

УДК 621.315.592

Радиационные дефекты в n - $6H$ -SiC, облученном протонами с энергией 8 МэВ

© А.А. Лебедев, А.И. Вейнгер, Д.В. Давыдов, В.В. Козловский*, Н.С. Савкина, А.М. Стрельчук

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук,
194021 Санкт-Петербург, Россия* Санкт-Петербургский государственный технический университет,
195251 Санкт-Петербург, Россия

(Получена 31 января 2000 г. Принята к печати 1 февраля 2000 г.)

Емкостными методами и методом электронного парамагнитного резонанса проведено исследование глубоких центров, образующихся в n - $6H$ -SiC, облученном протонами с энергией 8 МэВ. В качестве образцов были выбраны диоды Шоттки и p - n -структуры, как изготовленные методом сублимационной эпитаксии, так и коммерчески выпускаемые Cree Inc (США). Обнаружено, что тип вводимых облучением центров не зависит от технологии изготовления материала и от вида заряженных частиц. Показано, что под действием облучения происходит увеличение суммарной концентрации донорных центров. На основе данных по отжигу дефектов и данных электронного парамагнитного резонанса сделаны предположения о возможной структуре образовавшихся центров.

1. Введение

Известно, что облучение протонами используется для пассивации периферии полупроводниковых p - n -структур [1]. Ранее за счет облучения протонами были получены полуизолирующие при комнатной температуре слои SiC [2–4], однако параметры и концентрации глубоких центров (ГЦ), образующихся в процессе облучения, исследованы не были. В других работах [5,6] были исследованы параметры ГЦ, однако компенсация, возникающая в процессе облучения, не рассматривалась.

Цель настоящей работы — получение полуизолирующих слоев $6H$ -SiC протонным облучением и определение параметров ГЦ, ответственных за компенсацию.

2. Образцы

В качестве образцов использовались p - n -структуры и эпитаксиальные слои SiC, коммерчески выпускаемые фирмой Cree [7], а также изготовленные нами методом сублимационной эпитаксии [8]. Толщина n -слоя составляла 5 мкм, p -слоя ~ 1 мкм, подложки ~ 400 мкм. Диаметр барьеров Шоттки, изготовленных на эпитаксиальных слоях, или меза-структур диодов составлял 300–1200 мкм. Концентрация нескомпенсированных доноров в n -слое $N_{d-a} = N_d - N_a$ находилась в пределах $(0.8-4) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, в подложке $(3-5) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, акцепторов в p -слое была $\sim 5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Таким образом, уровень легирования подложки и p -эмиттера не менее чем на 2 порядка превосходил уровень легирования базового слоя n -типа проводимости. Поскольку скорость генерации радиационных дефектов (РД) в полупроводнике практически не зависит от уровня его легирования [9], мы предполагали, что сопротивление

p - n -структур в прямом направлении (R_b) определялось концентрацией носителей заряда в n -слое (степенью компенсации доноров РД). Для исследования ГЦ методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) использовались подложки, выращенные по методу Лэли, толщиной ~ 0.5 мм с исходной концентрацией примеси азота $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

Облучение протонами выполнялось на циклотроне МГЦ-20. Использовались протоны с энергией 8 МэВ в диапазоне доз облучения $D = 1 \cdot 10^{14} - 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$.

3. Эксперимент

3.1. Вольт-фарадные характеристики

Измерение вольт-фарадных ($C-U$) характеристик производилось на стандартной установке с параллельной схемой замещения при частоте синусоидального сигнала 10 кГц. Исследование облученных образцов показало уменьшение измеряемой величины N_{d-a} при комнатной температуре по сравнению с исходными образцами. В то же время величина N_{d-a} при 650 К оказалась больше, чем в исходных структурах до облучения (рис. 1), причем с увеличением дозы облучения эта разность увеличивалась (рис. 2). Облучение приводило также к росту величины R_b , и в результате при больших дозах облучения измеряемая величина емкости переставала зависеть от приложенного напряжения [10]. С нагревом величина R_b уменьшалась по экспоненциальному закону с энергией активации ε_A (рис. 3). С увеличением дозы облучения ε_A увеличивалась, асимптотически приближаясь к значению ~ 1.1 эВ (рис. 4). Подобный характер изменения сопротивления под действием облучения ("пиннинг"

