

# ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ КОНТАКТОВ КРЕМНИЯ С БАРЬЕРОМ ШОТТКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ $Pb_xSb_{100-x}$

И.Г. ПАШАЕВ

Бакинский Государственный Университет им. М.Э. Расулзаде  
370145, г. Баку, ул. З.Халилова, 23

В данной работе изучены свойства  $Pb_xSb_{100-x}$ -nSi (где  $x=2; 15; 52; 70; 98$ ) диодов Шоттки (ДШ).

Пленки металла получены методом электронно-лучевого испарения из двух источников. Скорость испарения компонентов выбиралась таким образом, чтобы состав пленки соответствовал сплаву  $Pb_{52}Sb_{48}$ , т.к. рентгеноструктурным анализом было доказано, что такое соотношение компонентов в сплаве обладает аморфной структурой, в других случаях пленка оказывалась поликристаллической. Определены основные параметры ДШ при  $v > 3kT/1$  и  $v < kT/1$  в зависимости от состава и структуры пленок. Свойства ДШ, изготовленных с применением пленок металлических сплавов, зависят от состава и структуры данной пленки.

## Введение

В течение последних лет интенсивно изучается аморфное состояние твердых тел, в связи с широким применением аморфных полупроводниковых и металлических пленок в ряде областей науки и техники.

В настоящее время аморфные полупроводники широко используются в производстве солнечных батарей, и каждый год их применение все более расширяется [1,2]. Интенсивное изучение аморфных металлов началось с 1970 г., когда авторы работы [3] получили аморфную ленту палладиевого сплава. С тех пор число научных публикаций по аморфным металлам растет по экспоненте.

В последние годы значительно возрос интерес к диодам Шоттки на основе пленок аморфных металлов [2-8]. Аморфные металлы в тонкопленочном состоянии могут быть использованы в микроэлектронике [9] при изготовлении активных и пассивных элементов.

Отсутствие границ зерен и зернистой структуры, во-первых, делает эти материалы привлекательными с точки зрения диффузионных барьеров [10-11] в производстве интегральных схем на пленочных структурах с многоуровневой металлизацией. Во-вторых, подобные пленки позволяют изготовить надежные, качественные, термостабильные элементы микросхем [12].

В настоящей работе приводятся результаты исследований свойств контактов к кремнию с барьером Шоттки в зависимости от структуры и состава пленки металла, для чего были использованы аморфные и поликристаллические сплавы свинца с сурьмой  $Pb_xSb_{100-x}$ . Были изучены зависимости основных параметров ДШ от процентного содержания компонентов в сплаве при  $v > 3kT/1$  и  $v < kT/1$ .

Влияние микроструктуры пленки металла на свойства контакта металл-полупроводник рассмотрено в работах [7, 8, 13]

## Экспериментальный процесс

Для изготовления ДШ в качестве полупроводника использовалась кремниевая пластина n-типа с ориентацией (111) и удельным сопротивлением p-слоя 0,7 Ом·см. В качестве металла использовался сплав  $Pb_xSb_{100-x}$  (где  $x=2; 15; 52; 70; 87; 98$ ). Пленки сплава  $Pb_xSb_{100-x}$  были получе-

ны методом электронно-лучевого испарения из двух источников. Скорость испарения компонентов выбиралась таким образом, чтобы состав пленки соответствовал сплаву  $Pb_{52}Sb_{48}$ , т.к. рентгеноструктурным анализом было определено, что такой сплав склонен к аморфизации [2].

Рентгеноструктурный анализ полученных пленок с различным содержанием компонентов, проведенный на промышленной установке ДРОН-4, показал, что  $Pb_{52}Sb_{48}$  имеет аморфную структуру, а остальные пленки - поликристаллическую.

## Результаты и их обсуждение

На рис.1 в полулогарифмическом масштабе представлены ВАХ  $Pb_xSb_{100-x}$ -nSi ДШ, параметром которых является процентное соотношение компонентов. Полученная ВАХ описывается известной формулой

$$I = SA_0 T^2 e^{\frac{\phi_b}{kT}} \left( e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right) \quad (1)$$

где  $S$  - площадь контакта,  $A_0$  - постоянная Ричардсона,  $\phi$  - коэффициент неидеальности.

