

- [3] Алексеевко В.И., Барбашов В.И., Зильберман Л.А., Мостовой В.М., Скороход М.Я. // Препринт ДонФТИ АН УССР 88-17(153), 46 с.
- [4] Алексеевко В.И. // Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. Харьков, 1989, 16 с.
- [5] Коттрелл А.Х. Дислокации и пластическое течение в кристаллах. М.: Металлургия, 1958. 267 с.
- [6] Бублик В.Т., Мельвидский М.Г., Освенский В.Б. // Изв. вузов, Физика, 1980. № 1. С. 7-21.

Донецкий физико-технический институт  
АН УССР

Поступило в Редакцию  
20 июля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 24

26 декабря 1989 г.

06.2

## ИНЖЕКЦИОННО-ПРОЛЕТНАЯ СТРУКТУРА НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ

В.И. Санкин, А.В. Наумов,  
А.А. Вольфсон, М.Г. Рамм,  
Л.М. Смеркло, А.В. Суворов

В работе [1] сообщалось о свойстве  $N^+-\pi$ -перехода с базой р-типа  $SiC(Sc)$  не пропускать ток под действием импульсного напряжения прямой полярности длительностью  $\tau_{\mu} < 10^{-7}$  с. Авто-рами это свойство объяснялось инерционностью процесса деионизации глубокой акцепторной примеси. Энергия ионизации  $Sc$  составляет  $E_i \approx 0.55$  эВ, вследствие чего концентрация тепловых дырок при  $T=295$  К не превышает  $\rho \approx 10^{10}$  см<sup>-3</sup>. При обратном смещении установление электрического поля в базе определяется процессом ионизации. Хотя времена первого и второго процессов не совпадают, можно предположить, что время ионизации также будет достаточно велико в меру большой величины  $E_i/kT$ . Но в таком случае, если приложить короткий импульс напряжения обратной полярности к переходу  $N^+-\pi$ , акцепторные уровни в базе в основном останутся нейтральными и все напряжение распределится в  $\bar{\pi}$ -слое в соответствии с очень низкой концентрацией свободных дырок в этом слое. Иными словами, это напряжение целиком будет приложено к  $\bar{\pi}$ -слою, причем электрическое поле на толщине слоя даже в несколько десятков мкм будет практически однородным и близким по величине к  $F = V/W$ , где  $V$  - приложенное напряжение, а  $W$  - ширина слоя. Ценность такого эффекта заключается в том, что, создав на имеющейся диодной  $N^+-\bar{\pi}$  системе еще один переход

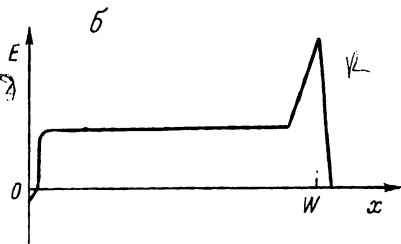
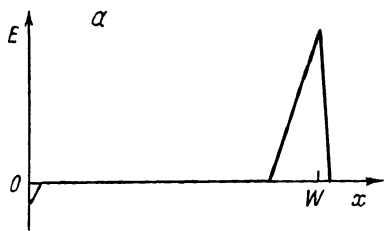


Рис. 1. Распределение электрического поля в  $N^+-\bar{x}-N^+$  структуре: а - при  $V_k=0, V_B > 0$ ; б - при  $V_k < 0, V_B \approx V_B$ , где  $V_B$  - контактная разность потенциалов перехода Б-Э.

$\bar{x}-N^+$ , мы получаем структуру транзисторного типа  $N^+-\bar{x}-N^+$ , база которой будет охвачена на всю толщину практически однородным электрическим полем, величиной которого можно легко управлять (рис. 1). Заметим, что обычно  $N^+p$  переход с концентрацией примеси в базе порядка  $P \sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$  имеет ширину слоя объемного заряда не более 2 мкм в предпробойном состоянии и при этом поле существенно неоднородно (рис.1,а).

Изучение свойств такой системы представляет несомненный интерес. Биполярный транзистор на основе  $SiC$ , исследованный в [2], был диффузионного типа с очень узкой ( $< 1$  мкм) базой. В данном случае базовая область может быть разной толщины и под действием внешнего электрического поля движение носителей (электронов) в ней будет дрейфовым.

Такая транзисторная структура была реализована в виде, показанном на рис. 2, а. На стандартной промышленной подложке 6Н-карбида кремния с концентрацией  $N_d - N_a \sim 2 \cdot 10^{18} - 5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  методом вакуумной эпитаксии производилось наращивание р-слоя, легированного глубоким акцептором, в данном случае  $Sc$ , с концентрацией  $(1 \div 2) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ . Мы называем его  $\bar{x}$ -слоем в силу очень малой ( $10^{10} \text{ см}^{-3}$ ) концентрации свободных дырок при комнатной температуре. Далее на поверхности этого слоя методом ионной имплантации с дозой порядка  $10^{16} \text{ ат. см}^{-2}$  и последующего отжига формировался второй переход  $\bar{x}-N^+$ . Мезаструктура заданной конфигурации создавалась химическим травлением, контакты к базе и эмиттеру - напылением  $Al$ . Размеры структур следующие:  $d_1 = 150$  мкм,  $d_2 = 400$  мкм,  $W = 10$  мкм. Структура исследовалась при включении по схеме с общим эмиттером, в качестве которого использовался слой, полученный имплантацией, в данном случае азота. Хорошее качество структуры подтверждалось отсутствием заметного сквозного тока через структуру при подаче на коллектор импульсного напряжения с длительностью импульса  $\tau_H \sim 5 \cdot 10^{-7}$  с обратной полярности вплоть до напряжений  $V_k = 100$  В. Ток в цепи эмиттер-коллектор  $J_3$  возникал лишь тогда, когда на базу подавалось постоянное прямое смещение  $V_B$  в несколько вольт.