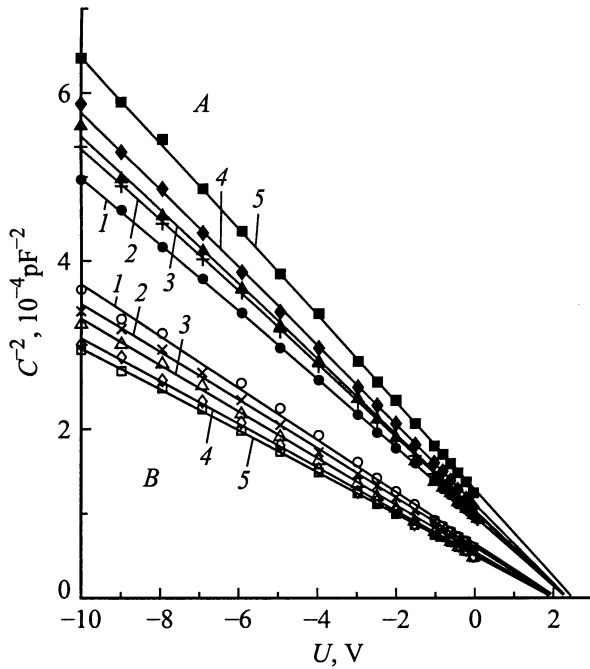


Рис. 1. Вольт-фарадные характеристики $p-n$ -структуры на основе $6H-SiC$, измеренные при температурах 300 (серия А) и 650 К (серия В) после облучения дозами, 10^{14} см^{-2} : 1 — 1.1, 2 — 2, 3 — 3, 4 — 4, 5 — 6.

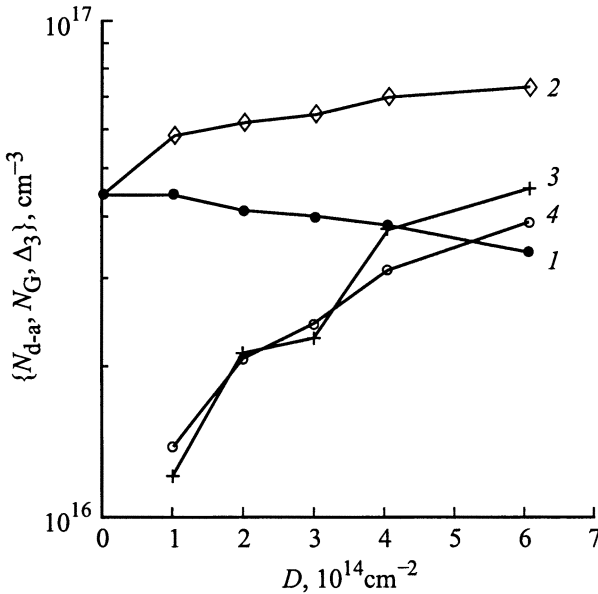


Рис. 2. Зависимость величины N_{d-a} при температурах 300 (1), 650 К (2), их разности Δ_3 (3) и концентрации центров $E_c - (1.1-1.22) \text{ эВ } N_G$ (4) от дозы облучения.

уровня Ферми) характерен и для других полупроводниковых материалов (см., например, для GaAs [11]). Таким образом, с увеличением дозы облучения происходит закрепление уровня Ферми вблизи уровня радиационных дефектов, скорость введения которых в материал максимальна.

