3. Лихарев К. К. «Радиотехника и электроника», **12**, № 7, 1306, 1967.
4. Лихарев К. К. «Труды III Всесоюзного межвузовского симпозиума по теории нелинейных систем». Ташкент, 1967.
5. Каплан А. Е., Кравцов Ю. А., Рылов В. А. Параметрические генераторы и делители частоты. М., «Советское радио», 1966.
6. Григорьев Ю. В. «Радиотехника и электроника», **9**, № 10, 1886, 1964.
7. Лихарев К. К. «Радиотехника и электроника», **13**, № 9, 1714, 1968.

Поступила в редакцию
3. 4 1968 г.

Кафедра
физики колебаний

УДК 669.52:539.219.3

Г. Н. РОНАМИ, С. М. КУЗНЕЦОВА, Я. Н. КУНАКОВ, Н. С. ВОРОБЬЕВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ФАЗОВЫХ ОБЛАСТЕЙ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЙ СИСТЕМ V—Ga и Nb—Al МЕТОДОМ ДИФФУЗИОННЫХ СЛОЕВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНОГО РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

В последнее время большое внимание уделяется изучению диаграмм состояний, в которых имеются сверхпроводящие соединения. К наиболее перспективным сверхпроводящим соединениям, имеющим высокую температуру перехода, относятся соединения V_3Ga и Nb_3Al. В литературе имеется несколько видов диаграмм состояний по

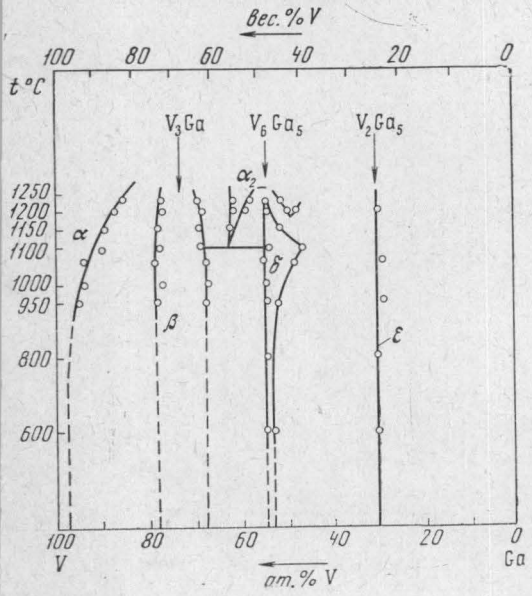

Рис. 1. Области существования фаз в системе V — Ga, по полученным в работе данным

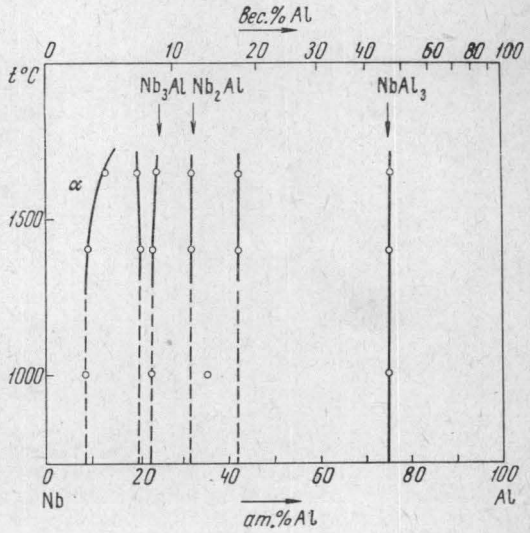

Рис. 2. Области существования фаз в системе Nb — Al, по полученным в работе данным

каждой из систем, построенных классическим методом закалок на литых образцах и отличающихся друг от друга [1—7].

Поскольку технологические пути получения сверхпроводящих материалов часто основаны на диффузионных процессах, нами было изучено образование промежуточных фаз систем V—Ga и Nb—Al в диффузионных слоях. Исследования проводились

Граничные концентрации фаз систем V — Ga (в вес. % V) и Nb — Al (в вес. % Al)

Температура отжига, °C	Система V — Ga		Система Nb — Al	
	установленные фазы	граничные концентрации	установленные фазы	граничные концентрации
450	V_2Ga_5	24		
600	α_1	100—97		
600	V_6Ga_5	47		
600	V_2Ga_5	24		
800	V_6Ga_5	47		
800	V_2Ga_5	24		
950	α_1	100—95		
950	V_3Ga	73—61		
950	V_6Ga_5	47—44		
950	V_2Ga_5	23		
1000	α_1	100—93	α_1	0—3
1000	V_3Ga	72—60	Nb_3Al	8
1000	V_6Ga_5	47	Nb_2Al	14
			$NbAl_3$	47
1060	α_1	100—93		
1060	V_3Ga	74—60		
1060	V_6Ga_5	48—41		
1060	V_2Ga_5	23		
1100	α_1	100—87		
1100	V_3Ga	72—60		
1100	α_2	56		
1100	V_6Ga_5	46—39		
1150	α_1	100—86		
1150	V_3Ga	73—62		
1150	α_2	55		
1150	V_6Ga_5	44		
1200	α_1	100—84		
1200	V_3Ga	72—62		
1200	α_2	55—51		
1200	V_6Ga_5	47		
1200	α_2	42—41		
1200	V_2Ga_5	24		
1230	α_1	100—82		
1230	V_3Ga	72—63		
1230	α_2	54—51		
1230	V_6Ga_5	47		
1230	α_2	44		
1400			α_1	0—3
1400			Nb_3Al	7—8
1400			Nb_2Al	12—18
1400			$NbAl_3$	47
1650			α	0—4
1650			Nb_3Al	7—9
1650			Nb_2Al	12—18
1650			$NbAl_3$	47

на специальных образцах, представляющих собой цилиндры из чистых V и Nb, внутрь которых заливались Ga и Al, т. е. диффузия проходила между чистыми элементами. Образцы отжигались в закалочных печах, затем исследовались методом локального рентгеноспектрального анализа на микроанализаторе MS—46.

