителя, либо в момент захвата ионами Cr_i^+ и Ni_i^0 . В первом случае магнитное поле влияет на траекторию электрона и механизмы его рассеяния. Во втором случае изменение вида волновой функции электрона в начальном состоянии процесса захвата вносит зависимость от величины H в интеграл вероятности захвата электрона. Обе эти возможности в настоящее время изучаются и результаты будут опубликованы отдельно.

Автор выражает искреннюю благодарность К.А. Кикоину за полезную дискуссию.

Литература

1. Lang D.V. *J. Appl. Phys.*, 1974, 45, 3023.
 2. Адилов К.А., Турсунов Ш.С. Письма в ЖТФ, 1990, 16, 42.
 3. Адилов К.А. Фотохимическая перестройка глубоких примесных центров в кремнии *p*-типа. Деп. в ВИНТИ от 28.06.90, N3699-B90, 25 с.
 4. Conzelmann H. et al. *Appl. Phys.*, 1983, 30A, 169.
 5. Lang D.V., Kimerling L.C. *Phys Rev. Lett.*, 1974, 33, 489.
 6. Bourgoin L.C., Corbett J.W. *Phys. Lett.*, 1972, 38A, 135.
-