3.2. DLTS измерения

При исследовании ГЦ в верхней половине запрещенной зоны было обнаружено 6 типов глубоких центров, большинство из них или ранее наблюдалось в $n-6H-SiC$, облученном электронами, [12] или эти центры были близки по параметрам к структурным дефектам. В табл. 1 представлены энергии ионизации центров ($E_c - E_0$),

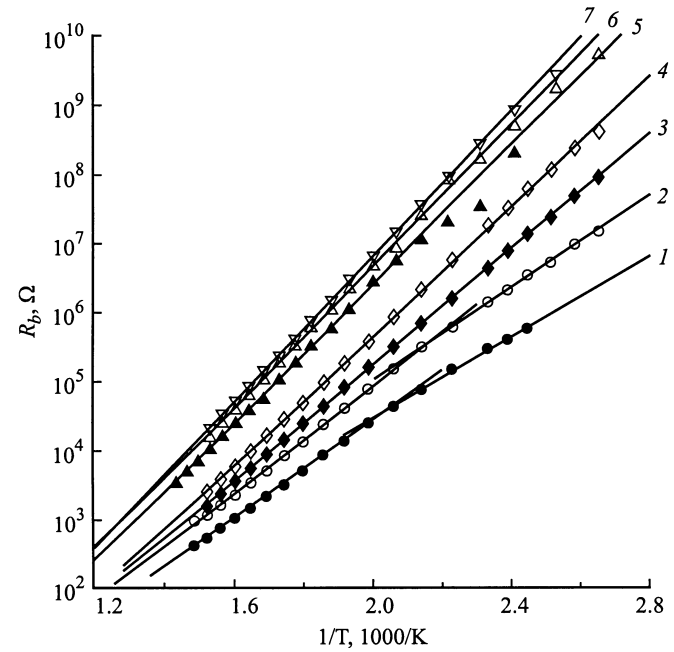


Рис. 3. Температурные зависимости прямого сопротивления диода Шоттки при дозах облучения, 10^{14} см^{-2} : 1 — 3, 2 — 4, 3 — 6, 4 — 10, 5 — 20, 6 — 50, 7 — 100.

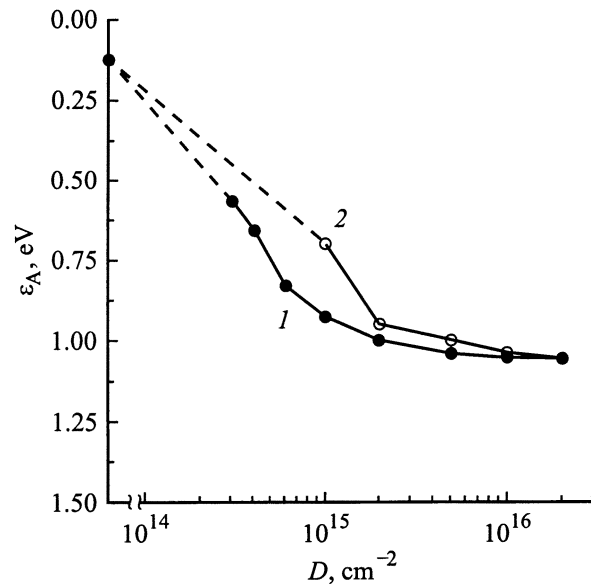


Рис. 4. Зависимость величины ϵ_A от дозы облучения: 1 — $p-n$ -структура CREE; 2 — диод Шоттки на основе эпитаксиального слоя, полученного сублимационной эпитаксией.

Таблица 1. Параметры и свойства обнаруженных глубоких центров

Параметры обнаруженных ГЦ				Соответствие литературным данным		Возможная структура
$E_c - E_0$, эВ	σ_n , см ²	N_g , см ⁻³	T_a , К	Облучение электронами [12]	Структурные дефекты	
0.16–0.2	$6 \cdot 10^{-17}$	$3 \cdot 10^{14}$	500–650	L_1		Первичный дефект [*]
0.36/0.4	$2 \cdot 10^{-15}$	$3.3 \cdot 10^{15}$	800 < ... < 1500	L_3/L_4	$E1/E2$ [5], S [13]	
0.5	$5 \cdot 10^{-15}$	$2.2 \cdot 10^{15}$	500–650	L_6		V_C [12,*]
0.7	$4 \cdot 10^{-15}$	$1.3 \cdot 10^{15}$	800 < ... < 1500	L_7/L_8	Z_1/Z_2 [5]	$V_C + V_S$ [5,*]
0.8	$4 \cdot 10^{-15}$	$6 \cdot 10^{14}$	800 < ... < 1500	L_9		
1.1–1.22	$2 \cdot 10^{-15}$	$2 \cdot 10^{16}$	800 < ... < 1500	L_{10}	R [13]	$V_C + V_{Si}$ [14,*]

Примечание. * Данная работа.

