

03;05.3

©1995

О КРАЕВЫХ УГЛАХ СМАЧИВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ СОБСТВЕННЫМИ РАСПЛАВАМИ

М.П. Дозов

Известные из литературы формулы для вычисления относительных значений поверхностной и межфазной энергии использованы для определения краевых углов смачивания твердых полупроводников собственными расплавами.

Показана необходимость учета в соответствующих формулах краевого угла смачивания твердого тела собственным расплавом.

Вычислены краевые углы смачивания некоторых арсенидов и антимонидов собственными расплавами.

О краевых углах смачивания полупроводников со структурой цинковой обманки собственными расплавами в литературе нет сведений.

В настоящей работе, используя имеющиеся в литературе формулы для расчета относительных значений поверхностной и межфазной энергии, проведены расчеты краевых углов смачивания некоторых полупроводников собственными расплавами.

Считая рассматриваемую систему твердое тело-расплав-пар полидисперсной, авторы работы [1] получили формулы:

$$\frac{\sigma_{SV}}{\sigma_{LV}} = \left[\frac{\rho_S}{\rho_L} \left(1 + \frac{\Delta H_{пл}}{\Delta H_{исп}} \right) \right]^{2/3}, \quad (1)$$

$$\frac{\sigma_{SL}}{\sigma_{LV}} = \left(\frac{\rho_S}{\rho_L} \frac{\Delta H_{пл}}{\Delta H_{исп}} \right)^{2/3}. \quad (2)$$

Здесь σ_{SV} , σ_{SL} и σ_{LV} — средняя удельная поверхностная энергия твердого тела со своим насыщенным паром, межфазная энергия для границы твердое тело-расплав и поверхностная энергия жидкости при температуре плавления соответственно; ρ_S и ρ_L — плотности твердого тела и расплава при температуре плавления; $\Delta H_{пл}$ и $\Delta H_{исп}$ — теплота плавления и испарения.

После сравнения формул (1) и (2) с уравнением Юнга в [2] нами получена формула для расчета $\cos \theta$

$$\cos \theta = \left[\frac{\rho_S}{\rho_L} \left(1 + \frac{\Delta H_{пл}}{\Delta H_{исп}} \right) \right]^{2/3} - \left(\frac{\rho_S}{\rho_L} \frac{\Delta H_{пл}}{\Delta H_{исп}} \right)^{2/3}. \quad (3)$$

Таблица 1. Относительные значения $\frac{\sigma_{SV}}{\sigma_{LV}}$ и $\frac{\sigma_{SL}}{\sigma_{LV}}$ и краевые углы смачивания θ некоторых полупроводников собственными расплавами

Вещество	$\rho_S \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	$\rho_L \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	$\Delta H_{исп}$, кДж/моль	$\Delta H_{пл}$, кДж/моль	$\frac{\sigma_{SV}}{\sigma_{LV}}$	$\frac{\sigma_{SL}}{\sigma_{LV}}$	θ , град
GaAs	5.16	5.71	503.8	105.6	1.0611	0.3298	43
InAs	5.50	5.89	467.9	77.2	1.0578	0.2874	40
GaSb	5.60	6.06	497.4	65.2	1.0299	0.2448	38
InSb	5.76	6.48	457.2	47.7	0.9877	0.2049	38
Se	4.69	3.98	30.0	6.7	1.2772	0.4110	30
Te	6.10	5.78	51.0	17.5	1.2626	0.5084	41

Согласно Ормонту [3], в случае бинарных соединений энергия сублимации равна энергии атомизации кристалла.

При расчетах нами использовано также предположение о том, что энергия сублимации равна сумме теплоты плавления и теплоты испарения.

В табл. 1 представлены необходимые для расчетов физические характеристики: энергии атомизации арсенидов и антимонидов, взятые из [4]; плотности полупроводников при температуре плавления из [5]; теплота плавления для всех изученных полупроводников, а также теплота испарения для Se и Te из [6-7].

Поверхностные энергии расплавов арсенидов и антимонидов заимствованы из [8], а σ_{LV} расплавов Se и Te из [9].

Там же приведены рассчитанные значения относительных величин $\frac{\sigma_{SV}}{\sigma_{LV}}$ и $\frac{\sigma_{SL}}{\sigma_{LV}}$, а также краевые углы смачивания собственными расплавами некоторых полупроводников со структурой цинковой обманки и гексагональной плотноупакованной структурой.

Из табл. 1 видно, что краевые углы смачивания собственными расплавами полупроводников имеют величины,

Таблица 2. Значения σ_{LV} , σ_{SV} , σ_{SL} и работа адгезии W_A полупроводников в точке плавления (мДж/м²)

Вещество	σ_{LV}	σ_{SV}	σ_{SL}	W_A
GaAs	470	499	155	814
InAs	450	476	129	795
GaSb	454	468	111	812
InSb	430	425	88	769
Se	95	121	39	177
Te	172	217	87	302

существенно превышающие соответствующие величины у металлов [2].

В табл. 2 приведены вычисленные значения σ_{SV} , σ_{SL} и работы адгезии при температурах плавления соответствующих полупроводников.

Из табл. 2 следует, что у расплавов полупроводников, плотности которых при кристаллизации уменьшаются, поверхностная энергия изменяется от 2 до 6%; в то же время для полупроводников, плотности которых при кристаллизации увеличиваются, скачок поверхностной энергии составляет более 26%.

Последнее свидетельствует о существенном вкладе скачка плотности при фазовом переходе в изменение поверхностной энергии вещества.

Отсутствие в нашем распоряжении энергии атомизации большинства полупроводников не позволило нам произвести расчет краевых углов смачивания для других групп полупроводников.

В заключение отметим, что экспериментальная проверка полученных значений краевых углов смачивания твердых полупроводников собственными расплавами является интересной задачей.

Список литературы

- [1] Шербаков Л.М., Волкова Е.М. // Вопросы физики формообразования и фазовых превращений. Калинин: изд. КГУ, 1982. С. 83–93.
- [2] Дюхов М.П. // Металлы. 1994. В. 2. С. 16–21.
- [3] Ормонт Б.Ф. // ЖФХ. 1957. Т. 31. В. 2. С. 509–510.
- [4] Ормонт Б.Ф. // ЖНХ. 1958. Т. 3. В. 6. С. 1281–1285.
- [5] Крестовников А.Н., Евгеньев С.Б., Глазов В.М. // Докл. АН СССР. 1967. Т. 174. В. 3. С. 634–637.
- [6] Химический энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1983. 792 с.
- [7] Химическая энциклопедия. М.: Сов. энцикл., 1988. 623 с.
- [8] Дашевский М.Я. // Поверхностные явления в полупроводниках. М.: Металлургия, 1976. С. 10–15.
- [9] Коков М.Б., Алчагиров Б.Б. // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1978. Т. 14. В. 1. С. 36–39.

Кабардино-Балкарская Государственная
сельскохозяйственная академия
Нальчик

Поступило в Редакцию
21 марта 1995 г.