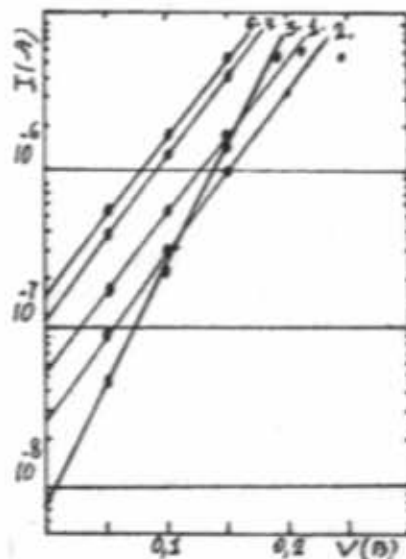
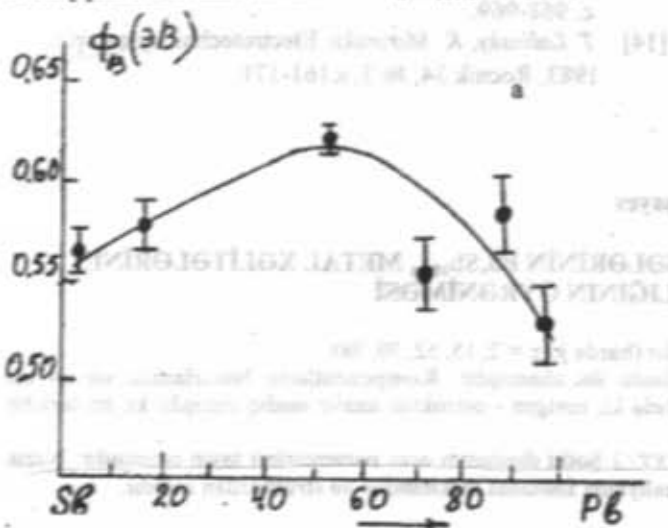


Рис.1. Вольт-амперные характеристики  $Pb_xSb_{100-x}$ -nSi диодов Шоттки.

Высота барьера и коэффициент неидеальности при  $v > 3kT/I$  определены формулой ВАХ [1].

На рис. 2(а,б) показаны зависимости высоты барьера и коэффициента неидеальности  $Pb_xSb_{100-x}-nSi$  ДШ, соот-



ветственно, от процентного содержания компонентов в сплаве.

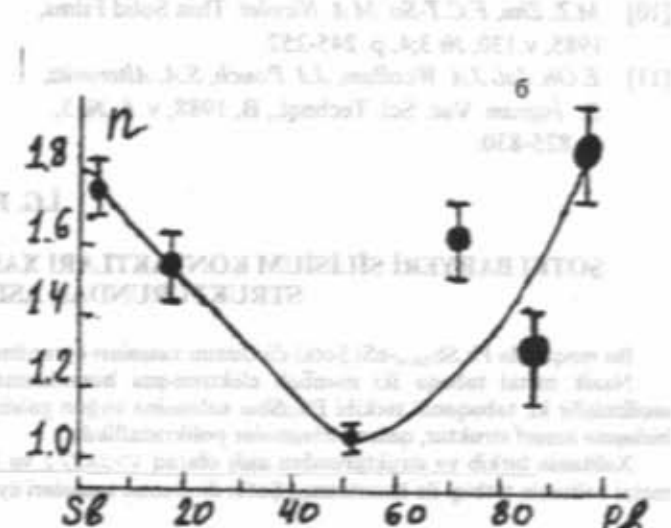


Рис. 2. Зависимости высоты барьера (а) и коэффициента неидеальности (б)  $Pb_xSb_{100-x}-nSi$  ДШ от процентного содержания компонентов в сплаве.

Указанные зависимости были получены при комнатной температуре для диодов с площадью  $S = 1400 \text{ мкм}^2$ . Как видно из рис.2(а,б), наибольшая высота барьера и наименьший коэффициент неидеальности соответствуют структурам со сплавом  $Pb_{52}Sb_{48}$ .

