

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

ВЫСОТА БАРЬЕРА ШОТТКИ НА КОНТАКТЕ
МЕТАЛЛ-АРСЕНИД ГАЛЛИЯ (110)

Г. Б. СЕЙРАНЯН, Ю. А. ТХОРИК

Согласно современным представлениям [1], зависимость высоты барьера Шоттки на контакте металл-полупроводник от работы выхода металла [2] может быть существенно ослаблена из-за наличия на поверхности полупроводника поверхностных электронных состояний (ПЭС). Исследование высоты барьера Шоттки на контакте сколотой в сверхвысоком вакууме поверхности арсенида галлия с рядом металлов показало, что плотность ПЭС контакта недостаточна для полной стабилизации уровня Ферми на поверхности полупроводника [1, 3]. При переходе от атомарно-чистой (сколотой) к реальной (травленной) поверхности следует ожидать, что зависимость высоты барьера от природы металла будет усиливаться из-за различия в плотности ПЭС на исходной поверхности полупроводника.

В настоящем сообщении приведены результаты измерений высоты барьера Шоттки в контакте травленной поверхности GaAs с Ca, Mg, Sn, Ni, Ag и Au. Использование Ca и Mg позволило существенно расширить диапазон работ выхода металлов ϕ_m и получить более надежные результаты по зависимости высоты барьера от типа металла, учитывая значительные расхождения в величинах ϕ_m для различных металлов, приводимых в литературе.

Диоды с барьерами Шоттки были получены осаждением металлов путем термического испарения в вакууме $5 \cdot 10^{-6}$ тор на подложки электронного арсенида галлия ($N_d = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, $\mu = 5200 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$), ориентированного по плоскости [110]. Предварительно сплавлением олова при 400°C создавались омические контакты, при последующей химической обработке они покрывались пленкой кислотоустойчивого лака. Арсенид галлия травился в $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}=3:1:1$, выдерживался в смеси винной и серной кислот, затем промывался в этиловом спирте и влажным вносился в вакуумную камеру. Пластины арсенида галлия прогревались до $100-120^\circ\text{C}$, затем их температура понижалась до $60-100^\circ\text{C}$ и проводилось осаждение контактного металла. Для предотвращения быстрого окисления на Ca и Mg дополнительно напыляли тонкую защитную пленку золота. Специальными опытами было показано, что при толщине пленки Mg, превышающей $400 \text{ \AA}$, напыление пленки золота не влияло на параметры контакта Mg—GaAs. Площадь контакта металл—GaAs составляла $10^{-3}-10^{-2} \text{ см}^2$.

Прямые вольт-амперные характеристики (ВАХ) диодов, представленные на рис. 1, хорошо описываются выражением

$$J = AT^2 e^{-\frac{\varphi_B}{kT}} \left(e^{\frac{eU}{nkT}} - 1 \right),$$

где φ_B — высота барьера Шоттки — расстояние от уровня Ферми до края зоны проводимости на поверхности полупроводников, A — по-

