



Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9
İyun
June 2005
Июнь

№83
səhifə
page 314-316
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В МНОГОСЛОЙНЫХ n-p-n-... ПЛЕНКАХ a-Si:H

КАМИЛОВ И.К., БАБАЕВ А.А., СУЛТАНОВ С.Б., АСХАБОВ А.М.

*Институт физики Дагестанского научного центра Российской академии наук,
Россия, Махачкала, ул. Ярагского, 94
367003, e-mail: analit@dinet.ru, sult3@dagestan.ru, тел.: (8722)626664*

Исследованы фотолюминесценция (ФЛ) и ее спектры возбуждения (СВЛ) аморфного гидрогенизированного кремния a-Si:H при $T=77\text{ K}$ с целью изучения специфики энергетического спектра многослойных n-p-n-p- и n-i-p-i-p-структур с периодической последовательностью легированных слоев n- и p-типами проводимости толщиной 100 и 180 Å соответственно. Изучено влияние материала подложки на ФЛ пленок a-Si:H, полученных при температуре подложки $T_S=270\text{ }^\circ\text{C}$. Показано, что материал подложки существенно влияет на ФЛ характеристики (положение максимума, полуширину и интенсивность). Установлено, что образцы n-p-n-p-слоев a-Si:H, нанесенных на кварцевые подложки, представляют сложные многослойные структуры, ФЛ которых определяется переходной областью

В настоящее время все большее внимание уделяется исследованию электрических и оптических свойств гетероструктур и многослойных структур с периодической последовательностью слоев аморфных гидрированных полупроводников n- и p-типов проводимости. Результаты исследований свидетельствуют о достаточном совершенстве границ раздела в таких структурах и о наличии в них ряда свойств кристаллических решеток. С другой стороны, варьирование периода многослойной структуры, выбор материала для гетеропереходов, уровня легирования и количества слоев приводят к оригинальным свойствам таких структур. В них наблюдаются высокая остаточная фотопроводимость и ее долговременная релаксация после выключения света [1], аномальное поведение проводимости при приложении напряжения в структуре [2]. Одним из эффективных и экспрессных методов исследования энергетического спектра запрещенной зоны неупорядоченных полупроводников является фотолюминесценция, поэтому в настоящей работе приведены результаты исследования фотолюминесценции и ее спектров возбуждения аморфного гидрированного кремния a-Si:H при $T=77\text{ K}$ с целью выявления и изучения специфики энергетического спектра многослойных структур с периодической последовательностью легированных слоев n- и p-типов проводимости, а также материала подложки. ФЛ исследовалась с помощью монохроматора МДР-23. В качестве источника возбуждения использовалась ксеноновая лампа типа ДКСЛ-1000. Приемником

излучения служил охлаждаемый германиевый фотодиод ФД-9Э-111А. Спектры возбуждения ФЛ записывались с помощью монохроматора УМ-2 на самописце КСП-4. Излучение регистрировалось с поверхности, на которую падал возбуждающий свет. Наивысший квантовый выход ФЛ достигается только в оптимально приготовленных пленках a-Si:H. В таких пленках форма спектра ФЛ и ее интенсивность зависят от параметров нанесения, наиболее важным из которых являются температура подложки T_S во время напыления и материал подложки. Ранее нами было показано, что в интервале $250\text{ }^\circ\text{C} < T < 550\text{ }^\circ\text{C}$ заметные изменения спектра ФЛ не наблюдаются [3]. Этот эффект показывает, что достигнуто некоторое собственное состояние образца. Такой же вывод следует из соответствующей зависимости интенсивности ФЛ от T_S . Интенсивность ФЛ насыщается при $T_S=270\text{ }^\circ\text{C}$, и квантовый выход в этом интервале температур соответствует $\eta=30\%$. С целью изучения влияния материала подложки на ФЛ a-Si:H были получены пленки разложением силана в плазме ВЧ разряда на стекле, керамике, сапфире, кварце, металле (никеле, алюминии) при $T_S=270\text{ }^\circ\text{C}$.

На рис.1 представлены спектры ФЛ пленок a-Si:H при $T=77\text{ K}$, полученных на различных подложках. Как видно из рис.1, спектр ФЛ представляет собой широкую полосу, положение максимума, полуширина и интенсивность которой зависят от материала подложки. Они отражают излучательные переходы

между плотностями состояний, реализующимися в пленках при данной технологии. Для изучения гетерограниц в многослойных структурах использовался кварц, т.к. пленки, полученные на кварце обладают наибольшим квантовым выходом.