Для определения параметров  $Pb_xSb_{100-x}-nSi$  ДШ при низких напряжениях  $0 < v < kT/I$  для описания ВАХ была использована формула [14]:

$$I = \frac{e}{k} SA^* T \exp\left(-\frac{\Phi_B}{kT}\right) v \quad (2)$$

где  $S$  - площадь контактов,  $A^*$  - эффективная постоянная Ричардсона,  $\Phi_B$  - высота барьера контакта. Все другие обозначения имеют обычный смысл. Согласно (2) ВАХ выражается прямой линией, угловой коэффициент которой зависит от значения высоты барьера. Преимущество этого метода заключается в том, что он особенно чувствителен к специфическим свойствам границы раздела металл-полупроводник.

Экспериментальные ВАХ  $Pb_xSb_{100-x}-nSi$  ДШ в области низких прямых напряжений  $v < kT/I$  показаны на рис. 3 и описываются формулой (2). В правом нижнем углу даны значения высот барьеров, определенные из угловых коэффициентов прямых линий вышеуказанным методом.

Параметром прямых является процентное содержание компонентов в сплаве  $Pb_xSb_{100-x}$ . Как видно из полученных ВАХ, высоты барьера весьма чувствительны к составу металлического сплава. Полученные для  $v > 3kT/I$  и  $v < kT/I$  результаты позволяют предположить, что свойства ДШ, изготовленных с применением пленок металлических сплавов, зависят от состава и структуры пленки.

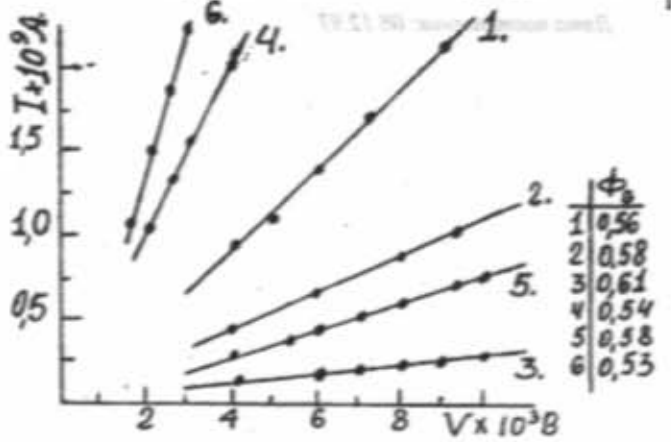


Рис. 3. ВАХ  $Pb_xSb_{100-x}-nSi$  ДШ при низких прямых напряжениях ( $v < kT/I$ ) для  $S = 1400 \text{ мкм}^2$  и  $x = 1-2; 2-15; 3-52; 4-70; 5-87; 6-98$ .

[1] М. Бродск, Д. Карман, Дж. Донгал и др. Аморфные полупроводники. М.: Мир, 1982.  
 [2] К. Судзуки, Х. Фудзимори, К. Хисимото. Аморфные металлы. М.: 1987, с. 384.  
 [3] Т. Масимото, Р. Макдлин. Proc. einter. Conf. on Metastable Phase Alloys, 1980.  
 [4] M.J. Kelly, A.G. Todd, M.F. Sisson, D.K. Wickenden. Elect. Lett., 1983, v.19, № 13, p. 474-476.  
 [5] Ш.Г. Аскеров, Н.С. Болтовец, И.Г. Пашаев, Ш.С. Ас-

ланов. Электронная техника, сер.10, Микроэлектронные устройства, 1988, вып.2(68), с. 39-41.  
 [6] D.K. Wickenden, M.J. Sisson, A.G. Todd, M.J. Kelly. Solid State Elect., 1984, v.27, № 6, p. 515-518.  
 [7] Ш.Г. Аскеров, И.Г. Пашаев, Л.В. Гайворонская, Э.Г. Шаулова. Электрофизические свойства контактов кремния с аморфной и поликристаллическими пленками сплава  $Ti_xCu_{100-x}$ . Препринт, Институт Физики АН Аз.ССР, 1989, с. 44.

[8] R.T. Tung, J.V.S. and Tech. 1984, B 2(3), p. 465-470.  
 [9] И.Б. Золотухин, Ю.И. Соколов. Электронная техника, сер.3, Микроэлектроника, 1989, вып. 1(130), с. 23-26.  
 [10] M.Z. Zhu, F.C.T-So, M.A. Nicolet. Thin Solid Films, 1985, v.130, № 3;4, p. 245-252.  
 [11] E.Oh. Jal, J.A. Wcollam, J.J. Pouch, S.A. Alterovitz, D. Ingram. Vac. Sci. Technol., B, 1988, v. 6, № 3, p. 825-830.

