

06.1;08

АКУСТИМУЛИРОВАННАЯ АДГЕЗИЯ МЕДНЫХ ПЛЕНОК К КРЕМНИЮ

© *Б.Н.Заверюхин, Х.Х.Исмаилов, Р.А.Муминов,
Н.Н.Заверюхина, О.Турсункулов*

Влияние ультразвуковых волн на свойства объема полупроводников является установленным фактом, например [1–3].

Цель настоящей работы — исследование влияния ультразвуковой обработки на адгезионные свойства поверхности полупроводников. Ранее установлено, что повышение адгезионной прочности P металла к полупроводнику достигалось нагревом при температурах $T > 200^\circ \text{C}$ или фотооблучением структур металл–полупроводник [4].

В настоящем сообщении рассматривается акустостимулированный адгезионный эффект, под которым понимается изменение адгезионных свойств поверхности полупроводника и увеличение (P) после ультразвуковой обработки структур металл–полупроводник. Нами изучалась акустостимулированная адгезия меди в кремний Si n -типа (удельное сопротивление 200–400 Ом·см; $\tau = 800$ мкс) при температуре $T = 293$ К. По спектрам инфракрасного поглощения были отобраны Si-образцы с концентрацией кислорода $N(\text{O}_2) = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, $4 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, $2,2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$.

На Si-образцы (пластины диаметром < 28 мм и толщиной < 1 мм) после механической и химической обработки методом напыления в вакууме наносились медные пленки толщиной $d = 7000$ – 9000 Å. Величина d определялась эллипсометрическим методом. Нагрев полученных структур металл–полупроводник не проводился.

Адгезионная прочность (P_1) и (P_2) до и после соответственно прохождения через структуры металл–полупроводник ультразвуковых волн частотой $f = (5$ – $15)$ МГц и интенсивностью $R = (0,5$ – $1)$ Вт/см² изучалась, как и в [4], методом отрыва. Характерные результаты исследования (P) для некоторых образцов сведены в таблицу.

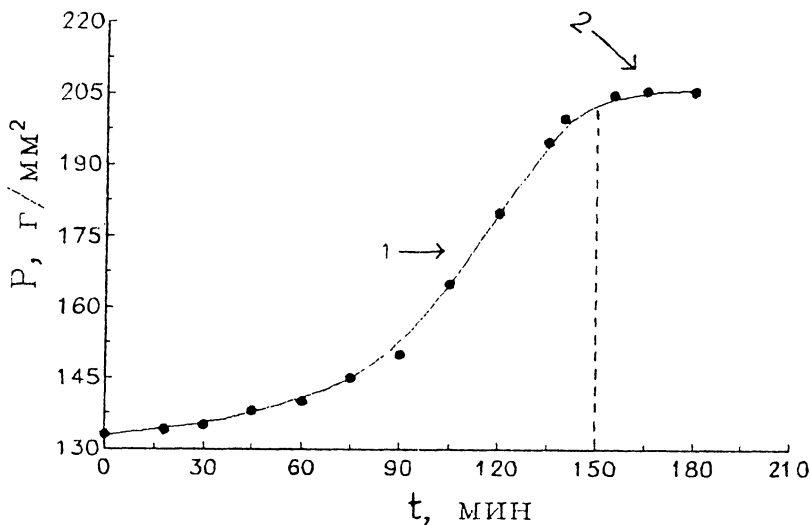
Исследования вольт-амперных характеристик показывали, что наблюдалась общая закономерность для всех образцов после облучения ультразвуком — рост тока на 5–10% в интервалах электрических полей $E = 5$ – 60 В/см.

В работе [4] подобное увеличение тока после фотооблучения структур связывается с возбуждением химических

Номер образца	Концентрация кислорода $N(O_2)$, $см^{-3}$	До облучения ультразвуком P_1 , г/мм ²	После облучения ультразвуком P_2 , г/мм ²	f , МГц	R , Вт/см ²	Время облучения ультразвуком, t , мин
1	$2 \cdot 10^{15}$	180	278	15	0.5	30
2	$4 \cdot 10^{17}$	135	193	15	0.5	30
3	$2.2 \cdot 10^{18}$	110	154	15	0.5	30

связей на поверхности полупроводников, что и обеспечивает снижение энергетического барьера для хемосорбции и адгезии.