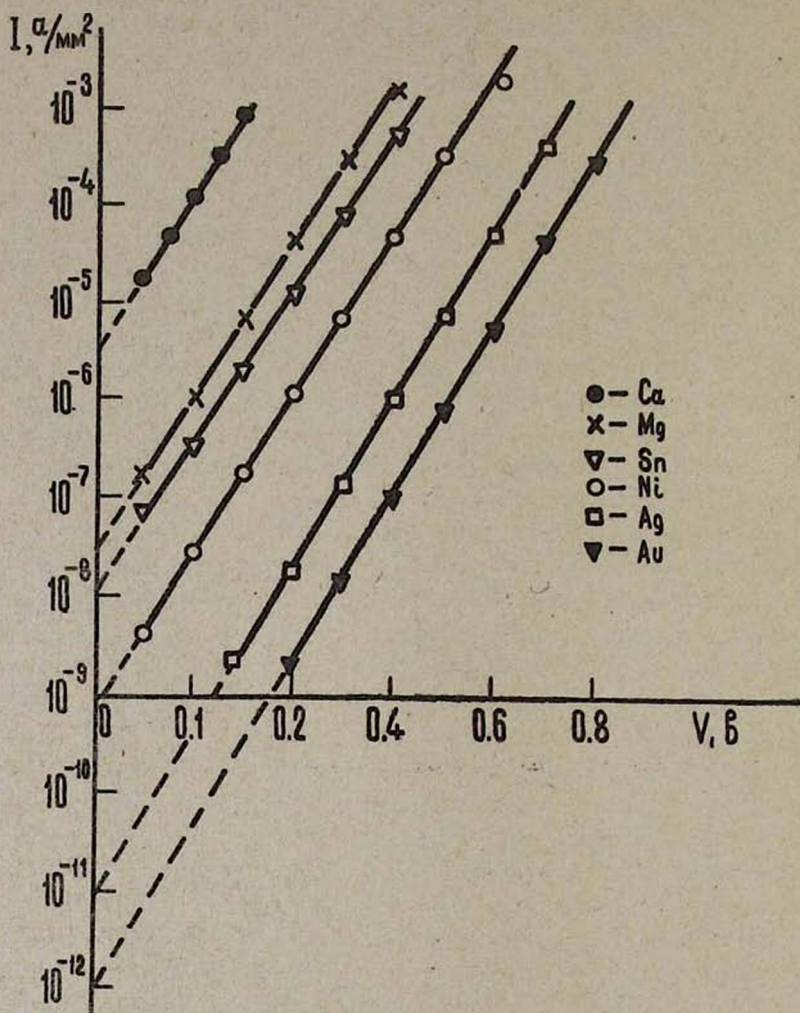
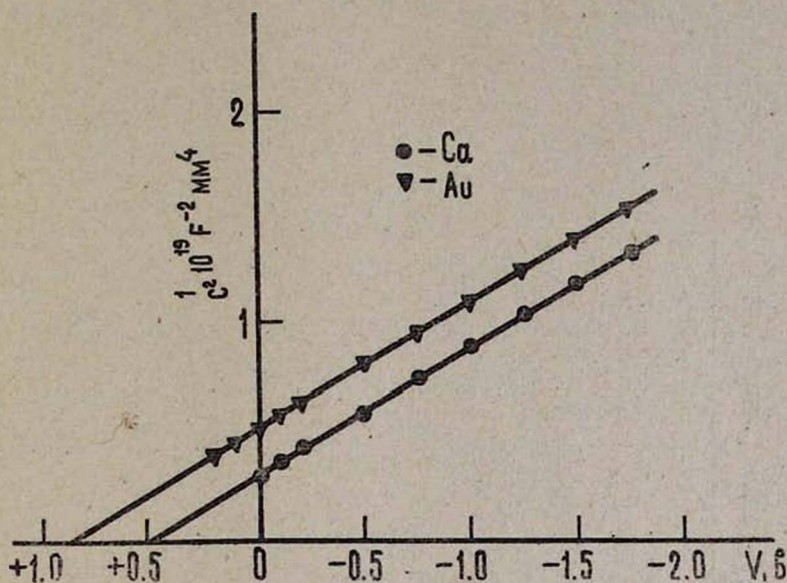


Рис. 1. Прямые ВАХ диодов.

стоянная Ричардсона, n — параметр, характеризующий отклонение ВАХ от простой диодной теории Бете и зависящий, главным образом, от толщины промежуточного слоя между металлом и полупроводником [5]; для исследованных диодов $n = 1,05 \pm 0,03$. Близость параметра n к единице указывает на то, что промежуточный слой между металлом и полупроводником почти не [сказывается на свойствах контакта. Важную роль при этом играет обработка поверхности арсенида галлия, в частности, выдержка в смеси винной и серной кислот [6] и прогрев подложек до $100 + 120^\circ\text{C}$.

Высота барьера Шоттки φ_{B1} определялась из ВАХ по значениям токов насыщения, которые легко получить путем экстраполяции прямых на рис. 1 к нулю смещения. Значение постоянной A принималось равным $4,4 \text{ а/см}^2 \text{ град}^2$ [4]. Второй метод, который применялся для определения высоты барьера Шоттки φ_{Bc} — исследование вольт-фарадных характеристик (ВФХ) контакта. Зависимость обратного квадрата емкости от напряжения смещения до $1,5$ – 2 в для всех диодов обычно была линейной. Измерения емкости проводились на частоте $1,2 \text{ Мгц}$. Типичные ВФХ диодов Au-GaAs и Ca-GaAs представлены на рис. 2. Разброс при определении φ_{B1} не превышал $\pm 0,03 \text{ эв}$, а для

Рис. 2. ВАХ диодов Au-GaAs и Ca-GaAs .

