



# Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9  
iyun  
June 2005  
Июнь

№66  
səhifə  
page 243-244  
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

## ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА TiW-nSi

ЭФЕНДИЕВА И.М., АБДУЛЛАЕВА Л.К.

*Бакинский Государственный Университет  
AZ 1148, г.Баку, ул. Захид Халилова 23*

E-mail: [afandiyeva@azeurotel.com](mailto:afandiyeva@azeurotel.com); [I\\_afandiyeva@mail.ru](mailto:I_afandiyeva@mail.ru)

Рассмотрено участие поверхностных состояний в переносе тока в диоде Шоттки Al-TiW-nSi. Показано, что в исследованных диодах с толщиной диэлектрического зазора  $3.8 \times 10^{-7}$  см вольт-амперная характеристика описывается суммарным током через поверхностные состояния. Для определения энергетического распределения электронных состояний границы раздела был использован метод, основанный на анализе зависимости, определяющей перераспределение приложенного к контакту напряжения между переходным слоем и ОПЗ полупроводника. Полученный спектр плотности заряда поверхностных состояний выявил наличие в запрещенной зоне дискретных поверхностных уровней, характерных для вольфрама.

Важнейшая задача современного приборостроения заключается в создании полупроводниковых приборов с заранее заданными характеристиками. С целью удовлетворения потребностей полупроводникового приборостроения большое внимание уделяется изучению электрических, физических параметров и механизмов переноса носителей контактных структур. В общем случае токи через контакт могут идти как без участия, так и с участием поверхностных уровней, возможно туннелирование через диэлектрический зазор и область пространственного заряда. В некоторых случаях существенна роль сил изображения. Недостаток носителей заряда больших энергий приводит к значительному влиянию нарушения равновесной функции распределения электронов на вольт-амперную характеристику. В реальных контактах участие всех механизмов переноса носителей имеет место. Однако, в зависимости от технологии получения и условий эксперимента преобладающую роль может играть тот или иной механизм, что отчетливо проявляется в характере вольт-амперных и вольт-емкостных характеристик. Положение уровня поверхностных электронных состояний контакта (ПЭСК) играет роль в значении сопротивления контакта. Рост толщины диэлектрического зазора при постоянстве других параметров приводит к увеличению сопротивления контакта. В общем виде вольт-амперная характеристика контакта с учетом всех эффектов описывается выражением

$$i = i_s \left( e^{\frac{eV_2}{kT}} - e^{\frac{eV_1}{kT}} \right),$$

где величина  $I_s$ , являющаяся обобщенным параметром вольт-амперной характеристики, для разных частных случаев может быть записана в явном виде и может являться слабой или сильной функцией приложенного напряжения. Приложенное к диоду напряжение распределяется между диэлектрическим зазором ( $V_1$ ) и областью пространственного заряда ( $V_2$ ) [1].

В представленной работе приводятся результаты исследования электрофизических параметров, границы раздела и механизма переноса носителей диодов Шоттки Al-TiW-nSi, полученных методом магнетронного распыления. Диодная матрица содержит 14 диодов с площадями  $(1-14) \cdot 10^{-6} \text{ см}^2$ . Проведен анализ вольт-амперных характеристик, исследованных в широкой температурной области (298-458)K и напряжениях (0.1-0.5)V и (0.1-0.15)V в прямом и обратном направлениях, соответственно. В качестве подложки использовался кремний n-типа ( $\rho = 0.7 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ ) с ориентацией (111). Исследованные структуры удовлетворяют всем требованиям диодной теории. Прямая и обратная ветви вольт-амперной характеристики диода ( $S = 5 \times 10^{-6} \text{ см}^2$ ), исследованного при температуре 298K, имели вид  $I \sim \exp \alpha V$  и  $I^* \sim \exp \alpha^* V$ , где

$$\alpha = \frac{d \ln I}{dV}, \quad \alpha^* = \frac{d \ln I^*}{dV^*}.$$

Параметры  $\alpha$  и  $\alpha^*$  зависели от температуры и напряжения, имея максимальные значения  $37.48 \text{ В}^{-1}$  и  $1.78 \text{ В}^{-1}$ . Известно, что  $\alpha$  и  $\alpha^*$  зависят от концентрации поверхностных состояний, от параметров полупровод-

ника, его диэлектрической проницаемости  $\epsilon_2$  и степени легирования, высоты потенциального барьера области пространственного заряда (ОПЗ) полупроводника  $\varphi_0$  и приложенного к контакту напряжения. Анализ полученных результатов показал, что ВАХ в области сильной зависимости тока от температуры можно объяснить тем, что область пространственного заряда полупроводника носители проходят, преодолевая барьер области пространственного заряда полупроводника. Этот процесс существенно зависит от температуры и с его понижением доля такого тока уменьшается. Нелинейный характер зависимости  $\ln I \sim V$  и температурная зависимость  $\alpha$  указывают на преимущественную роль поверхностных состояний в переносе тока. Область промежуточного слоя носители могут проходить либо туннелированием без потери энергии, либо с захватом на поверхностные состояния с последующим туннелированием в металл. Расчеты для первого механизма переноса заряда показали, что теоретически рассчитанный ток растет с напряжением гораздо сильнее, чем наблюдается на эксперименте. Таким образом, можно предположить, что в области сильной зависимости от температуры в переносе тока через диод участвуют поверхностные центры.