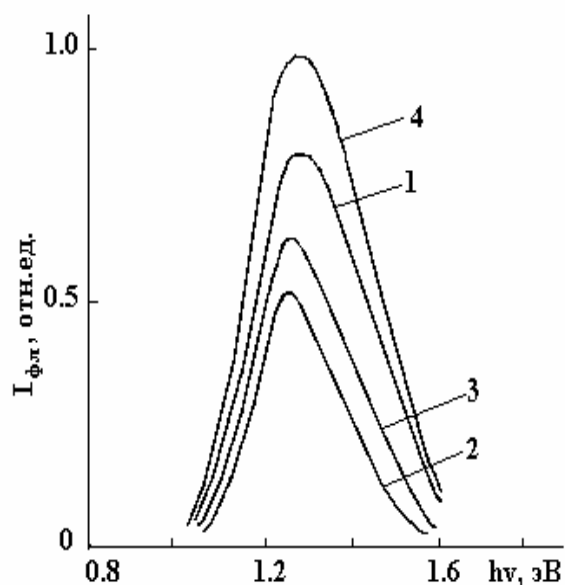


Рис.1. ФЛ пленок a-Si:H при T=77 К, полученных на керамике (1), алюминии (2), стекле (3), кварце (4); $h\nu_{\text{возб}}=2.3$ эВ.

Образцы представляли собой наборы чередующихся слоев n- и p-типов проводимости пленок a-Si:H, полученных разложением силана в плазме ВЧ разряда. Существенное значение имеют время замены газов для получения острого перехода между слоями и контроль ВЧ процесса: скорость осаждения слоев и состав газовой смеси [3]. В качестве рабочей смеси использовался силан, разбавленный аргоном (соотношение 1:3) с добавлением PH_3 и V_2H_6 . Слои наносились на матированные кварцевые подложки в однокамерной установке с прекращением разряда после напыления n(p)-слоя. Время нанесения каждого слоя 3 мин. В промежутке между напылениями реакционная камера откачивалась до 10^{-5} торр. Число напыленных пар слоев составило 10. С учетом скорости напыления легированных слоев a-Si:H n- и p-типов проводимости толщина n- и p- слоев составляла 100 Å и 180 Å соответственно. При изготовлении многослойных структур температура подложки составляла 270 °С. Остальные технологические параметры (удельная мощность разряда, скорость газового потока, давление газовой смеси и т.д.) были типичными для получения легированных слоев a-Si:H. На рис.2 и в таблице представлены результаты исследования спектров ФЛ и ее возбуждения при 77 К нелегированной пленки a-Si:H и двух многослойных n-p-n-p-структур с различной степенью легирования слоев. Спектральное распределение интенсивности ФЛ пленки a-Si:H (образец 1) представляет собой ярко выраженный максимум при $E=1.32$ эВ.

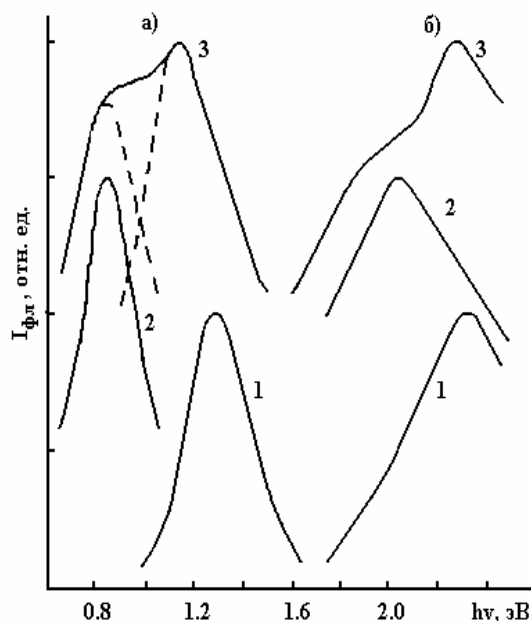


Рис.2. Спектры ФЛ (а) и ее возбуждения (б) при T=77 К нелегированной пленки a-Si:H многослойных n-p-n-p-...-структур с различной степенью легирования. Номера кривых соответствуют номерам образцов в таблице.

