

Академик АН УССР В. Н. СВЕЧНИКОВ, В. М. ПАН, А. Ц. СПЕКТОР
ВЛИЯНИЕ ИТТРИЯ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СПЛАВОВ
ВАНАДИЯ С ГАЛЛИЕМ

Как известно, интерметаллическое соединение V_2Ga со структурой типа β -W (A15) имеет параметры сверхпроводимости*. Твердый раствор галлия в ванадии (α) с объемноцентрированной кубической (о.ц.к.) решеткой образует широкую однофазную область, а соединение V_2Ga образуется в твердом состоянии из α -раствора при температуре ниже 1300°C (°). Настоящая работа посвящена изучению влияния иттрия на фазовый состав сплавов ванадий — галлий, которые могут представлять интерес с точки зрения их применения в качестве сверхпроводников с высокими критическими параметрами.

Исследованная область тройной системы ванадий — галлий — иттрий, ограничена такими изоконцентрациями: 47% галлия, 16% иттрия**. Для изготовления сплавов были применены ванадий электролитический марки ВЭЛ-2, дегазированный в вакууме и переплавленный в аргоне, чистоты не менее 99,9% (твердость 68 кг/мм^2), галлий марки ГЛ-00 чистоты 99,99% и иттрий марки Ум-0 чистоты 99,76%.

Сплавы были выплавлены в дуговой печи с нерасходуемым вольфрамовым электродом на водоохлаждаемой медной подине в атмосфере аргона. Вес каждого слитка 10 г. Контрольное взвешивание показало, что отклонение состава от заданного было незначительным. Исследования микро- и макроструктуры показали однородность сплавов. Всего было изготовлено 63 сплава. Из рис. 1 видно положение фигуративных точек большинства сплавов на концентрационном треугольнике. Гомогенизирующий отжиг

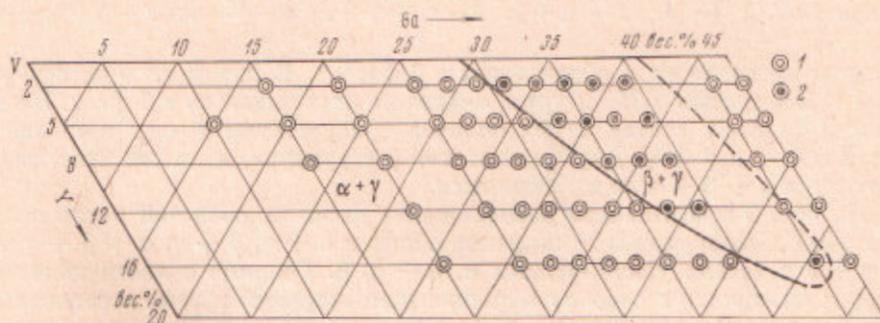


Рис. 1. Фазовый состав литых сплавов ванадий — галлий — иттрий: 1 — $\alpha + \gamma$; 2 — $\beta + \gamma$

всех сплавов был проведен при 1400°C в течение 25 час. Сплавы исследовались в литом состоянии и после отжига: при 1400° (25 час.), при 1100° (120 час.). Исследование сплавов проводили методами микроструктурного, рентгеноструктурного и микродюрметрического анализа.

Из данных рис. 1 по фазовому составу литых сплавов видно, что уже при 1% иттрия в сплаве с 31% галлия наблюдаются зерна иттриевого

* По данным (1), критическая температура перехода в сверхпроводящее состоянии $15,1^\circ\text{K}$, а критическое магнитное поле $\sim 250\text{ кэ}$ (2).

** Здесь и далее составы сплавов даются в весовых процентах.

твердого раствора γ , количество которых увеличивается с увеличением содержания иттрия. Сплав с таким же содержанием галлия, но с 0,5% иттрия оказался полностью однофазным. Это свидетельствует о том, что растворимость иттрия в соединении V_2Ga составляет $\sim 0,5-1\%$. Метастабильная α -фаза сохраняется в литых сплавах во всей исследованной концентрационной области за исключением замкнутой области, простирающейся до $\sim 16\%$ иттрия (рис. 1). В сплавах этой области α -фаза не сохраняется

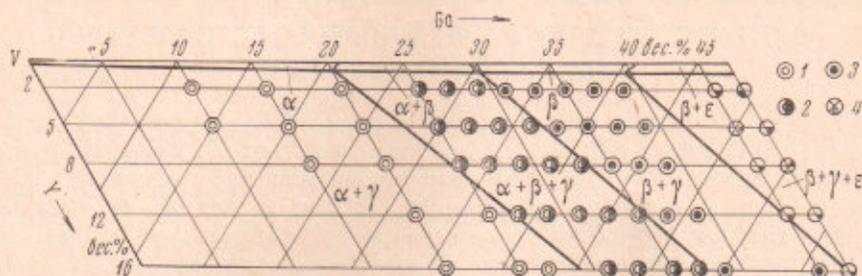


Рис. 2. Фазовый состав сплавов ванадий—галлий—иттрий после отжига 25 час. при $1400^\circ C$: 1— $\alpha + \gamma$; 2— $\alpha + \beta + \gamma$; 3— $\beta + \gamma$; 4— $\beta + \gamma + \epsilon$

