

EXCITATION OF REGULAR CONVECTIVE MOTIONS IN LIQUIDS BY AN ACOUSTIC WAVE

R. S. AKOPYAN, R. B. ALAVERDYAN, Yu. S. CHILINGARYAN

The possibility of excitation of strong convective motions in free surface liquids under the action of radiation pressure of an acoustic wave with space-periodical distribution of intensity was predicted and experimentally confirmed. The observed effect may be used for visualization of the acoustic field of milliwatt power in the beam cross section.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 22, вып. 6, 339—342 (1987)

УДК 621.382.3

МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ УЧАСТКОВ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТИ *N*-ТИПА В ЛОКАЛЬНО ДЕФОРМИРОВАННЫХ ГЕРМАНИЕВЫХ *p-n*-ПЕРЕХОДАХ И ДИОДАХ ШОТТКИ

М. Г. АКОПЯН

Ереванский политехнический институт

(Поступила в редакцию 5 января 1986 г.)

Рассматривается возможный механизм возникновения нескольких участков отрицательной дифференциальной проводимости на вольт-амперных характеристиках германиевых *p-n*-переходов и диодов Шоттки при локальном давлении сферическим индентором.

В работе [1] сообщалось о наблюдении нескольких (двух, трех) участков отрицательной дифференциальной проводимости (ОДП) *N*-типа на прямых ветвях вольт-амперных характеристик (ВАХ) диодов Шоттки на основе слабо легированного *n*-германия ($N_d \approx 10^{19} \text{ м}^{-3}$) при локальном давлении большими сферическими инденторами из карбид-вольфрама с радиусом закругления $(2 \div 13) \cdot 10^{-5} \text{ м}$. Среднее пороговое давление формирования этого эффекта — $\bar{p} \approx (1 \div 10) \cdot 10^8 \text{ Па}$. На обратных ВАХ таких прижимных диодов Шоттки также появляется участок ОДП *N*-типа [1]. Если между индентором с радиусом закругления $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и полупроводниковым кристаллом поместить медную фольгу толщиной $2 \cdot 10^{-5} \text{ м}$, то и на прямой и на обратной ВАХ такого диода Шоттки наблюдаются по одному участку ОДП *N*-типа при среднем пороговом давлении $\bar{p} \approx 6 \cdot 10^8 \text{ Па}$ [2].

В работе [3] предложен физический механизм формирования участка ОДП *N*-типа в локально деформированных сферическим индентором германиевых *p-n*-переходах и диодах Шоттки. В основе этого механизма лежит факт неоднородного изменения (сужения) ширины запрещенной зоны (ШЗЗ) германия по глубине при локальном давлении сферическим

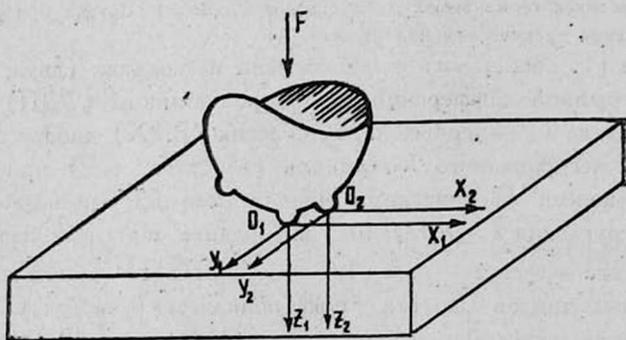
индентором по кристаллографическим плоскостям (001) и (111) (давление производится на поверхность полупроводника и направлено в глубь кристалла перпендикулярно к плоскости залегания перехода). В этом случае максимальное сужение ШЗЗ германия получается на оси z симметрии [3—5]. Глубина максимального изменения ШЗЗ $z^* = z_0 (FRK)^{1/3}$, где z_0 — постоянная, зависящая от кристаллографической ориентации полупроводникового кристалла, F — сила прижима, K — постоянная, зависящая от упругих свойств материалов индентора и полупроводника, R — радиус сферического индентора.

