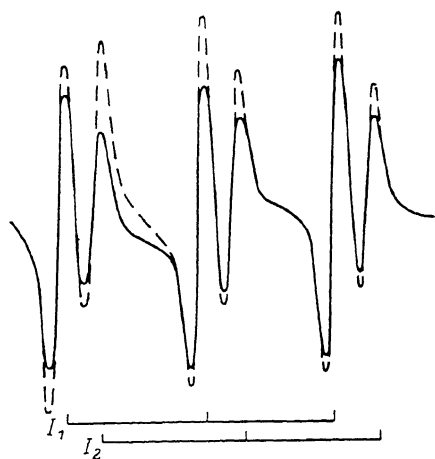


ПРОЯВЛЕНИЕ В СПЕКТРЕ ЭПР ДВУХ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИ НЕЭКВИВАЛЕНТНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ПРИМЕСИ АЗОТА С КУБИЧЕСКИМ ОКРУЖЕНИЕМ В 6H КАРБИДЕ КРЕМНИЯ

О. В. Вакуленко, В. С. Лысый

Азотный спектр ЭПР в карбиде кремния характеризуется тремя линиями сверхтонкого взаимодействия с ядрами ^{14}N , имеющими спин $J=1$. Обнаруженные в [1] в образцах 6H—SiC с пониженной концентрацией азота два типа спектров, интенсивность которых отличалась примерно в два раза, интерпретировались как проявление трех кристаллографически неэквивалентных положений атомов примесного азота, расположенных в узлах углерода: одного с гексагональным окружением и двух неразрешимых положений с кубическим окружением. Сопоставление кинетики затухания оптически индуцированного ИК поглощения с кинетикой релаксации сигнала ЭПР примесного азота в 6H—SiC после выключения подсветки показало [2], что известный спектр ЭПР [1] обусловлен так



Спектр ЭПР азота в 6H—SiC. $H_0 \perp c$,
 $\nu=37$ ГГц, $T=98$ К.

Сплошная кривая — темновой спектр, штриховая — при оптической подсветке.

называемым «глубоким азотом», т. е. парой уровней E_c-158 и E_c-163 мэВ [3], соответствующих именно двум неэквивалентным положениям азота с кубическим окружением. Недавно точка зрения [2] нашла свое подтверждение в работе [4]. С целью развития новых представлений о спектре ЭПР азота в карбиде кремния нами приведены дальнейшие исследования оптической перезарядки примеси в 6H—SiC с применением спектрометра с большим разрешением, чем в [1] или [2].

Исследования спектра ЭПР азота проводились в 8-мм диапазоне длин волн на частично-компенсированных образцах 6H—SiC. Полученный спектр представлен на рисунке, его параметры приведены в таблице.

Для определения интенсивностей линий спектров неэквивалентных

положений азота проводилось разделение перекрытых компонент с учетом того, что они имеют одинаковую ширину и гауссову форму. Измеренное соотношение интенсивностей линий, соответствующих двум типам спектров, отличается от 2 : 1, и например, для образца, спектр которого представлен на рисунке, равно $C_1 : C_2 = 1.42$. При длительном освещении образца в области собственного поглощения концентрация нейтральных донорных центров выросла соответственно в $K_1=1.17$ и $K_2=1.33$ раза, достигая насыщения. Эти результаты, полученные при $T=98$ К, позволяют оценить отношение темновых концентраций дырок. Хотя в реальном эксперименте полное заполнение уровня электронами маловероятно, концентрация неравновесных электронов, по-видимому, остается все же пропорциональной темновой концентрации дырок, поэтому $p_1/p_2 = (K_1 - 1) K_2 / (K_2 - 1) K_1 = 0.6$. Если распределение дырок подчиняется классической статистике, то $p_1/p_2 = \exp(-\Delta E/kT)$, где ΔE — энергетическое расстояние между уровнями. Расчет приводит к значению $\Delta E=4$ мэВ. Установленная в работе [3] глубина залегания основного состояния центра азота в 6H—SiC с гексагональным окружением равна E_c-101 мэВ.

Следовательно, приведенные выше расчеты свидетельствуют о проявлении в ЭПР двух положений азота в кубическом окружении, а не в кубическом и гексагональном.

В подтверждение высказанного предположения заметим еще следующее. Как показано в [5], существует взаимосвязь между постоянной сверхтонкой структуры на примеси A и изменением энергии основного состояния, вызванным короткодействующей поправкой к кулоновскому потенциалу дефекта: $A \sim \Delta^2$. Судя по величинам сверхтонкого расщепления наблюдаемых нами двух типов спектров, отношение A_1/A_2 равно 1, а для квадратов энергетических поправок, согласно [3], имеем $(163-88)^2/(158-88)^2=1.14$. Аналогичные расчеты показывают, что для азота в гексагональном окружении сверхтонкое расщепление будет в 30 раз меньше, чем для азота в кубическом окружении. Так что в условиях наших измерений азот в гексагональном окружении может проявиться в виде одиночной (центральной) линии.

В нашем эксперименте определение коэффициентов перезарядки производилось только для третьих компонент спектров СТВ, так как первая и вторая сверхтонкие компоненты при освещении образца искажаются, возможно, в результате наложения спектра ЭПР от гексагональной позиции азота в $6H-SiC$.

Таким образом, два типа спектров ЭПР, впервые обнаруженных Вудбери и Людвигом, обусловлены, по нашему мнению, двумя неэквивалентными положениями азота в $6H$ карбиде кремния с кубическим окружением.

Авторы выражают благодарность Е. Н. Калабуховой и Т. Л. Петренко за помощь, оказанную в проведении эксперимента.

Параметры спектра ЭПР
примесного азота в $6H-SiC$

Центр	g	$A \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$
$^{14}\text{N} (I_1)$	2.0030	11.08
$^{14}\text{N} (I_2)$	2.0026	11.20

Л и т е р а т у р а

- [1] Woodbury H. H., Ludwig G. W. Phys. Rev., 1961, vol. 124, N 4, p. 1083—1089.
 [2] Вакуленко О. В., Маразуев Ю. А., Шутков Б. М. ФТТ, 1976, т. 18, № 10, с. 3080—3083.
 [3] Вакуленко О. В., Гусева О. А. ФТП, 1981, т. 15, № 8, с. 1528—1530.
 [4] Калабухова Е. Н., Кабдин Н. Н., Лукин С. Н. ФТТ, 1987, т. 29, № 8, с. 2532—2534.
 [5] Стоунхэм А. М. Теория дефектов в твердых телах. М.: Мир, 1978, т. 1. 570 с.

Киевский государственный университет
им. Т. Г. Шевченко
Киев

Поступило в Редакцию
10 февраля 1988 г.

РАЗДЕЛЕНИЕ РОСТОВОГО И МАГНИТОУПРУГОГО ВКЛАДОВ В МАГНИТНУЮ АНИЗОТРОПИЮ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ ФЕРРИТ-ГРАНАТА

В. Э. Осуховский, З. З. Дитина, Д. Е. Линкова,
Л. А. Цыгельнюк, В. В. Колсанов, С. М. Григорович

Как известно [1, 2], перпендикулярная анизотропия эпитаксиальных феррит-гранатовых пленок обусловлена двумя механизмами: магнитоупругим эффектом, возникающим вследствие несоответствия постоянных