$\varphi_{Bc} \pm 0,05 \text{ эв}$. Результаты, представленные в таблице, показывают значительную для контакта металл-арсенид галлия зависимость высоты барьера от природы металла. Изменение высоты барьера Шоттки в

Таблица

Металл	Au	Ag	Ni	Sn	Mg	Ca
$\varphi_{B1}, \text{ эв}$	0,90	0,85	0,74	0,69	0,64	0,52
$\varphi_{Bc}, \text{ эв}$	0,97	0,91	0,79	0,77	0,70	0,56

интервале от $0,5$ до $0,9 \text{ эв}$ показывает отсутствие стабилизации уровня Ферми ПЭС, что не согласуется с обнаруженной в [6] жесткой стабилизацией уровня Ферми на $1/2 E_g$ для контактов, полученных методом электрохимического нанесения металлов на травленную поверхность (110) арсенида галлия. Возможно, что различие связано с

меньшим диапазоном работ выхода металлов, использованных в [6], а также влиянием самого метода получения на свойства контактов, как это предполагается в [7].

Полученные в данной работе результаты хорошо объясняются механизмом совместного влияния контактной разности потенциалов и заряда ПЭС [8]: изменение уровня Ферми под влиянием контактной разности потенциалов вызывает такое изменение заряда ПЭС, которое препятствует перемещению уровня Ферми, т. е. заряд ПЭС частично экранирует влияние контактной разности потенциалов.

Отметим, что полученные результаты могут быть объяснены как при предположении наличия в контакте системы ПЭС одного типа (акцепторного) [8], так и системы ПЭС обоих типов (акцепторного в верхней половине и донорного в нижней) [1].

Институт радиофизики и электроники

АН АрмССР

Поступила 7.VI.1971

Институт полупроводников

АН УССР

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. E. H. Rhoderics. J. Phys. D. Appl. Ph., 3, 1153 (1970).
2. W. Schottky, Phys. Z., 32, 833 (1931).
3. C. A. Mead, Sol-St. Electron., 9, 1023 (1966). W. G. Spitzer, C. A. Mead, J. Appl. Ph., 34, 3061 (1963).
4. C. Crowell, C. M. Sze, Sol-St. Electron., 9, 1035 (1966).
5. В. И. Стрижа, Радиотехника и электроника, 9, 671 (1964).
6. А. П. Вяткин, Н. К. Максимов, А. С. Поплавной, В. Е. Степанов, В. А. Чалдышев, ФТП, 4, 915 (1970).
7. F. H. Dörbeck, Sol-St. Electron., 9, 1135 (1966).
8. A. M. Cowley, S. M. Sze, J. Appl. Phys., 36, 3212 (1965).

ՇՈՏԿԻԻ ԱՐԳԵԼԱԳԻՏԻ ԲԱՐՁՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄԵՏԱԼ $GaAs$ (110) ՀԳՄԱՆ ՏԵԼԱՄԱՍՈՒՄ

Գ. Բ. ՍԵՅՐԱՆՅԱՆ, ՅԱ. Ա. ՏԽՈՐԻԿ

Հետազոտվում է Շոտկիի արգելափող դիրքներ, որոնք ստացվել են (110) $GaAs$ -տիպի մակերևույթի վրա զանազան մետաղների նստեցումով.

THE SCHOTTKY BARRIER HEIGHT AT METAL— $GaAs$ (110) CONTACT

G. B. SEYRANIAN, Yu. A. TKHORIK

The barrier height in metal— $GaAs$ contacts were investigated, the Schottky barrier being prepared by vacuum evaporation of different metals on $GaAs$ wafers. The etched n — $GaAs$ crystals with (110) orientation of surface were used. Values of the barrier height depend on the metal kind and change within an interval 0,5 eV—0,9 eV. For the case of Ca — $CaAs$ contact the barrier height is minimal and equal to 0,54 eV. Close agreements are obtained between our results and the Schottky theory of metal-semiconductor contacts taking into account the electronic structure of the real semiconductor surface.