Из анализа результатов (см. таблицу) следует, что имеется зависимость (P) от $N(O_2)$. Наблюдаемый рост (P) связан с уменьшением концентрации кислорода, блокирующего диффузию металла в приповерхностных областях исходного кремния. Далее адгезионная прочность, согласно [6,7], зависит от наличия на поверхности твердого тела кислорода, изменяющего химический состав приповерхностных слоев и уменьшающего адгезионное взаимодействие контактирующих тел.



Зависимость адгезионной прочности меди и кремниевой подложки от времени облучения ультразвуком ($Si-n$, $N(O_2) = 4 \cdot 10^{-17} см^{-3}$, $f = 15$ МГц, $R = 0.5$ Вт/см², $T = 293$ К).

Кроме того, увеличение (P) после облучения ультразвуком образцов объясняется изменением структуры различного вида кислородосодержащих комплексов [8] в поле ультразвуковых волн [9] и внедрением в них диффундирующих атомов меди. Последующая серия экспериментов, по всей видимости, подтверждает такое предположение.

На рисунке показана типичная зависимость (P) от времени облучения t ультразвуком при $T = 293$ К. Как видно из полученных результатов, P растет (интервал 1) и выходит на насыщение при $t > 2.5$ ч (интервал 2).

Рост и насыщение P связаны соответственно с начальным увеличением и стабилизацией со временем числа разрывов и трансляции валентных связей [10] акустоактивируемых поверхностных слоев полупроводника.

Следует отметить, что помимо возбуждения и разрыва ультразвуком химических связей, а также диффузии металла [11] в полупроводник наблюдался и другой акустостимулированный эффект, улучшающий адгезионные свойства кремния — разрушение ультразвуком окисных пленок на поверхности полупроводника перед осаждением на него металла.

Таким образом, проведенные исследования позволяют развить и применять акустические методы в технологии полупроводниковых приборов имеющих, как известно, контакты металл-полупроводник.

Список литературы

- [1] Гаибов А.Г., Заверюгин Б.Н., Крещик В.Д. и др. // Письма в ЖТФ. 1984. Т. 10. В. 10. С. 616-620.
- [2] Заверюгин Б.Н., Крещик В.Д., Муминов Р.А. и др. // ФТП. 1986. Т. 20. В. 3. С. 525-528.
- [3] Эдебский А.П., Корчная В.Л., Торчинская Т.В. и др. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. В. 2. С. 76-80.
- [4] Кив А.В., Мелькин И.Г. // ФТП. 1973. Т. 7. В. 3. С. 617-619.
- [5] Вавилов В.С., Кив А.Е., Мелькин И.Г. Механизмы образования и миграции дефектов в полупроводниках. М.: Наука, 1981.
- [6] Varchenya S.A., Simanovskis A., Stolyrova S.V. // Thin Solid Films. 1988. V. 164. P. 147-152.
- [7] Kikuchi A., Baba S., Kinbara A. // Thin Solid Films. 1988. V. 164. P. 153-156.
- [8] Безштетт Ф., Эндерлайн Р. Поверхности и границы раздела полупроводников. М.: Мир, 1990. С. 451.
- [9] Заверюгин Б.Н., Муминов Р.А., Исмаилов Х.Х. и др. // Тез. докл. Первая национальная конференция "Дефекты в полупроводниках". С.-Петербург, 1992. С. 200.
- [10] Рыкалин Н.Н., Шоршоров М.Х., Красулин Ю.Л. // Неорганические материалы. 1965. Т. 1. № 1. С. 29-36.
- [11] Kreshchik V.D., Muminov R.A., Yafasov A.Y. // Phys. Stat. Sol(a). 1981. V. 63. K 159-162.

Поступило в Редакцию
26 апреля 1996 г.