

[5] Д е ш а н П.Х., М о р а р ь А.Н., Я к о в л е в В.П.
Тез. докл. Всес. конф. „Опτικο-электронные измерительные
устройства и системы“, Томск, 1989. с. 87.

Поступило в Редакцию
2 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 10

26 мая 1990 г.

06.2

© 1990

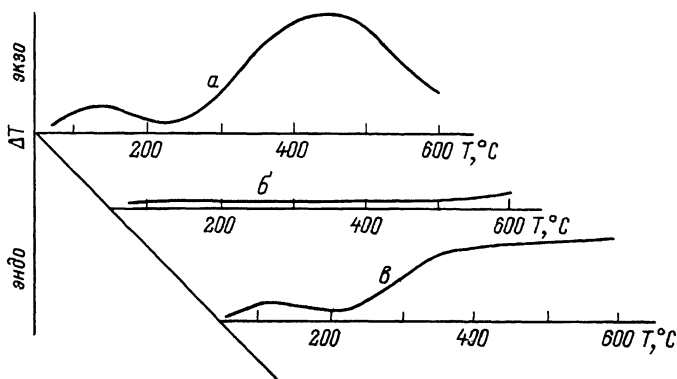
ЭВОЛЮЦИЯ СПЕКТРОВ ДТА И КРС АМОРФНОГО И АМОРФНОГО ГИДРОГЕНИЗИРОВАННОГО КРЕМНИЯ

А.А. А й в а з о в, Н.В. Б о д я г и н,
С.В. П е т р о в, Е.Л. П р и х о д ь к о,
Р.Н. Х а ш и м о в

Проблема стабильности свойств аморфного гидрогенизированно-го кремния является на сегодня центральной при создании и эксплуатации электронных устройств на его основе. Вопросы получения материала с термостабильными характеристиками не могут быть решены без объективных сведений по возможным структурным превращениям. Эти сведения могут быть получены методами сканирующей дифференциальной калориметрии (ДСК) или дифференциального термического анализа (ДТА). Единственная на сегодня работа по изучению $a-Si:H$ методом ДСК [1] относится к легированному фосфором $a-Si:H$ и выполнена в узком диапазоне температур. Это затрудняет анализ и не позволяет выделить отдельно вклад водородной и кремниевой подсистем.

Нами впервые исследованы нелегированные слои $a-Si:H$ методом ДТА [2] на приборе „Du Pont“ в диапазоне температур от -130 до 600 °С. В интервале от -130 до 50 °С не зафиксировано отклонений от обычного температурного хода теплоемкости. В областях от 50 до 225 °С и от 225 до 600 °С обнаружены экзотермические пики с теплотами Q_1 и Q_2 и максимумами при температурах T_1 и T_2 соответственно (см. рисунок, а). При повторном измерении указанные пики не наблюдались (см. рисунок, б).

$a-Si:H$ получали методом тлеющего разряда из смеси $10\% SiH_4 + 90\% H_2$ при мощности разряда 0.3 Вт/см², давлении смеси 50 Па, скорости расхода смеси 100 см³/мин. Исследованы зависимости Q_1, T_1, Q_2, T_2 от температуры подложки, изменяющейся от 25 до 340 °С (табл. 1). Кроме того, измерены спектры комбинационного рассеяния света (КРС) этих же образцов. Измерялась частота максимума пика ω_{TO} колебаний ω_{TO} и полуширина этого пика с высокочастотной стороны $\Delta\omega_{TO}/2$. По методике предложенной в [3] рассчитывалась избыточная деформационная энергия аморфной сетки кремния U (табл. 1).



Вид спектров ДТА. а - а-Si : H; б - повторный нагрев а-Si : H в - а-Si.

Таким образом, при увеличении температуры подложки мы имеем дело со все более упорядоченным материалом, для которого интегральные энергетические характеристики релаксационных процессов, отражающиеся в Q_1 и Q_2 , уменьшаются. Это находится в соответствии с данными КРС.

Для выяснения влияния термообработок на а-Si:H с целью получения более стабильного материала нами проведены калориметрические исследования пленок, полученных при температуре подложки 180 °C и подвергнутых изотермическому отжигу в вакууме при температуре 200 °C (табл. 2).

Таким образом, изотермический отжиг переводит систему в более упорядоченное состояние с меньшими величинами Q и Q_2 .

Т а б л и ц а 1.

Зависимости данных калориметрических исследований и полученных из спектров КРС а-Si : H от температуры подложки

Параметр Температура подложки, °C	$T_1, °C$	$Q_1, \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	$T_2, °C$	$Q_2, \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	$\omega_{70}, \text{см}^{-1}$	$U, \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
25	130	0.92	400	4.34	470	35.6
100	130	0.74	400	3.80	471	33.1
180	130	0.39	405	3.44	476	30.1
260	130	0.34	415	2.44	480	23.7
340	130	0.32	420	1.85	481	21.2

Зависимости данных калориметрических исследований
 $a-Si:H$ от длительности отжига при температуре 200 °С

Параметр Время отжига, час	T_1 , °С	Q_1 , $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	T_2 , °С	Q_2 , $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
0	130	0.39	405	3.44
5	130	0.16	405	3.37
10	130	0.10	405	3.25
15	130	0.08	405	2.99
20	130	0.04	405	2.23

Для выяснения вопроса, связаны ли релаксационные процессы в $a-Si:H$ исключительно с наличием в неупорядоченном сплаве водорода, либо они обусловлены перестройками в матрице аморфного кремния, нами проведен ДТА анализ аморфного кремния без водорода (см. рисунок, в). Образец $a-Si$ получали методом распыления при температуре подложки 25 °С. Впервые обнаружены два экзотермических пика: первый при температуре 105 °С с $Q_1 = 0.15 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$, второй - с $Q_2 = 2.55 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$. Температура максимума второго пика не получена из-за ограничений прибора ДТА. Таким образом, в $a-Si:H$ имеет место как релаксация в аморфной матрице кремния, так и в связанной с ней водородной подсистеме.

Представленные впервые результаты калориметрических исследований нелегированного $a-Si:H$ позволяют оптимизировать технологию его получения, выбрать режимы термообработок для синтеза стабильного к внешним воздействиям материала.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] N a s u H., A k a m a t s u C., H a y a s h i R., O s a k a Y. // Jap. J. Appl. Phys. 1989. V. 28. N 3. P. 557-558.
- [2] У э н д л а н д т У. Термические методы анализа. М.: Мир, 1979. 526 с.
- [3] S i n k e W., W a r a b i s a k o T., M i y a o M., T o k u y a m a T., R o o r d a S., S a r i s F. // J. Non-Cryst. Solids. 1988. V. 99. P. 308-323.

Поступило в Редакцию
 12 декабря 1989 г.