

06; 06.1; 06.2; 06.3

ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГЕТЕРОПЕРЕХОДОВ α -C:H/p-Si

© М.С.Иову, Е.П.Коломейко, М.Коош, И.Почик

Гидрогенизированный аморфный углерод (α -C:H) является перспективным материалом для инфракрасной оптики, пассивирующих покрытий и создания оптоэлектронных приборов. В работах [1,2] исследованы и приведены некоторые электрические и фотоэлектрические характеристики гетеропереходов α -C:H/p-Si. В результате исследования различных структур показано, что тонкие пленки α -C:H, полученные разложением метана (C_4H) в тлеющем разряде, имеют низкие значения проводимости ($\sigma = 10^{-7} - 10^{-8} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$) [1,3] и дрейфовой подвижности ($\mu_d \sim 10^{-6} \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$) [4], характеризуются оптическим значением ширины запрещенной зоны $E_g = 2.0 - 2.2 \text{ эВ}$ и высокой плотностью локализованных состояний $N_t = 10^{17} - 10^{18} \text{ эВ}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ [1]. В то же время отмечается сильная зависимость параметров тонкой пленки α -C:H и характеристик гетеропереходов α -C:H/p-Si от условий получения гидрогенизированного углерода.

В настоящей работе приводятся электрические и фотоэлектрические характеристики гетеропереходов α -C:H/p-Si с использованием тонких пленок α -C:H ($L = 0.8 - 4.2 \text{ мкм}$), полученных разложением метана при различных значениях напряжения осаждения в тлеющем разряде $U_{s,b} = -100 - -600 \text{ В}$ на подложку из кристаллического кремния. В качестве верхнего электрода к α -C:H были использованы полупрозрачные слои из Au, Al и Sb, полученные термическим вакуумным напылением. Вольт-амперные ($I-V$) характеристики в темноте и при освещении были измерены в динамическом режиме при линейно нарастающем и спадающем напряжении смещения от -10 до $+10 \text{ В}$ ($dU/dt = 0.02 \text{ В/с}$).

Типичные $I-V$ характеристики гетероперехода α -C:H/p-Si в темноте и при освещении показаны на рис. 1, при этом тонкая пленка из α -C:H получена при $U_{s,b} = -100 \text{ В}$. Прямые $I-V$ характеристики в области $U = -1.0 - -2.0 \text{ В}$ имеют степенную зависимость типа $I = A \cdot V^n$ с показателем степени n , принимающим значения $n = 1.65 - 6.6$, характерную для случая токов, ограниченных пространственным зарядом (ТОПЗ). При больших значениях отрицательного сме-

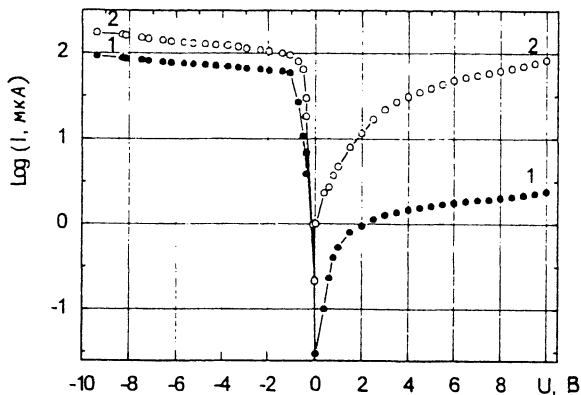


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики гетеропереходов α -C:H/p-Si в темноте (1) и при освещении (2). Аморфная пленка α -C:H получена при $U_{s,b} = -100$ В.

щения к α -C:H зависимость тока от напряжения имеет сублинейную зависимость, обусловленную последовательным сопротивлением тонкой пленки из α -C:H. Удельное сопротивление ρ тонкой пленки α -C:H, определенное из участка насыщения I - V характеристик гетероперехода α -C:H/p-Si (при $U = 5$ В) находится в пределах $\rho = 4 \cdot 10^6 - 5 \cdot 10^7$ Ом·см, слабо зависит от технологических условий получения гидрогенизированной пленки аморфного углерода и находится в хорошем согласии с данными, приведенными в работе [5]. При напряжениях, меньших чем $U = -2.0$ В, гетеропереход слабо реагирует на свет, однако при больших напряжениях становится светочувствительным. Эта светочувствительность, по-видимому, обусловлена объемными свойствами тонкой пленки α -C:H.

При положительной полярности тонкой пленки из α -C:H I - V характеристики гетероперехода имеют линейный характер для всех используемых электродов. Наибольшая светочувствительность для положительной ветви I - V характеристики получена при использовании Au-электрода к аморфной пленке из α -C:H.

Большинство исследуемых гетеропереходов, полученных при различных значениях $U_{s,b}$ осаждения тонкой пленки гидрогенизированного углерода, являются светочувствительными. Типичная кривая спектрального распределения фототока для гетероперехода Au- α -C:H/p-Si для положительной полярности тонкой пленки из α -C:H представлена на рис. 2. Наблюдаемый фототок обусловлен генерацией электронно-дырочных пар под действием света в гетеропереходе α -C:H/p-Si и разделением носителей в электрическом поле на границе раздела.

