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.

Таблица I

Температуры фазовых превращений в °С

Фаза	По данным дилатометрических измерений [1]		По данным дилатометрических измерений [2]	
	нагрев.	охлажд.	нагрев.	охлаждение
$\alpha \rightleftarrows \beta$	136	85	135	80 (начало превращения)
$\beta \rightleftarrows \gamma$	225	~160	225	Переход очень затянут
$\gamma \rightleftarrows \delta$	320	~250	315	
$\delta \rightleftarrows \varepsilon$	480	480	450	480 (превращение неполное. Плотность падает только до ~16,1)
Точки плавления и замерзания	—	—	—	—

Фаза	По данным термического анализа [2]		По измерениям электрического сопротивления [2]	
	нагрев.	охлажд.	нагрев.	охлаждение
$\alpha \rightleftarrows \beta$	140	80	135	90 (начало превращения)
$\beta \rightleftarrows \gamma$	235	145 нечётко выражен переход	220	160 нечётко выраженный переход
$\gamma \rightleftarrows \delta$	325	245	325	225
$\delta \rightleftarrows \varepsilon$	475	475	480	480 (превращение неполное)
Точки плавления и замерзания	640	640	—	—

Таблица II

Плотность плутония (*г/см*³)

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

Таблица III

Линейный коэффициент термического расширения ($\cdot 10^{-6}$ / °C)

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

Таблица IV

Электрические свойства плутония по данным работы [2]

Фаза	Удельное сопротивление (*мком·см*)	Температурный коэффициент сопротивления ($\cdot 10^{-5}$/°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 $\varepsilon \rightarrow \delta$ 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 работе[1] указывается точность $\sim 1{,}5°$ С; в работе[2], более подробной, указывается точность $\pm 5°$ С, 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 $\delta \rightarrow \varepsilon$.

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 δ 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° С.

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 $\sim \pm 3$ *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 $+20 \cdot 10^{-5}$/°С).

Р. Г.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

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