Спектры ФЛ многослойных структур с различной степенью легирования имеют сложное спектральное распределение. В них обнаружена ФЛ, максимумы которой соответствуют $E=0.8$ эВ для образца 2, $E=0.8$ и 1.16 эВ для образца 3 (см. таблицу). СВЛ нелегированного a-Si:H и многослойной n-p-n-p-структуры 2 имеют ярко выраженные максимумы возбуждения при $E=2.3$ и 1.93 эВ соответственно. Отметим, что спектр возбуждения ФЛ образца 3 сложный и имеет два максимума при $E=2.3$ и 1.93 эВ. В многослойных n-p-n-p-структурах по сравнению с нелегированным a-Si:H наблюдается увеличение стоксовского сдвига (см. таблицу).

Таблица

Образец	PH_3	V_2H_6	Стоксов сдвиг, эВ
	H_4 , %		
1. a-Si:H	-	-	0.97
2. n-p-n-p	0.5	2.0	1.23
3. -- // --	0.1	0.1	1.15
Образец	Максимум ФЛ, эВ	Максимум ФЛ, эВ	Интенсивность ФЛ, отн. ед.
1. a-Si:H	1.32	0.28	100
2. n-p-n-p	0.80	0.17	2
3. -- // --	1.16; 0.8	-	4

Высокоэнергетический край спектров ФЛ практически соответствует низкоэнергетическому краю спектра возбуждения ФЛ. По данным о полуширинах спектра ФЛ нелегированного a-Si:H и многослойной n

- р - п - р-структуры 2, спектральное распределение интенсивности ФЛ образца 3 можно разложить на две индивидуальные полосы.

Полученные экспериментальные результаты можно объяснить, предположив, что низкоэнергетическая полоса излучения связана с легированием а-Si:H, а высокоэнергетическая соответствует полосе ФЛ нелегированного а-Si:H. Легирование бором и фосфором пленок а-Si:H создает или стабилизирует дефекты, ответственные за излучение, максимум которого соответствует $E=0.8$ эВ [4]. Увеличение степени легирования в многослойной структуре приводит к гашению ФЛ при $E=1.16$ эВ.

Результаты эксперимента свидетельствуют о наличии в многослойных структурах при высоких концентрациях примеси в низкоэнергетической области полосы излучения, максимум которой соответствует $E=0.8$ эВ. Объясняя природу центров, ответственных за излучение в многослойных п - р - п - р-структурах на основе а-Si:H, предположим, что в однокамерной установке при изготовлении таких структур происходит самопроизвольная ком-

пенсация р-слоя из-за присутствия остаточного фосфина в реакционной камере после нанесения п-слоя. Обратная картина наблюдается после нанесения р-слоя.

Таким образом, исследуемые образцы представляют собой сложные многослойные структуры, ФЛ которых определяется переходной областью. Аналогичное предположение о формировании на границе п-р-п-р-структур комплексов бор-фосфор сделали авторы [5] по результатам исследования остаточной проводимости. Для проверки такого предположения нами была изготовлена многослойная п-і-р-і-п-і-...-структура (30 слоев), в которой промежуточный і-слой отделял легированные слои друг от друга. Время напыления і-слоя составляло также 3 мин, что соответствовало толщине і-слоя порядка 100 \AA . В такой многослойной структуре ФЛ не обнаружена, что согласуется с результатами работы [6] и свидетельствует о том, что промежуточный слой выполняет функцию барьера между п- и р-слоями и препятствует образованию переходной области.

[1]. Kakalios J., Fritsche H. // J. Non-Cryst. Sol. 1985, Vol. 77/78, pt.2, p. 1085.
[2]. Ugur H., Fritsche H. // J. Non-Cryst. Sol. 1985, Vol. 77/78, pt.2, p. 1101.
[3]. Konkov O.J., Terukov E.I., Kudoyarova V.K., Babaev A.A. // J. Non-Cryst. Sol. 1987, Vol.97/98, p. 1391.

[4]. Бабаев А.А., Теруков Е.И., Шведков И.В. // Физика и техника полупроводников. 1988, Т.22, № 5, с. 927.
[5]. Лусис А.Р., Кандес У.К., Плата А.Ю., Пуранс Ю.Я. // Труды Международной конференции «Аморфные полупроводники-89». Ужгород, 1989, Т.3, с. 183.
[6]. Aragwal S.C., Guha S. // J. Non-Cryst. Sol. 1985, Vol. 77/78, pt.2, p. 1097.