

05;06;11;12

©1994

ОСОБЕННОСТИ КОНТАКТА “АМОРФНЫЙ МЕТАЛЛ–ПОЛУПРОВОДНИК”

Д.И.Тетельбаум, А.А.Трофимов, В.Г.Шенгуров

Как известно, аморфные металлические сплавы (АМС) могут быть использованы при создании полупроводниковых диодов с барьером Шоттки. Основное преимущество АМС перед чистыми металлами при контакте с полупроводниками состоит в том, что приборы на основе АМС имеют более высокую термостабильность и низкую склонность к деградации [1,2].

Одним из перспективных методов нанесения АМС является метод лазерного испарения [3]. Вследствие наличия высокоэнергетических частиц в лазерной плазме данный метод обеспечивает лучшую адгезию металла с полупроводником. Кроме того, он обеспечивает стехиометрию и аморфность металлической пленки. Вместе с тем внедрение высокоэнергетических частиц в подложку может привести к нежелательным изменениям барьерных электрических контактов. Поэтому требуется тщательное исследование подобных структур, в частности их склонность к деградации при термических и радиационных воздействиях.

В настоящей работе объектами исследования служили контакты на основе АМС $\text{Ni}_{60}\text{Nb}_{40}$ и кремния. Аморфные пленки $\text{Ni}_{60}\text{Nb}_{40}$ толщиной 140 нм были получены путем лазерного испарения в режиме с модуляцией добротности. Напыление проводилось через специальную маску на подложки Si n/n^+ - и p/p^+ -типов. Удельное электросопротивление эпитаксиальных слоев составляло 1.5 и 10 Ом·см соответственно, толщины — 12 мкм. В качестве омического контакта к n^+ и p^+ Si использовался алюминий. Для исследования диффузионной деградации структуры отжигались в вакууме при температуре $T = 400^\circ\text{C}$ в течение 0.5 ч, а также подвергались облучению ионами Ag^+ (150 кэВ, 10^{17} см^{-2}) и Xe^+ (50 кэВ, 10^{16} см^{-2}) при охлаждении мишени жидким азотом. С полученных структур снимались вольт-амперные характеристики (ВАХ).

Основные параметры, рассчитанные по ВАХ, приведены в таблице, где для сравнения указаны также параметры для структур на основе чистого поликристаллического никеля, полученных при тех же условиях. Как видно из таблицы,

Параметры контактов "аморфный металл-полупроводник"

Вид барьерного металла	Si (n)		Si (p)	
	φ , эВ	n	φ , эВ	n
Ni ₆₀ Nb ₄₀ (исходное состояние)	0.62	1	0.58	1
-- (отжиг $T = 400^\circ\text{C}$)	0.61	1	0.57	1
-- (облучение Ag ⁺)	0.42	3.4	0.37	5.2
-- (облучение Хе ⁺)	0.41	9.1	0.34	7.0
Ni (исходное состояние)	0.41	5.8	0.35	5.9

высота барьера φ и коэффициент идеальности n для структур на основе Ni и АМС Ni₆₀Nb₄₀ существенно отличаются; барьерные характеристики на основе Ni намного хуже, чем для аморфного сплава. Более того, высота барьеров к Si n - и p -типов на основе Ni ниже, чем приведенная в литературе, где использовался метод термического распыления [4].

После отжига при $T = 400^\circ\text{C}$ в течение 0.5 ч каких-либо заметных изменений в структурах на основе АМС Ni₆₀Nb₄₀ не обнаружено. Что касается структур на основе Ni, то уже при отжиге до температуры $T = 300^\circ\text{C}$ контакт к Si n - и p -типов становится омическим. Действительно, энергия распыляемых частиц при нанесении пленок используемым методом достигает нескольких кэВ [1], при этом они проникают в поверхность кремния и создают радиационные дефекты на глубинах до 50 Å. Поэтому деградация, стимулированная радиационными дефектами, наступает еще в процессе напыления. В случае АМС Ni₆₀Nb₄₀ такого явления не наблюдается. Это связано с тем, что диффузия кремния в АМС затруднена из-за отсутствия границ зерен. Коэффициент диффузии в АМС Ni₆₀Nb₄₀ может отличаться на несколько порядков по сравнению с чистыми металлами [5].

После облучения ионами инертных газов со стороны барьерного металла характеристики контактов к n - и p -типам становятся сравнимыми со структурами на основе Ni. Это дает основание предполагать, что в результате облучения Ni₆₀Nb₄₀ ионами инертных газов происходят изменения в пограничном слое аморфный металл-полупроводник. Практическое совпадение высот барьеров для облученных структур с АМС и структур с Ni свидетельствует о том, что в результате облучения формируется тот же переходный слой (возможно включающий силицид Ni и слой Si с глубокими уровнями), что и при нанесении Ni. Наличие сильной деградации при облучении ионами Хе⁺, пробег которых на порядок величины меньше толщины пленок, свидетельствует об эффекте дальнего действия [6]. Как видно, данный эффект приводит к тому же результату, что и прямое проникновение

ионов Ag^+ до границы пленка-подложка. Это необходимо учитывать при использовании ионного облучения в приборах с барьерами Шоттки.

Таким образом, лазерное нанесение АМС позволяет получать металлические пленки для барьеров Шоттки с повышенной термостабильностью, а ионное облучение приводит к деградации барьеров даже при толщинах пленок, превышающих пробеги ионов.

Список литературы

- [1] *Zhu M.F., Suni I., Nicolet M.A.* // Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng. 1984. V. 463. P. 12-24.
- [2] *Killy M.J., Told A.G., Sisson M.J., Wichenden D.K.* // Electron. Lett. 1983. V. 19. P. 474.
- [3] *Кикин П.Ю., Подольский В.В., Трофимов А.А.* Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 6. С. 26-29.
- [4] *Тонкие пленки. Взаимная диффузия и реакции* / Под ред. Дж. Поуга, К.Ту, Дж.Мейера. М., 1982. 576 с.
- [5] *Doule B.L. et al.* // Thin Solid Films. 1983. V. 104. P. 69-79.
- [6] *Павлов П.В. и др.* // Металлы. 1993. В. 3. С. 78-83, 606-608.

Научно-исследовательский
физико-технический институт
при Нижегородском государственном
университете им. Н.И.Лобачевского

Поступило в Редакцию
16 апреля 1994 г.