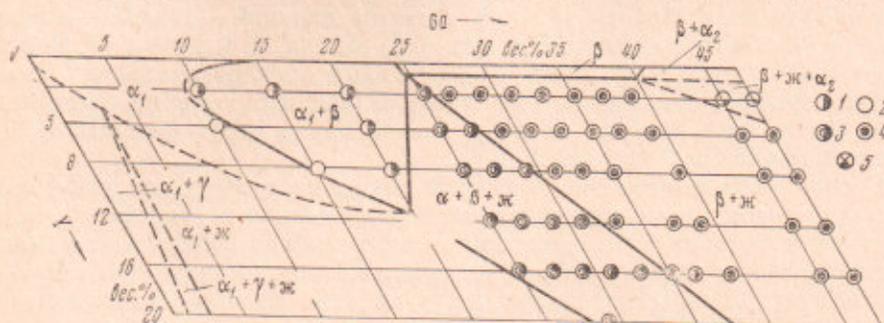


Рис. 3. Изотермический разрез тройной системы ванадий—галлий—иттрий при $1100^\circ C$: 1— α_1 ; 2— $\alpha_1 + \beta$; 3— $\alpha_1 + \beta + \zeta$; 4— $\beta + \zeta$; 5— $\beta + \zeta + \alpha_2$

и легко распадается с образованием β -фазы*. В литом сплаве, содержащем 31,3% галлия и 3% иттрия, α -фаза не превращается в β -фазу. На диаграмме фазового состава литых сплавов присутствуют только широкие области $\alpha + \gamma$ и $\beta + \gamma$. Двухфазная $\alpha + \beta$ -структура, а также трехфазная структура $\alpha + \beta + \gamma$ не наблюдаются.

На рис. 2 представлено расположение фазовых областей после отжига при 1400° . Обнаружены** широкие области $\alpha + \gamma$, $\beta + \gamma$, $\alpha + \beta + \gamma$, $\beta + \gamma + \epsilon$ и весьма узкие области α , $\alpha + \beta$, β . Границы области появления β -фазы смещается в сторону меньших концентраций галлия в сплавах при более медленном охлаждении от высоких температур. Во многих сплавах происходит частичное превращение $\alpha \rightarrow \beta$, в результате чего возникают трехфазные структуры $\alpha + \beta + \gamma$. При высоких содержаниях галлия, в сплавах на фоне двухфазной структуры $\beta + \gamma$ наблюдаются участки эвтектоида $\beta + \epsilon$. Таким образом, при охлаждении сплавов из области существования α -фазы часть ее превращается в β -фазу, а часть претерпевает эвтектоидный распад ($\alpha \rightarrow \beta + \epsilon$).

На рис. 3 представлен предполагаемый изотермический разрез тройной системы ванадий—галлий—иттрий при 1100° . На разрезе показаны широкие области α_1 , $\alpha_1 + \beta$, $\alpha_1 + \zeta$, $\alpha_1 + \beta + \zeta$, $\beta + \zeta$ и узкие области β , $\beta + \alpha_2$, $\beta + \zeta + \alpha_2$. Следует отметить, что вместо жидкой фазы, богатой

* β -Фаза на основе интерметаллического соединения V_2Ga .

** ϵ -Фаза на основе интерметаллического соединения V_6Ga_5 .

итрием, экспериментально обнаруживаются при микроструктурном анализе сильно травящиеся участки, представляющие, вероятно, богатую иттрием тройную эвтектику. Так как богатые иттрием и галлием области системы не исследовались, однозначно указать, какого типа превращения происходят при кристаллизации жидкой фазы, присутствующей в сплавах при 1100° , невозможно. Фаза α_2 также экспериментально не обнаруживается. При охлаждении сплава происходит эвтектоидный распад α_2 -фазы ($\alpha \rightarrow \beta + \epsilon$). Поэтому вместо α_2 -фазы наблюдаются фазы β и ϵ . Растворимость иттрия в фазе β - V_3Ga невелика (0,5—1,0%).

Границы α_1 области подходят к трехфазной области $\alpha_1 + \beta + \text{ж}$, в точке, соответствующей приблизительно 20% галлия и 12% иттрия. При добавлении иттрия в количестве до 12% двухфазная область $\alpha_1 + \beta$ полностью выклинивается. Трехфазная область $\alpha_1 + \beta + \text{ж}$ оказалась довольно широкой (по содержанию галлия). Она расположена таким образом, что граничная конода $\beta\text{ж}$ пересекает изоконцентрату, соответствующую 31,3% галлия и 9% иттрия. При высоких содержаниях галлия и небольших иттрия обнаружен узкий участок трехфазной области $\alpha_2 + \beta + \text{ж}$.

Институт металлофизики
Академии наук УССР
Киев

Поступило
3 VIII 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ R. Tachikawa, Y. Tanaka, Japan J. Appl. Phys., 5, 834 (1966). ² K. Hechler, G. Horn et al., J. Low Temp. Phys., 1, 29 (1969). ³ В. М. Пан, В кн.: Структура металлических сплавов, Киев, 1966, стр. 56.