

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПЛУТОНИЯ

Недавно опубликованы некоторые данные, относящиеся к физическим свойствам металлического плутония (Pu , $Z = 94$). Данные эти, полученные двумя группами исследователей ^{1, 2}, не отличаются пока высокой точностью и охватывают исключительно фазовые превращения, измерения плотности и электрического сопротивления в интервале температур от комнатной до температуры плавления. Однако, поскольку это первые данные подобного рода, относящиеся к трансурановым элементам, они представляют существенный интерес.

Т а б л и ц а I

Температуры фазовых превращений в °C

Фаза	По данным дилатометрических измерений ¹		По данным дилатометрических измерений ²	
	нагрев.	охлажд.	нагрев.	охлаждение
$\alpha \rightleftharpoons \beta$	136	85	135	80 (начало превращения)
$\beta \rightleftharpoons \gamma$	225	~160	225	} Переход очень затянут 480 (превращение неполное. Плотность падает только до ~16,1)
$\gamma \rightleftharpoons \delta$	320	~250	315	
$\delta \rightleftharpoons \epsilon$	480	480	450	
Точки плавления и замерзания	—	—	—	—
Фаза	По данным термического анализа ²		По измерениям электрического сопротивления ²	
	нагрев.	охлажд.	нагрев.	охлаждение
$\alpha \rightleftharpoons \beta$	140	80	135	90 (начало превращения)
$\beta \rightleftharpoons \gamma$	235	145 нечётко 245 выра- жен пе- реход 475	220	160 { нечётко выражен- 225 { ный переход 480 (превращение неполное)
$\gamma \rightleftharpoons \delta$	325		325	
$\delta \rightleftharpoons \epsilon$	475		480	
Точки плавления и замерзания	640	640	—	—

Т а б л и ц а II
Плотность плутония (г/см³)

Фаза	По работе ¹	По работе ²
α	19,0	19,25
β	17,4	17,3
γ	16,6	16,7
δ	15,4	15,7
ε	16,4	16,3

Т а б л и ц а III
Линейный коэффициент термического расширения ($\cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Фаза	По работе ¹	По работе ²
α { ниже 70° выше 70°	+40 +65	} от +50 до +65 (нелинейно) +43 +39
β { ниже 190° выше 190°	+32 +54	
γ	+48	
δ	(почти линейно) -33	
ε	+20 (почти линейно)	
		-27 (нелинейно) +20 (от ~ 5 до ~ 30) для различных образцов

Т а б л и ц а IV
Электрические свойства плутония по данным
работы ²

Фаза	Удельное сопротивление (мком·см)	Температурный коэффициент со- противления ($\cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$)
α	150	от - 20 до - 40
β	116	- 10
γ	115	от - 4 до - 20
δ	111	+ 7
ε	123	-

В указанном интервале температур плутоний имеет пять аллотропических модификаций α , β , γ , δ , ϵ .

В таблице I приводятся данные о температурах фазовых превращений.

При охлаждении только переход $\epsilon \rightarrow \delta$ совершается без гистерезиса. Переход $\beta \rightarrow \alpha$ начинается резко при температуре около 85° и медленно завершается при комнатной температуре. Переходы $\delta \rightarrow \gamma$ и $\gamma \rightarrow \beta$ заметно затягиваются, причём обнаруживаются большие различия от образца к образцу. Поэтому температура перехода определяется грубо приближённо. В работе¹ указывается точность $\sim 1,5^\circ \text{C}$; в работе², более подробной, указывается точность $\pm 5^\circ \text{C}$, причём отдельные измерения дают погрешность, намного превышающую эту величину.

Данные о плотности плутония, сведённые в таблице II, относятся к нижней границе области устойчивости каждой из фаз.

Отмечается, что имеют место заметные различия в плотности различных образцов. Кроме того, имеет место гистерезис. Обращает внимание резкое возрастание плотности при превращении $\delta \rightarrow \epsilon$.

В таблице III сведены данные о линейном коэффициенте термического расширения. Этот коэффициент резко изменяется с температурой, и приведённые цифры относятся к середине соответствующей области температур. У нижней границы устойчивости фазы α линейный коэффициент термического расширения положительный, но очень малый. По мере возрастания температуры он становится отрицательным, увеличиваясь по абсолютной величине вплоть до точки перехода в ϵ -фазу при 480°C .

Данные об электрическом сопротивлении и температурном коэффициенте сопротивления приведены в таблице IV.

Данные о сопротивлении суть средние для нескольких образцов у нижней границы устойчивости фазы. Вариации от образца к образцу $\sim \pm 3 \text{ мком/см}$. Температурный коэффициент сильно меняется от образца к образцу; в таблице указаны крайние значения для различных образцов (для γ -фазы в одном случае наблюдалось значение $+20 \cdot 10^{-5}/^\circ \text{C}$).

P. Г.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. W. B. H. Lord, *Nature* **173**, 4403, 534 (1954).
2. J. G. Bell, J. A. L. Robertson, P. Marlon, J. A. Lee and E. T. Adam, там же, стр. 535.