Исходя из предложенного в [3] механизма и результатов работ [1, 2], нетрудно прийти к выводу, что причиной появления нескольких участков ОДП N -типа в прижимных диодах Шоттки при давлении большими сферическими инденторами является существование микронеровностей на поверхности инденторов больших размеров.

Пусть на поверхности сферического индентора больших размеров существуют микронеровности сферической формы с радиусами закругления $r_i \ll R$ (r_i — радиус i -той микронеровности). В общем случае $r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq \dots \neq r_n$. При приложении силы некоторые из этих микронеровностей (скажем n микронеровностей) будут давить на полупроводниковый кристалл в разных точках (O_1, O_2, \dots, O_n) поверхности полупроводника, причем $p_1 \neq p_2 \neq \dots \neq p_i \neq \dots \neq p_n$,

$$\frac{p_i}{p_n} = \left(\frac{r_n}{r_i}\right)^{2/3}, \quad \frac{p_i}{p} = \left(\frac{r_i}{R}\right)^{2/3}, \quad (1)$$

где p_i — давление, обусловленное действием индентора с радиусом закругления r_i . На рисунке видно, что в начальный момент приложения си-



лы индентор не имеет точку соприкосновения с кристаллом полупроводника. Начальное соприкосновение осуществляется между полупроводниковым кристаллом и микронеровностями на поверхности индентора больших размеров. Действие каждой из этих сферических микронеровностей приведет к неоднородному изменению зонной структуры полупроводника с максимальным сужением ШЗЗ германия на разных глубинах [5] $z_1^* \neq z_2^* \neq \dots \neq z_n^*$ (оси z_1, z_2, \dots, z_n лабораторных систем с началом отсчета в точках O_1, O_2, \dots, O_n параллельны). Используя предложенный в [3] физический механизм формирования ОДП N -типа в локально дефор-

мированных германиевых p - n -переходах и диодах Шоттки, нетрудно заключить следующее:

1. Если $d + l_{no} \leq z_m^*$ ($m=1, 2 \dots n$), где d —глубина залегания p - n -перехода (для диода Шоттки d —глубина залегания физического p^+ -перехода), l_{no} —ширина обедненной носителями слоя в полупроводнике при отсутствии внешнего электрического поля ($U=0$), т. е. если в равновесном состоянии все сужения ШЗЗ полупроводника находятся в базе локально деформированного диода около обедненной носителями области, то:

а) при обратном смещении ($U < 0$) с увеличением по абсолютной величине напряжения внешнего электрического поля на ВАХ такого диода появятся участки ОДП N -типа; их число при изменении напряжения внешнего электрического поля U в интервале $0 \div U_{проб}$ равно числу микронеровностей, действующих на кристалл полупроводника для данного значения приложенного давления;

б) при прямом смещении на ВАХ таких диодов участки ОДП N -типа не появятся.

2. Если $d + l_{no} > z_m^*$, т. е. все сужения ШЗЗ локально деформированного полупроводника при $U=0$ находятся в обедненной носителями области, то на прямой ветви ВАХ такого диода появятся участки ОДП N -типа, а на обратной — нет.

3. Если $d + l_{no} \leq z_k^*$ и $d + l_{no} > z_l^*$ ($k+l=n$), т. е. если сужения ШЗЗ при $U=0$ расположены по обе стороны границы обедненной носителями области l_{no} , то участки ОДП N -типа могут возникнуть и на прямых и на обратных ветвях ВАХ таких локально деформированных диодов.