сечения захвата электронов (σ_n) и их концентрации (N_g) после дозы облучения $2 \cdot 10^{14}$ см⁻². Два из обнаруженных центров, $E_c - (0.16-0.2)$ эВ и $E_c - 0.5$ эВ, полностью отжигались при температурах $T_a = 500-650$ К (рис. 5). В некоторых образцах наблюдалось увеличение концентрации центров $E_c - 0.7$ эВ после отжига при $T_a = 800$ К. Не было обнаружено заметной разницы в спектре ГЦ, образующихся в эпитаксиальных слоях CREE и выращенных сублиминационной эпитаксией. Полный отжиг введенных РД наблюдался при температурах $T_a \approx 1500$ К.

В *p-n*-структурах были исследованы ГЦ в нижней половине запрещенной зоны. Перезарядка центров осуществлялась за счет инжекции дырок при кратковременном переключении смещения на прямое. В некоторых образцах после дозы облучения $\sim 2 \cdot 10^{15}$ см⁻² и последующего отжига до 800 К наблюдалось появление центров, близких по параметрам к *D*-центрам ($E_v + 0.58$ эВ) [15]. Согласно литературным данным, *D*-центр является комплексом углеродной вакансии и атома бора [16]. При больших дозах облучения сигнал от центров в нижней половине зоны исчезал. Возможно, это связано с резким уменьшением диффузионной длины дырок под действием облучения [17], поэтому DLTS-измерения с инжекцией в таких условиях будут некорректными [18].

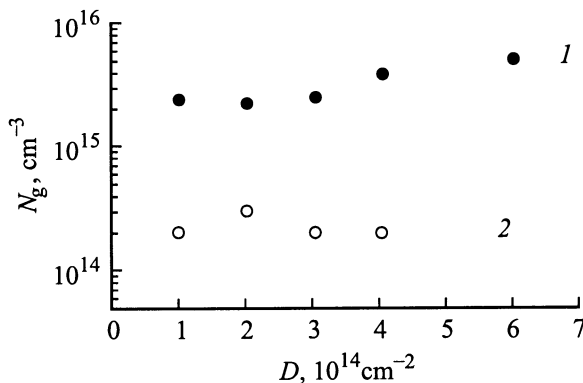


Рис. 5. Зависимость концентрации центров $E_c - 0.5$ эВ (1) и $E_c - (0.16-0.2)$ эВ (2) после облучения.

3.3. Электронный парамагнитный резонанс ГЦ, полученных протонным облучением

Облучение объемных образцов проводилось в тех же условиях эксперимента (доза облучения $4 \cdot 10^{15}$ см⁻²). Для измерений использовался ЭПР спектрометр E-112 фирмы Varian. Измерения проводились при температуре 77 К. Наблюдался ЭПР, связанный с примесными атомами азота, концентрация которых незначительно уменьшалась по сравнению с концентрацией в необлученных образцах. Кроме того наблюдались два новых спектра, один из которых представлял собой одиночную линию, почти совпадающую со средней линией азотного спектра, а второй состоял из 12 линий при произвольной ориентации образца. Наблюдалась и линии, не принадлежащие этим двум спектрам, но они были гораздо слабее.