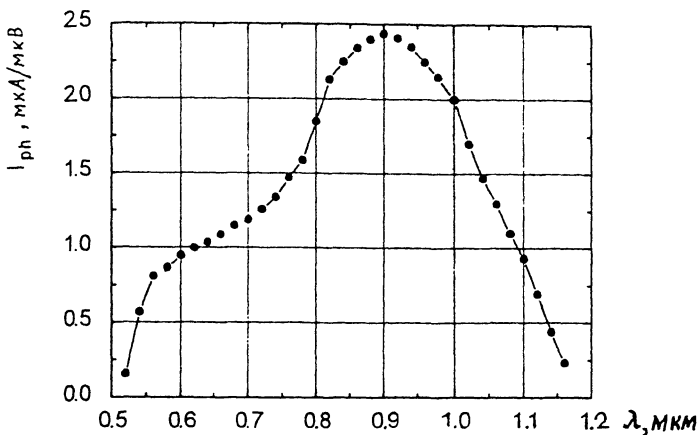


Рис. 2. Спектральное распределение фоточувствительности гетероперехода α -C:H/p-Si при приложенном $U = +1.0$. Аморфная пленка α -C:H получена при $U_{s,b} = -100$ В.

Наличие максимума на кривой спектрального распределения фототока при 0.9 мкм может быть связано с поглощением падающих фотонов в подложке кристаллического p-Si. Наблюдаемое плечо в области 0.6 мкм обусловлено поглощением на уровнях хвостов плотности состояний вблизи краев проводящих состояний тонкой пленки α -C:H. Энергетическое положение наблюдаемых пиков слабо зависит от величины приложенного напряжения и разница между ними $\Delta(h\nu) = 0.65$ эВ примерно соответствует высоте энергетического барьера $\varphi_b = 0.66$ эВ, определенного из вольтамперной ($C-V$) характеристики гетероперехода, которая, по-видимому, соответствует разрыву энергетических зон для аморфного углерода и кристаллического кремния.

В то же время амплитуда фототока в максимуме ($\lambda = 0.9$ мкм) зависит от приложенного напряжения по квадратичному закону $I_{ph} = C \cdot U^2$ и изменяется от 2.5 нА при $U = +0.1$ В до 8 мкА при $U = +8.0$ В. Аналогичная зависимость фототока от приложенного напряжения была получена для положительной ветви $I-V$ характеристики при освещении светом определенного спектрального состава $\lambda = 0.6-0.7$ мкм. Сверхлинейная зависимость фототока от приложенного напряжения также получена в барьерных структурах $Cu_2Se/As_{40}S_{30}Se_{30}-Me$ [6], что объясняется ростом электронного фототока вследствие термополевого высвобождения электронов с ловушек. В то же время в области отрицательных значений приложенного напряже-

ния ($U > -2.0$ В), где величина тока ограничена сопротивлением тонкой пленки из α -С:Н, фототок практически не зависит от приложенного напряжения ($I_{ph} \sim U^n$, где $n = 0-0.3$).

Следует отметить, что кривые спектрального распределения фото-э.д.с. имеют аналогичную зависимость, представленную на рис. 2. Для гетероперехода Au- α -С:Н/ p -Si с тонкой пленкой из α -С:Н, полученной при $U_{s.b} = -300$ В получены значения тока короткого замыкания $I_{к.з.} = 3$ нА и напряжения холостого хода $U_{х.х.} = 0.63$ В.

Полученные электрические и фотоэлектрические характеристики гетероперехода α -С:Н/ p -Si показывают на возможность существования на границе раздела дополнительного промежуточного слоя с высоким сопротивлением, образование которого возможно на начальной стадии осаждения тонкой пленки аморфного углерода в тлеющем разряде на поверхности кристаллического кремния. Об этом также свидетельствуют полученные гистерезис на $I-V$ характеристиках и $C-V$ характеристики исследуемых гетеропереходов, которые имеют форму, специфическую для структур металл-диэлектрик-полупроводник и указывают на наличие процессов накопления заряда. Для выяснения этих и других вопросов необходимы дополнительные исследования. Однако уже полученные предварительные результаты открывают возможность создания на основе гетеропереходов α -С:Н/ p -Si диодных структур с высоким коэффициентом выпрямления ($> 10^3$ раз), в том числе и фоточувствительных приборов в широкой области спектра.

Работа выполнена в рамках договора о сотрудничестве между АН Республики Молдова и Венгерской АН и при поддержке Венгерским научным фондом.

Список литературы

- [1] Veerasamy V.S., Amaratunga G.A., Davis C.A., Milne W.I., Hewitt P., Weiler M. // Solid State Electron. 1994. V. 37. P. 319.
- [2] Veerasamy V.S., Amaratunga G.A., Park J.S., Milne W.I., MacKenzie H.S., McKenzie D.R. // Appl. Phys. Letters. 1994. V. 64. P. 2297.
- [3] Dasgupta D., Demichelis F., Tagliaferro A. // Phil. Mag. 1991. V. B63. P. 1255.
- [4] Mycielski W., Stariga E., Dluzniewski M., Strzelecki W. // Latv. J. of Phys. and Techn. Sci. 1994. V. 6. P. 3.
- [5] Davis C.A., Veerasamy V.S., Amaratunga G.A.J., Milne W.I., McKenzie D.R. // Phil. Mag. 1994. V. B69. P. 1121.
- [6] Бордовский Г.А., Савинова Н.А. // ФТП. 1990. Т. 24. С. 342.

Институт прикладной физики
АН Республики Молдова

Поступило в Редакцию
3 июня 1996 г.

Центр оптоэлектроники, Кишинев
Research Institute for Solid State Physics
H-1525 Budapest, P.P. Box 49, Hungary