

Рис. 3. Зависимость максимального значения критического тока от плотности лазерного излучения.

1 — керамика, 2 — кристалл.

нальной фаз. Таким образом, однозначно можно утверждать, что при воздействии лазерных импульсов ближнего ИК-диапазона происходит своего рода лазерный отжиг приповерхностного слоя образцов, приводящий к существенному возрастанию критических токов. Этот процесс характеризуется анизотропией и более резко выражен для керамических образцов. При подборе соответствующих параметров можно добиться повышения критического тока, протекающего через образец, и тем самым значительно улучшить технологические характеристики традиционных ВТСП.

Список литературы

- [1] Kim Y. H., Foster C. M., Heeger A. J., Cox S., Stucky G. // Phys. Rev. 1988. V. 38B. N 10. P. 6478—6482.
- [2] Taliani C., Zamboni R., Ruani G., Matocotta F. C. // Synth. Metals. 1989. V. 29. P. F585—F590.
- [3] Довгий Я. О., Китык И. В., Луцив Р. В. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. № 4. С. 17—19.
- [4] Довгий Я. О., Китык И. В., Луцив Р. В., Малинич С. З., Носан А. В., Ясницкий Р. И. // ФНТ. 1991. Т. 17. № 11. С. 82—84.
- [5] Harris E. A., Bishop J. E., Havill R. L., Ward P. J., // J. Phys. C: Sol. St. Phys. 1988. V. 21. № 2. P. L673—L675.
- [6] Довгий Я. О., Китык И. В., Карплюк Л. Т., Ткачук В. В., Луцив Р. В., Ясницкий Р. И. // ФТТ. 1990. Т. 32. № 10. С. 3099—3102.
- [7] Довгий Я. О., Карплюк Л. Т., Китык И. В., Носан А. В., Луцив Р. В., Котерлин М. Д. // ДАН УССР. Сер. А. 1990. № 4. С. 63—66.

Акционерное товарищество «Концерн—Электрон»
научно-исследовательского института материалов
Львов

Поступило в Редакцию
10 января 1992 г.

УДК 536.421.1.4:548.51

© Физика твердого тела, том 34, № 11, 1992
Solid State Physics, vol. 34, N 11, 1992

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПЛАВЛЕНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ОЛОВА И РТУТИ

Е. И. Мальтина, М. И. Алымов, И. Д. Морохов

Понижение температуры плавления сферических частиц с уменьшением их радиусов описывается в рамках термодинамического метода формулами Томсона

$$T = T_0 \left(1 - \frac{2\sigma}{L} \frac{1}{R} \right) \quad (1)$$

и Клаузиуса—Клапейрона

$$T = T_0 \left(1 - \frac{2}{L} \left(\sigma + \sigma_{жл} \left(1 - \frac{\rho_{т}}{\rho_{ж}} \right) \frac{1}{R} \right) \right), \quad (2)$$

где T_0 — температура плавления массивного образца; T — температура плавления частицы радиуса R ; L — удельная теплота плавления, $\rho_{т}$, $\rho_{ж}$ — плотности твердого и жидкого состояний; $\sigma_{жл}$ — поверхностное натяжение жидкой фазы на границе с паром; σ — поверхностное натяжение на границе твердая фаза—жидкая фаза.

В работах [1, 2] проведены экспериментальные исследования плавления маленьких частиц олова (рис. 1) и ртути (рис. 2). В области ультрадисперсных размеров частиц (1—10 нм) наблюдается большее понижение температуры плавления, чем следует из формул (1), (2). Для объяснения экспериментальных результатов в работах [3, 4] введено предположение о существовании слоя расплава толщины δ , окружающего твердое ядро частицы. Тогда выражение для температуры плавления частиц имеет вид

$$T = T_0 \left(1 - \frac{2}{L} \left(\frac{\sigma}{R - \delta} + \frac{\sigma_{жл}}{R} \left(1 - \frac{\rho_{т}}{\rho_{ж}} \right) \right) \right). \quad (3)$$

Численные значения параметров, входящих в формулу (3), представлены в таблице.