4. Обсуждение результатов

4.1. Компенсация

Как показали проведенные исследования, под действием протонного облучения в максимальных дозах в *n*-6H-SiC происходит образование глубокого центра $E_c - 1.22$ эВ, близкого по параметрам к известному структурному дефекту — *R*-центру. При больших дозах облучения проводимость образцов начинает определяться термической ионизацией электронов с данного центра и энергия активации сопротивления приближается к энергии ионизации центра. Возникает вопрос — является ли данный центр акцептором или донором. Остановимся на этом подробнее.

Рассмотрим вначале изменение зарядовых состояний всех возможных типов радиационных дефектов и сравним с экспериментальными данными по изменению величины N_{d-a} при 300 и 650 К. Как следует из параметров центра $E_c - (1.1-1.22)$ эВ, постоянная времени его перезарядки (τ) составляет при 300 К около 2 недель. Таким образом, зарядовое состояние данного центра (и более глубоких) не изменится в процессе *C-U*-измерений при комнатной температуре. В то же время τ для ближайшего уровня $E_c - 0.8$ эВ составляет 3.3 с. Следова-

Таблица 2. Температурная зависимость измеряемой величины N_{d-a} для двух типов образующихся ГЦ

ГЦ	$N_{d-a}(300\text{ К})$	$\Delta_1 = N_{d-a}(300\text{ К}) - N_0$	$N_{d-a}(650\text{ К})$	$\Delta_2 = N_{d-a}(650\text{ К}) - N_0$	$\Delta_3 = N_{d-a}(650\text{ К}) - N_{d-a}(300\text{ К})$
$E_c - 1.22\text{ эВ}$, акцептор	$N_0 + N_D$ $-N_A - N_G$	$N_D - N_A - N_G$	$N_0 + N_D - N_A$	$N_D - N_A$	N_G
$E_c - 1.22\text{ эВ}$, донор	$N_0 + N_D$ $-N_A$	$N_D - N_A$	$N_0 + N_D - N_A + N_G$	$N_D - N_A + N_G$	N_G

тельно, центры $E_c - 0.8\text{ эВ}$ (и все более мелкие) при $C-U$ -измерениях при комнатной температуре можно считать полностью опустошенными. В случае, если эти центры — акцепторы, то они не дадут вклада в исходную (до облучения) концентрацию N_{d-a} (N_0) при 300 К, поскольку акцепторы без электронов нейтральны. Опустошенные донорные уровни (N_D) будут заряжены положительно и будут увеличивать значение N_0 . При нагреве структуры до 650 К зарядовое состояние обоих типов центров не изменится.

В случае, если центр $E_c - (1.1-1.22)\text{ эВ}$ с концентрацией N_G — донор, то при 300 К он будет оставаться нейтральным и не будет давать вклада в измеряемую величину емкости. При 650 К он будет опустошен, что приведет к увеличению исходной концентрации на N_G . Если R -центр — акцептор, то поскольку заполненные электронами акцепторы заряжены отрицательно, при $C-U$ -измерениях при 300 К значение N_0 будет уменьшаться на величину N_R . При увеличении температуры R -центр будет опустошен (нейтрален) и не будет давать вклада в измеряемую величину емкости (концентрации).

Следует также учесть возможность образования радиационных дефектов в нижней половине запрещенной зоны. Если эти центры будут доноры, то они будут заполнены (нейтральны) и не дадут вклада в величину измеряемой концентрации. Образование акцепторов, также заполненных электронами (отрицательно заряженных с концентрацией N_A), приведет к уменьшению значения N_0 на величину N_A . В рассматриваемом диапазоне температур зарядовое состояние обоих типов центров не изменится.

Для большей наглядности все выше сказанное обобщено в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что для обоих возможных случаев разность величин N_{d-a} , измеренных при 300 и 650 К, (Δ_3) должна быть равна концентрации центров $E_c - (1.1-1.22)\text{ эВ}$, определенной из DLTS-спектров. Как видно из рис. 2, это равенство хорошо согласуется с экспериментом для доз $\leq 3 \cdot 10^{14}\text{ см}^{-2}$. При увеличении дозы облучения концентрация глубоких РД становится сравнимой с концентрацией мелкой примеси, т.е. нарушаются условия, при которых получены выражения, используемые при определении концентрации ГЦ из DLTS-спектров. Таким образом, наблюдавшееся в эксперименте (при дозах $> 3 \cdot 10^{14}\text{ см}^{-2}$) соотношение

$\Delta_3 < N_R$ может быть связано с ограничением применимости метода DLTS.