Нетрудно найти выражения для критических значений концентрации примесей в базе локально деформированного диода и его удельного сопротивления, начиная с которых на прямых ВАХ возможно появление участка (участков) ОДП N -типа. Для n -германия

$$N_d \leq \frac{2\epsilon\epsilon_0\varphi_k}{e(z_s^*)^2}, \quad \rho^* = \frac{(z_s^*)^2}{2\epsilon\epsilon_0\mu_n\varphi_k}, \quad (2)$$

где ϵ — диэлектрическая проницаемость материала полупроводника, φ_k — контактная разность потенциалов, μ_n — подвижность электронов, z_k^* — глубина максимального сужения ШЗЗ полупроводника, обусловленная действием микронеровности с наименьшим радиусом закругления,

$$r_s^* < r_m \ll R \quad (m=1, 2, \dots n).$$

Подтверждением правильности вышеизложенного объяснения эффекта возникновения нескольких участков ОДП N -типа на ВАХ прижимных диодов Шоттки являются результаты работы [2]. При больших давлениях медь, которую поместили между индентором большого радиуса закругления и кристаллом полупроводника, растекается и заполняет «канавки» между микронеровностями на поверхностях полупроводника и индентора, сглаживая эти поверхности. Давление фактически осуществляется гладким сферическим индентором с радиусом закругления R (без каких-либо ми-

кронеровностей на поверхности) на гладкую поверхность полупроводникового кристалла. В этом случае ШЗЗ полупроводника претерпевает лишь одно максимальное сужение на глубине z^* , связанное с действием индентора с радиусом закругления R . На прямой и обратной ветвях ВАХ таких диодов должны наблюдаться по одному участку ОДП N -типа, что и получено в работе [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Меликян Э. Г., Бабаян Г. Г. ФТП, 7, 1664 (1973).
2. Меликян Э. Г. ФТП, 7, 1022 (1973).
3. Акопян М. Г. Изв. АН АрмССР, Физика, 22, 202 (1987).
4. Меликян Э. Г., Арутюнян Ф. М., Акопян М. Г. ФТП, 7, 1855 (1973).
5. Акопян М. Г. Изв. АН АрмССР, Физика, 22, 287 (1987).

ԼՈՎԱԼ ԴԵՖՈՐՄԱՑՎԱԾ ԳԵՐՄԱՆԻՈՒՄԱՅԻՆ $p-n$ ԱՆՑՈՒՄՆԵՐՈՒՄ ԵՎ
ՇՈՏՏԿԻ ԴԻՈԴՆԵՐՈՒՄ N -ՏԻՊԻ ԲԱՑԱՍԱԿԱՆ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ
ՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԻ ՔԱՆԻ ՏԻՐՈՒՅԹՆԵՐԻ
ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄԸ

Մ. Գ. ՀԱԿՈՐՅԱՆ

Աշխատանքում քննարկվում է գերմանիումային $p-n$ անցումների և Շոտտկի դիոդների վոլտ-ամպերային բնութագրերի (ՎԱԲ) վրա (ուղիղ և հակառակ էլուդեր) N -տիպի բացասական դիֆերենցիալ հաղորդականության մի քանի տիրույթների առաջացման հնարավոր մեխանիզմը դեֆորմացիոն մեծ ինդենտորներով ճնշելիս:

THE MECHANISM OF RISE OF SOME SECTIONS OF N -TYPE
NEGATIVE DIFFERENTIAL CONDUCTIVITY ON VOLTAGE-
CURRENT CHARACTERISTICS OF LOCALLY DEFORMED GER-
MANIUM $p-n$ JUNCTIONS AND SCHOTTKY DIODES

M. G. HAKOPYAN

A possible mechanism of rise of some sections of negative differential conductivity on the voltage-current characteristics of germanium $p-n$ junctions and Schottky diodes at local pressure exerted by a spherical indenter is discussed.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 22, вып. 6, 342—345 (1987)

УДК 543.732;539.26

МОДУЛЯЦИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕПРЕРЫВНОЙ ЧАСТИ СПЕКТРА

М. А. НАВАСАРДЯН, С. С. ГАЛСТЯН, К. Т. АЙРАПЕТЯН

Институт прикладных проблем физики АН АрмССР .

(Поступила в редакцию 15 мая 1986 г.)

Рассмотрена возможность модуляции непрерывной части спектра рентгеновского излучения от рентгеновских трубок при возбуждении в кристалле неустановившихся акустических колебаний. Модуляция рентгеновского