[12] S. Tanatani, N. Matsuono, J. Shigeta, N. Hastumoto, H. Nakashima. J. Appl. Phys., 1987, v. 61, № 1, p. 220-224.  
 [13] Ш.Г. Аскеров. Письма в ЖТФ, 1977, т. 3, вып. 13, с. 968-969.  
 [14] T. Lalinsky, K. Merinsky. Electrotechnicky casopis, 1983, Rocnik 34, № 3, s.161-171.

I.G. Paşayev

**ŞOTKI BARYERİ SILİSİUM KONTAKTLARI XASSƏLƏRİNİN Pb<sub>2</sub>Sb<sub>100-x</sub> METAL XƏLİTƏLƏRİNİN STRUKTURUNDAN ASILLIĞININ ÖYRƏNİMƏSİ**

Bu məqalədə Pb<sub>2</sub>Sb<sub>100-x</sub>-nSi Şotki diodunun xassələri öyrənilmişdir (harda ki x = 2, 15, 52, 70, 98). Nazik metal təbəqə iki mənbəli elektron-şua buraxılma üsulu ilə alınmışdır. Komponentlərin buxarlanma sürəti ehtisab edilmişdir ki, təbəqənin tərkibi Pb<sub>2</sub>Sb<sub>98</sub> xəlitəsinə uyğun gəlsin, belə ki, rentgen - ostruktur analiz təsdiq etmişdir ki, bu tərkibli birləşmə amorf struktur, qalan birləşmələr polikristallikdir. Xəlitənin tərkib və strukturundan asılı olaraq V>3kT/1 və V<kT/1 Şotki diodunun əsas parametrləri təyin edilmişdir. Nazik metal xəlitənin tətbiqi ilə hazırlanmış Şotki diodunun xassələri öyrəndiyimiz xəlitənin tərkibindən və strukturundan asılıdır.

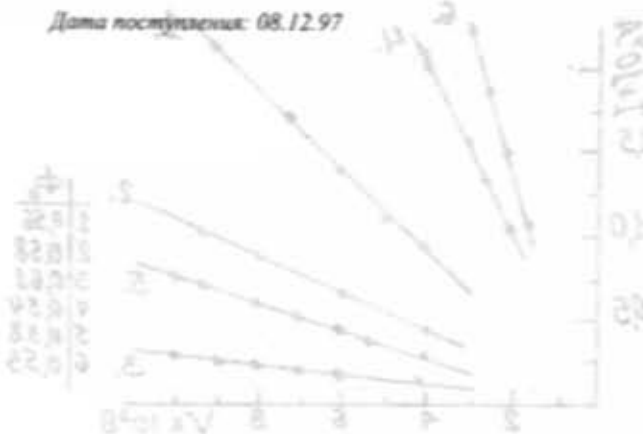
I.G. Pashaev

**INVESTIGATION OF PROPERTIES OF CONTACTS OF SILICON WITH THE SCHOTTKY BARRIERS DEPENDING ON THE STRUCTURE OF METALLIC ALLOY Pb<sub>2</sub>Sb<sub>100-x</sub>**

The properties of Pb<sub>2</sub>Sb<sub>100-x</sub>-nSi (where x=2; 15; 52; 70; 98) Schottky diodes (SD) have been studied in the present paper. The metal films have been obtained by electron evaporation from two sources. The evaporation velocity of components has been chosen so that the film composition corresponds to Pb<sub>2</sub>Sb<sub>98</sub> alloy as it has been proved by X-ray analysis that such a relationship of components in alloy has the amorphous structure. In other cases the films is appeared to be polycrystalline. The main SD parameters at V>3kT/1 and V<kT/1 versus the composition and the structure of the film have been obtained. The properties of the SD prepared with the use of the metallic alloys films depend on the composition and the structure of the given film.

Дата поступления: 08.12.97

Редактор С.Н. Мехмуров



$$V \left( \frac{dI}{I} - \frac{dV}{V} \right) = \frac{V}{kT} = 1$$

... (faint text describing the experimental setup and results, partially obscured by bleed-through from the reverse side of the page)

... (faint text, likely a reference or continuation of the article)