Поверхностная энергия границы раздела твердой и жидкой фаз определялась по тангенсу угла наклона экспериментальной кривой $T = T(1/R)$ при $R \gg \delta$ по формуле

$$\sigma = - \frac{L}{2T_0} \left(\frac{dT}{d(1/R)} \right) - \sigma_{жл} \left(1 - \frac{\rho_{т}}{\rho_{ж}} \right).$$

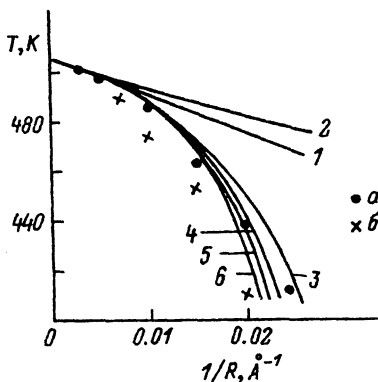


Рис. 1. Плавление маленьких частиц олова.

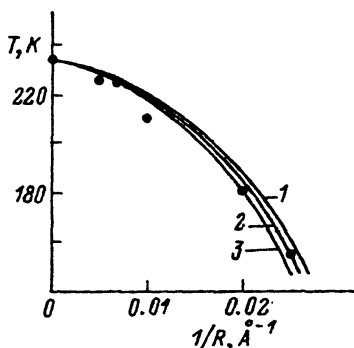


Рис. 2. Плавление частиц ртути.

Экспериментальные точки: a — [1], b — [2]. Расчетные кривые: 1 — по формуле Томсона, 2 — по формуле Клаузиуса—Клапейрона, 3—6 — по формуле (3) при $\delta = 26, 28, 30$, соответственно.

Точки — эксперимент [1], 1—3 — расчетные кривые по формуле (3) при $\delta = 19, 20, 21$ соответственно.

Параметры	Олово	Ртуть
T_0 , К	505	234
L , эрг/см ³	$42 \cdot 10^8$	$16 \cdot 10^8$
ρ_T , г/см ³	7.18	16.7
$\rho_{ж}$, г/см ³	6.98	13.7
$\rho_{жг}$, г/см ²	580	498

Для олова $dT/d(R^{-1}) = -1100 \text{ \AA} \cdot \text{К}$ (рис. 1), а следовательно, $\sigma = 62.5 \text{ эрг/см}^2$. Это значение совпадает с $\sigma = 63.4 \text{ эрг/см}^2$, полученным в работе [2] по формуле классической теории гомогенной кристаллизации. Следует отметить, что в работе [1] при расчете σ и T допущены арифметические ошибки. Недопустимо также использовать при расчетах значения T , T_0 в градусах Цельсия.

Найденное значение σ и данные таблицы позволяют определить зависимости $T = T(1/R)$ для различных δ (рис. 1). Лучшее совпадение расчетной кривой с экспериментальными точками наблюдается при $\delta = 28 \text{ \AA}$.

Экспериментальные результаты исследования плавления частиц ртути представлены на рис. 2. Вычисленное значение поверхностной энергии границы раздела твердой—жидкой фаз $\sigma = 61 \text{ эрг/см}^2$ значительно отличается от $\sigma = 25 \text{ эрг/см}^2$, полученного по формуле гомогенной кристаллизации.

Различие в величине σ , вероятно, связано с неточностью измерения скорости кристаллизации.

Расчетные кривые $T = T(1/R)$ для различных δ показаны на рис. 2. Значение $\delta = 21 \text{ \AA}$ совпадает с оценкой, данной в работе [2].

Список литературы

- [1] Wronski C. R. M. // Brit. J. Appl. Phys. 1967. V. 18. P. 1731—1737.
- [2] Жданов Г. С. // ФТТ. 1976. Т. 18. № 5. С. 1415—1417.
- [3] Reiss H., Wilson I. B. // J. Colloid Sci. N 3. P. 551—561.
- [4] Hanszen K. J. // J. Phys N 157. P. 523—553.
- [5] Смитлз К. Дж. Металлы. Справочник: Пер. с англ. М., 1980. 447 с.

Институт металлургии им. А. Л. Байкова
РАН
Москва

Поступило в Редакцию
25 марта 1992 г.