Как видно из табл. 2, имеющиеся экспериментальные данные не позволяют сделать однозначного вывода — является ли центр $E_c - (1.1-1.22)\text{ эВ}$ донором или акцептором. Поскольку при дозах $< 1.8 \cdot 10^{15}\text{ см}^{-2}$ не наблюдалось образования РД в нижней половине запрещенной зоны, можно предположить, что при этом уровне облучения $N_A \approx 0$. Тогда для случая 2 из табл. 2 величина $\Delta_1 > 0$, что противоречит эксперименту. Таким образом, остается единственная возможность: данный центр — акцептор. Это согласуется с результатами исследования эффекта Пула–Френкеля для данного центра [5]. С другой стороны, считая $N_A \approx 0$, мы предполагаем, что не происходит образования центров, расположенных ближе к валентной зоне, чем $E_v + (0.1-0.15)\text{ эВ}$, т.е. в области, где DLTS-измерения в нашем случае были невозможны. Поэтому вывод об акцепторной природе центра $E_c - 1.22\text{ эВ}$ можно считать предварительным.

В случае, если данный центр — донор, то очевидно, что большая доза облучения не приведет к дальнейшему “заглублению” уровня Ферми. Однако если данный ГЦ — акцептор (что возможно при $N_A \approx 0$), то уровень Ферми также остановится вблизи данного, наиболее глубокого из образующихся радиационных дефектов. Он будет частично заполнен электронами, ушедшими с более мелких донорных уровней, и с увеличением дозы облучения будет увеличиваться лишь степень компенсации образца. Таким образом, независимо от природы данного ГЦ максимальная энергия активации сопротивления базы будет близка к энергии ионизации ГЦ, т.е. $\sim 1.22\text{ эВ}$. Значит, за счет протонного облучения возможно получение слоев n -6H-SiC, полуизолирующих только вблизи комнатных температур. С нагревом сопротивление облученных структур будет уменьшаться по экспоненциальному закону, токи утечки будут возрастать, что и наблюдалось ранее экспериментально [2].

4.2. Идентификация и возможная структура центров

Из табл. 1 видно, что наблюдается хорошее соответствие между спектрами РД, возникающими после протонного и электронного облучения 6H-SiC. Существует также корреляция между температурами отжига

введенных центров. Подобное соответствие сохраняется и для центров, возникающих при облучении SiC α -частицами [4]. Таким образом, можно сделать вывод, что в SiC, как и в других полупроводниковых материалах [11], различные типы радиационного воздействия приводят к образованию одних и тех же ГЦ, но с различным соотношением концентраций.

Несмотря на совпадение параметров РД с параметрами некоторых собственных дефектов (R , $E1/E2$, $Z1/Z2$), с нашей точки зрения пока рано говорить о полной идентичности РД и собственных дефектов. Напомним, что полный отжиг РД наблюдается при температурах ~ 1500 К, в то время как близкие к ним по параметрам собственные дефекты существуют в эпитаксиальных слоях n -6H-SiC, выращенных сублимационной эпитаксией при температурах ~ 2100 К. Их концентрация не изменяется после дополнительного наращивания сублимацией эпитаксиального слоя p -типа проводимости [13] при тех же температурах роста.

Как отмечалось в работах [6,14], где механизм формирования и отжига РД в SiC изучался на основе экспериментов с позитронным временем жизни, протонное облучение приводит к образованию углеродных и кремниевых вакансий и других первичных дефектов, которые рекомбинируют при отжиге до 400–600 К с образованием термически стабильных комплексов. Таким образом, на основе наших исследований DLTS-спектров можно предположить, что центры $E_c - (0.16-0.2)$ эВ и $E_c - 0.5$ эВ связаны с первичными РД, а центр $E_c - 0.7$ эВ является, подобно D -центру, вакансионным комплексом.