Ток через поверхностные состояния пропорционален их концентрации и зависит от их энергетического положения, сечений захвата электронов зоны проводимости, высоты потенциального барьера, концентрации электронов в области полупроводника, с которой идет обмен. Преимущественный механизм электронного обмена поверхностных состояний определяется как толщиной диэлектрического зазора в контакте, так и соотношением между  $V_1$ (или  $V_2$ ) и энергетическим положением уровня. В связи с изложенным из анализа вольт-амперных характеристик, полученных при температуре 298К, были рассчитаны основные физические параметры диода Al-TiW-nSi. Из наклона зависимости  $\ln I \sim (1/T)$  определена высота барьера  $\varphi_b = 0.57$ эВ, по значению дифференциального сопротивления рассчитано отношение толщины зазора к диэлектрической проницаемости ( $d/\epsilon_1 = 3.8 \times 10^{-7}$ см). Оценена ширина области пространственного заряда  $L = 2.03 \times 10^{-5}$ см. На основе полученных результатов был рассчитан спектр плотности заряда на поверхностных состояниях в запрещенной зоне кремния  $dm/dE$ . Распределение плотности заряда в запрещенной зоне было получено на основе анализа  $dV_2/dV$  и  $dV_1/dV$  [2].

$$\frac{dV_2}{dV} = \frac{1 - \frac{de}{\epsilon_0 \epsilon_1} \frac{dm_i}{dV}}{1 + \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \frac{d}{L}}; \quad \frac{dV_1}{dV} = \frac{\frac{\epsilon_2 d}{\epsilon_1 L} + \frac{ed}{\epsilon_0 \epsilon_1} \frac{dm_i}{dV}}{1 + \frac{\epsilon_2 d}{\epsilon_1 L}}$$

- [1]. Стриха В.И. Контактные явления в полупроводниках, Киев, «Вища школа», 1982, 225 с.  
 [2]. Теоретические основы работы контакта металл-полупроводник. Изд. Киев, «Наукова думка», 1974, с 260.

Полученные результаты оказалось возможным интерпретировать в рамках физической модели контактов, учитывающей наличие переходного слоя между аморфным слоем TiW и кремнием и электронных состояний границы раздела. Анализ экспериментальных ВАХ и результатов теоретического расчета  $dm/dE$  показывает, что при подаче напряжения на контакт происходит постепенное «включение» поверхностных уровней в перенос тока (Рис.1). При этом наблюдается определенный порядок включения уровней. На основе экспериментальных данных установлено, что заполнение ПЭСК происходит в результате обмена с полупроводником.

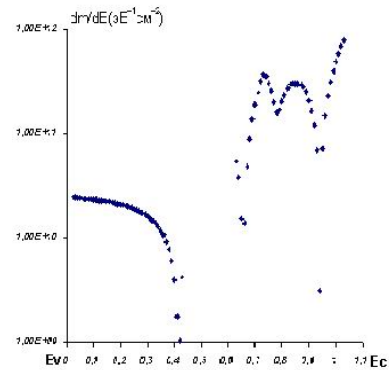


Рис.1. Зависимость дифференциальной плотности заряда на электронных состояниях границы раздела от энергии в запрещенной зоне кремния для контакта TiW-nSi.

Спектр ПЭСК вблизи валентной зоны непрерывный. В области энергий 0.6 – 1 эВ спектр характеризуется резкими всплесками, что можно интерпретировать как дискретные. Полученные пики соответствуют уровням вольфрама на поверхности кремния. Небольшие отклонения могут быть связаны с технологией получения контактных структур и присутствием Ti в сплаве. Максимумы  $dm/dE$ , полученные в результате расчета гораздо шире теоретической кривой для дискретного уровня. Следовательно, этот максимум можно трактовать как набор уровней с повышенной концентрацией вблизи энергии  $E_i$ .

Анализ данных, известных из литературы [3], выявил возможность существования уровней с малой концентрацией, характерных для контакта W-Si (0.33-0.41эВ) и Ti-Si (0.29-0.33эВ), и уровня, связанного со свободной валентностью кремния, который наблюдается как для прижимных так и для напыленных контактов различных металлов с кремнием (0.36-0.39эВ). Практически непрерывный спектр с малой концентрацией в области энергий (0.29-0.41эВ) по-видимому обусловлен присутствием этих уровней в запрещенной зоне кремния.

- [3]. Полупроводниковые приборы с барьером Шоттки, Киев, «Наукова думка», 1979, 235с.