Система ванадий—галлий. Исследовались промежуточные фазы системы V—Ga в образцах, отожженных в интервале температур 450—1230°C. Обнаружены следующие фазы: α — твердый раствор, β (V_3Ga)-, δ (V_6Ga_5)- и ε (V_2Ga_5)-фазы.

По данным рентгеновского микроанализа, диаграмма имеет вид, представленный на рис. 1. Как видим, область существования α_1-твердого раствора расширяется с повышением температуры и при $t=1230$°C составляет 18 вес. %, что отличается от данных, приведенных в [2, 3]. α_2-твердый раствор (с бóльшим содержанием Ga) при $t=1100$°C имеет состав 56 вес. % *V*; при повышении температуры область его существования расширяется и составляет при $t=1230$°C 3 вес. %; β-фаза (V_3Ga) имеет широкую область гомогенности от 12 вес. % при $t=950$°C до 9 вес. % при $t=1230$°C; δ-фаза (V_6Ga_5) при низких температурах совпадает со стехиометрическим составом,

а выше $t=800°C$ имеет расширяющуюся область гомогенности, которая при $t=1100°C$ составляет 7 вес. %; ε-фаза (V_2Ga_5) имеет строго стехиометрический состав во всем исследуемом интервале температур. Было обнаружено присутствие ε-фазы в слое, полученном при $t=1200°C$, что расходится с данными других авторов [4, 5].

Система ниобий—алюминий. Исследовались диффузионные слои, полученные при температурах отжига от 1000 до 1650°C. Установлено наличие следующих фаз: α-твердого раствора, β-фазы (Nb_3Al), Nb_2Al и $NbAl_3$ (см. табл. и рис. 2). Растворимость Al в Nb увеличивается с повышением температуры и составляет 5 вес. % при $t=1650°C$.

β-фаза имеет малую область гомогенности, среднюю между значениями, указанными в [6—7].

Фаза Nb_2Al существует в широком интервале концентраций, составляющем при $t=1400$ и 1650°C 6 вес. %.

Фаза $NbAl_3$ строго стехиометрична во всем исследуемом интервале температур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савицкий Е. М., Крипякевич П. Н., Барон В. В., Ефимов Ю. В. «Журн. неорг. химии», **9**, 1155, 1964.
2. Van Vucht I. H. N., Bruning H. A., Donkersloot H. C., Gomes de Mesquita A. H. «Philips Res. Rep.», **19**, No. 5, 407, 1964.
3. Пан В. М. Сб. Структура металлических сплавов. Киев, 1966, стр. 56.
4. Levingstein H. I., Wernick Y. H., Capio C. D. J. Phys. Chem. Solids., **26**, 1111, 1965.
5. Савицкий Е. М., Крипякевич П. И., Барон В. В., Ефимов Ю. В. «Изв. АН СССР», неорганические материалы, **3**, № 1, 45, 1967.
6. Барон В. В., Савицкий Е. М. «Журн. неорг. химии», **6**, № 1, 182, 1961.
7. Lundin C. E., Jamamoto A. S. Trans. Metallurg. Soc. AIME, **236**, No. 66, 863, 1966.

Поступила в редакцию
5.4 1968 г.

Кафедра
физики твердого тела

УДК 539.12.01:530.12:531.51

М. И. СТАКВИЛЕВИЧУС

ЧАСТИЦЕПОДОБНЫЕ РЕШЕНИЯ ОБЩЕКОВАРИАНТНОГО УРАВНЕНИЯ КЛЕЙНА — ГОРДОНА

Нелинейность уравнений поля в общей теории относительности наводит на мысль о том, что существуют частицеподобные решения таких общековариантных уравнений, которые без учета самовзаимодействия посредством гравитирующих полевых масс (т. е. в рамках частной теории относительности) были бы линейными [1]. Следует это проверить, так как высказывается много соображений о схожих проблемах [2, 3, 4] и даже доказывается, что статические решения типа

$$\psi(x^1, x^2, x^3, x^4) = \varphi(x^1, x^2, x^3)\, e^{i\varepsilon ct}$$

не существуют [5].

Варьирование лагранжиана

$$L = -\left(\frac{\partial\psi^*}{\partial x^i} g^{ik} \frac{\partial\psi}{\partial x^k} + m^2\psi^*\psi\right)\sqrt{-g} \tag{1}$$

скалярного комплексного поля и уравнения Эйнштейна с компонентами тензора энергии — импульса, полученного из (1), приводят к замкнутой системе дифференциальных уравнений, которые в статическом случае сферической симметрии

$$\psi(x^1, x^2, x^3, x^4) = \varphi(r)\, e^{i\varepsilon x^4}, \quad ds^2 = e^{\lambda}dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) - e^{\nu}(dx^4)^2$$

имеют вид

$$\varphi'' + \left(\frac{2}{r} + \frac{\nu' - \lambda'}{2}\right)\varphi' + (\varepsilon^2 e^{-\nu} - m^2)\, e^{\lambda}\varphi = 0,$$