Ранее для некоторых структурных дефектов, возникающих в SiC при закалке образцов, удалось связать структуру дефекта с их электрическими характеристиками благодаря фоточувствительности их спектров ЭПР [14]. Изучение влияния света на амплитуду спектров ЭПР поглощения в исследованных нами образцах показало их нечувствительность к свету. В связи с этим для отождествления структуры и электрических свойств ГЦ мы сравнивали параметры спектров ЭПР, полученных нами, с параметрами, полученными при изучении термодефектов в закаленных образцах [14] и радиационных дефектов в образцах, облученных нейтронами и α -частицами [19]. Как показано в работах [18,19], дефекты в SiC обуславливают появление двух типов спектров ЭПР: со спином $S = 1/2$ и со спином $S = 1$. Последние обладают тонкой структурой.

В нашем случае также наблюдались два типа спектров. Центру со спином $S = 1/2$ соответствует слабо анизотропная одиночная линия с g -фактором, почти совпадающим с g -фактором азота. Поскольку в исследованных образцах спектр атомов азота не исчезал, на его фоне терялись возможно присутствующие в спектре слабые линии сверхтонкой структуры, обусловленные взаимодействием электронного спина с ядерными спинами изотопов ^{29}Si и ^{13}C . В связи с этим пока не удалось однозначно идентифицировать структуру этого центра. Однако сравнение со спектром термодефектов

позволяет предположить, что линию спектра ЭПР со спином $S = 1/2$ дает одиночная вакансия в подрешетке углерода с термической энергией активации 0.5 эВ (в [14] измеренная энергия оптической активации оказалась равной 0.65 эВ).

Гораздо более точную идентификацию удалось провести для центра со спином $S = 1$. В произвольной ориентации спектр содержит 12 линий, и это значит, что центр, дающий такой спектр, обладает симметрией 2-го порядка, ось симметрии лежит в плоскости, содержащей ось c и одну из осей 2-го порядка. Максимальное наблюдаемое значение тонкого расщепления составляет $580 \text{ Э} (510 \cdot 10^{-4} \text{ см}^{-1})$ и лежит под углом 30° к оси c . Подобным спектром обладает наблюдавшийся в [19] центр $G2$, который интерпретирован как пара ближайших вакансий в подрешетках углерода и кремния. Похожим спектром обладает и наблюдавшийся в [14] фоточувствительный термодефект $P7$ с энергией оптической активации 1.17 эВ. Следует также отметить, что различным образом ориентированные дивакансии обладают близкими энергиями активации. Отсюда следует, что спектр центра с $S = 1$ можно с большой долей вероятности отождествить с наиболее глубоким из обнаруженных с помощью DLTS центром, имеющим энергию активации 1.1–1.2 эВ.

Таким образом, в облученном протонами n -6H-SiC с данным ЭПР также удалось сопоставить структуру и электрические свойства двух ГЦ — это вакансия углерода с энергией активации 0.5 эВ и пара вакансий в подрешетках углерода и кремния с энергией активации 1.1 эВ. Различные энергии термической ионизации центров $E_c - 1.22$ эВ и $E_c - 0.7$ эВ при одинаковой предполагаемой структуре ($V_C + V_{\text{Si}}$), по-видимому, можно объяснить различными расстояниями между компонентами пар (вакансиями), характерными для каждого из этих РД.

Заключение

Проделанная работа позволяет сделать два вывода.

1. Наблюдается тождественность свойств и параметров РД, образующихся в n -6H-SiC под действием облучения различными видами заряженных частиц.

2. Наблюдалось увеличение суммарной концентрации нескомпенсированных доноров в облученных протонами образцах n -6H-SiC. В то же время под действием облучения происходит образование глубоких акцепторных центров, на которые переходят электроны с более мелких донорных уровней. Это приводит к заглоблению уровня Ферми и получению полуизолирующих при комнатной температуре слоев n -6H-SiC. Такие слои могут быть использованы в технологии приборов, не предназначенных для работы при высоких температурах — например, фотоприемников или различных детекторов излучения.