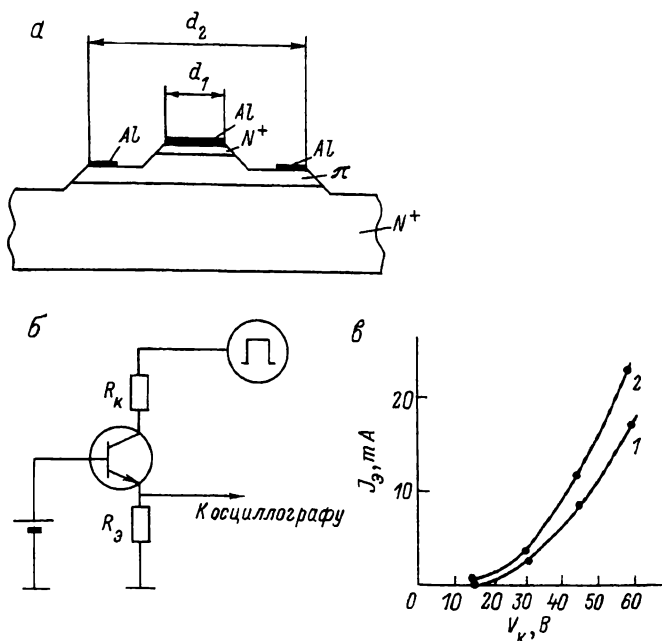


Рис. 2. а - меза транзисторной структуры, б - измерительная схема, в - ВАХ  $N^+$ - $\pi$ - $N^+$  структуры  $J_3$  от  $V_k$  в импульсном режиме при различных постоянных смещениях  $V_b$  1 -  $V_b = 2.5$  В, 2 -  $V_b = 5$  В.

Смещение перехода база-эмиттер (Б-Э) в прямом направлении импульсным напряжением длительностью  $\tau_k \sim 10^{-7}$  с не вызывает тока в цепи эмиттер-коллектор, но когда на переход Б-Э одновременно подается импульсное и постоянное смещение, в токе  $J_3$  появляется соответствующий отклик. Постоянный ток в цепи база-эмиттер составлял доли мкА, поскольку он ограничен большим сопротивлением базы.

Ток  $J_3$  увеличивается с ростом  $V_b$  до того момента, когда переход Б-Э полностью открывается, после чего  $J_3$  перестает зависеть от  $V_b$  в силу упомянутого выше ничтожного уровня инжекции, создаваемой напряжением  $V_b$ . Заметный рост тока происходит только под действием импульсного напряжения  $V_k$ , поскольку поток электронов, инжектированных эмиттером под воздействием напряжения  $V_k$ , попадает в дрейфовое поле и не зависит от большого сопротивления базы. Наблюдаемые зависимости  $J_3$  от  $V_k$  не имеют насыщения, характерного для транзисторных структур (рис. 2, в).

Таким образом, мы получили структуру, в которой ток протекает между двумя электродами, эмиттером и коллектором, в результате инжекции из эмиттера и последующего дрейфа в базе под действием импульсного напряжения  $V_k$ . Данная триодная структура аналогична

по свойствам инжекционно-пролетному диоду, но благодаря переходу Б-Э имеет управляемый поток инжектированных носителей. По-видимому, она может использоваться для СВЧ-генерации в импульсном режиме. Например, типичная структура имела ширину  $\mathcal{L}$ -области порядка  $W=10$  мкм, что обуславливает время пролета около  $10^{-10}$  с. Более крутая характеристика  $J_e$  от  $V_K$  может быть обеспечена за счет улучшения инжекционных свойств эмиттерного перехода.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Литвин Д.П., Мальцев А.А., Наумов А.В., Роенков А.Д., Санкин В.И. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. № 20. С. 1247-1251.
- [2] Münch W.V. and Hoessk P. // Sol. St. Electronics. 1978. Т. 21. N 2. P. 479-481.

Физико-технический  
институт им. А.Ф. Иоффе  
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию  
15 августа 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 24

26 декабря 1989 г.

05.1

### УСКОРЕНИЕ РАСПАДА ТВЕРДОГО РАСТВОРА ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ТЕРМО- ДЕФОРМАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

М.Е. Смагоринский, А.Е. Романов

Эффективным способом придания материалам высоких физико-механических свойств является термомеханическая обработка [1-3]. По этой проблеме накоплен значительный объем экспериментальных данных. Однако последние работы в этом направлении [4, 5] свидетельствуют о далеко не исчерпанных возможностях термомеханического воздействия. Применяя циклическое термомеханическое воздействие, при котором металл подвергается последовательному нагреву, охлаждению и деформации, удается, например, существенно ускорить распад твердого раствора, обеспечив показатели свойств не хуже, чем при обычном старении. Оказывается возможным варьирование не только величин теплового и механического воздействия, но и продолжительности их действия и последовательности проведения. Таким образом, в практическом материаловедении открывается широкое поле для выбора режимов обработки металлов с использованием деформационного и температурного факторов. В настоящей работе анализируются физические механизмы распада твердого рас-