Список литературы

- [1] В.В. Козловский, С.И. Пономарев, И.А. Козловская. Письма ЖТФ, **20**, 1 (1994).
- [2] А.О. Константинов, В.Н. Кузьмин, Л.С. Лебедев, Д.П. Литвин, А.Г. Остроумов, В.И. Санкин, В.В. Семенов. ЖТФ, **54**, 1622 (1984).
- [3] G.C. Rybicki. J. Appl. Phys., **78**, 2996 (1995).
- [4] R.K. Nadela, M.A. Capano. Appl. Phys. Lett., **70**, 886 (1997).
- [5] T. Dalibor, G. Pensl, H. Matsunami, T. Kimoto, W.J. Choyke, A. Schoner, N. Nordel. Phys. St. Sol. (a), **162**, 199 (1997).
- [6] W. Puff, P. Mascher, A.G. Balogh, H. Baumann. Mater. Sci. Forum, **258–263**, 733 (1997).
- [7] J.W. Palmor, J.A. Edmond, H.S. Kong, C.H. Carter, Jr. Physica B, **185**, 461 (1993).
- [8] N.S. Savkina, A.A. Lebedev, D.V. Davydov, A.M. Strel'chuk, A.S. Tregubova, M.A. Yagovkina. Mater. Sci. Eng. B, **61–62**, 165 (1999).
- [9] *Радиационные процессы в технологии материалов и изделий электронной техники*, под ред. В.С. Иванова, В.В. Козловского (М., Энергоатомиздат, 1997).
- [10] А.А. Лебедев, Н.А. Соболев. ФТП, **16**, 1874 (1982).
- [11] В.Н. Брудный, А.И. Потапов. *Матер. 7-й Росс. конф. "Арсенид галлия"* (Томск, 1999) с. 68.
- [12] В.С. Балландович. ФТП, **33**, 1314 (1999).
- [13] М.М. Аникин, А.С. Зубрилов, А.А. Лебедев, А.М. Стрельчук, А.Е. Черенков. ФТП, **25**, 479 (1991).
- [14] А.И. Вейнер, В.А. Ильин, Ю.М. Таиров, В.Ф. Цветков. ФТП, **15**, 1557 (1981).
- [15] М.М. Аникин, А.А. Лебедев, А.Л. Сыркин, А.В. Суворов. ФТП, **19**, 69 (1985).
- [16] P.G. Varanov, I.V. Il'in, E.N. Mokhov. Phys. Sol. St., **40**, 36 (1998).
- [17] А.А. Лебедев, А.М. Стрельчук, В.В. Козловский, Н.С. Савкина, Д.В. Давыдов, В.В. Соловьев. Mater. Sci. Eng. B, **61–62**, 450 (1999).
- [18] А.А. Лебедев. ФТП, **30**, 39 (1996).
- [19] Н.М. Павлов, М.И. Иглицын, М.Г. Косаганова, В.Н. Соломатин. ФТП, **9**, 1279 (1975).

Редактор Л.В. Шаронова

Radiation defects in *n*-6H-SiC irradiated by 8 MeV protons

A.A. Lebedev, A.I. Veinger, D.V. Davydov,
V.V. Kozlovskii*, N.S. Savkina, A.M. Strel'chuk

loffe Physicotechnical Institute,
Russian Academy of Sciences,
194021 St. Petersburg, Russia

* St. Petersburg State Technical University,
195251 St. Petersburg, Russia

Abstract By the capacitance spectroscopy and EPR deep centers in *n*-6H-SiC irradiated by 8 MeV protons have been investigated. Schottky diodes and *p*-*n* structures fabricated by a sublimation epitaxy or commercially produced by CREE Inc. (USA) were used. It was found that the type of deep centers does not depend on technology of material growth or types of charged particles. Proceeding from the annealing data and EPR data a conclusion was drawn on possible nature of centers occurring.