

$$K_0 = \frac{k\delta^2}{\sqrt{(\Delta\omega)^2 + \delta^2} (\delta^2 + (\Delta\omega)^2)} \quad (7)$$

отличается от статических коэффициентов стабилизации ССД и ССФ.

В случае работы ССД при нулевых расстройках ( $\Delta\omega=0$ ) передаточная функция (6) упрощается:

$$W_{\Delta\omega=0} = \frac{1}{S + \delta} \quad (8)$$

и с точностью до множителя совпадает с передаточными функциями для ССД и ССФ при нулевой расстройке. Поэтому при работе в центре линии характеристики ССД совпадают с характеристиками остальных видов СС [8].

Анализ работы ССД при частотно-зависимом радиотракте при работе в центре линии проведен в [3], где использована передаточная функция датчика ошибки, совпадающая с (8).

Таким образом, ССД представляет собой стабилизатор, характеристики которого отличаются от характеристик всех известных видов стабилизаторов. В частном случае работы в центре линии ( $\Delta\omega=0$ ) характеристики ССД совпадают с характеристиками других видов стабилизаторов.

Авторы признательны А. Сюгису за полезную дискуссию по вопросам, затронутым в сообщении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Paskard M. E. Rev. Sci. Instr., **19**, 435, 1948.
2. Baker E., Burd L. Rev. Sci. Instr., **28**, 315, 1957.
3. Сюгис А. «Изв. АН ЭССР», **18**, № 3, 1969.
4. Коткин А. Л., Умарходжаев Р. М. «Изв. вузов», **14**, № 12, 1971.
5. Умарходжаев Р. М., Коткин А. Л. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астрон., **13**, № 5, 1972.
6. Эндрю Э. Ядерный магнитный резонанс. М., 1957.
7. Блэкьер О. Анализ нелинейных систем. М., 1969.
8. Коткин А. Л. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астрон., **14**, № 1, 1973.

Поступила в редакцию  
20.3 1972 г.

НИИЯФ

УДК 548.3

С. К. ГОДОВИКОВ, Р. Н. КУЗЬМИН

### ПРОБЛЕМА «ПРОЗРАЧНОСТИ» МЁССБАУЭРОВСКОГО $\gamma$ -ИСТОЧНИКА $\text{Co}^{57}$

В настоящее время возникла потребность в мёссбауэровских источниках  $\text{Fe}^{57}$  с активностями  $\sim 1$  кюри/ $\text{см}^2$  и более. Это вызвано в основном развитием исследований по дифракции мёссбауэровских  $\gamma$ -квантов. Нами [1—2] были предложены и исследованы источники на основе сплавов с содержанием кобальта до 75 ат. %, способные в принципе обеспечить увеличение удельной активности до нескольких десятков кюри/ $\text{см}^2$ , в виде интерметаллических соединений  $\text{CoVe}$ ,  $\text{CoAl}$ ,  $\text{CoSi}$  или твердых растворов  $\text{Co}+80$  ат. %  $\text{Rh}$ ,  $\text{Co}+25$  ат. %  $\text{Cr}$ . Источники исследовались на малоактивных моделях, в которых содержание  $\text{Co}^{57}$  в смеси с  $\text{Co}^{59}$  составляло  $5 \cdot 10^{-5}$ %. Параметры источников следующие: ширина линий испускания  $\Gamma_s = (2-3)\Gamma$ , вероятности эффекта Мёссбауэра при  $293^\circ\text{K}$  и  $f=0,7-0,8$ .

При переходе от модельного источника к высокоактивному возникают нежелательные явления, связанные с эффектом накопления  $\text{Fe}^{57}$  при распаде  $\text{Co}^{57}$ .

1. Интенсивность излучения, выходящего из источника, спадает со временем по закону более крутому, чем экспоненциальный. Эта интенсивность в зависимости от толщины источника, имеющего однородное распределение излучаемых ядер, записывается в виде

$$I = \frac{P\alpha}{\mu/\rho} (1 - e^{-\mu/\rho a}), \quad (1)$$

где  $P$  — удельная активность единицы массы,  $\alpha$  — коэффициент, определяемый схемой распада, коэффициентом конверсии и телесным углом испускания ( $\alpha \ll 1$ ),  $a$  — массовая толщина источника,  $\mu/\rho$  — массовый коэффициент поглощения (мёссбауэровского  $\mu_r$  и электронного  $\mu_a$ ). Из (1) видно, что максимальная для данной матрицы интенсивность излучения определяется величиной

$$I_{\max} = \frac{P\alpha}{\mu/\rho}.$$

Коэффициент  $(\mu/\rho)$  в общем случае зависит от времени, увеличиваясь с накоплением  $\text{Fe}^{57}$  для матрицы, содержащей  $\text{Co}^{59}$ ,  $\text{Co}^{57}$  и компонент  $A$ , в виде

$$(\mu/\rho) = (\mu/\rho)_A P_A (\mu/\rho)_{\text{Co}} (P_{\text{Co}^{57}} e^{-\lambda t} + (\mu/\rho)_{\text{Fe}} P_{\text{Co}^{57}} (1 - e^{-\lambda t}) + (\mu/\rho)_r P_{\text{Co}^{57}} (1 - e^{-\lambda t})), \quad (2)$$

где  $\lambda$  — постоянная распада,  $P_A$ ,  $P_{\text{Co}^{57}}$ ,  $P_{\text{Co}^{59}}$  — весовые доли компонента  $A$   $\text{Co}^{57}$  и  $\text{Co}^{59}$ , причем  $P_A + P_{\text{Co}^{57}} + P_{\text{Co}^{59}} = 1$ .

Относительное изменение величины  $\frac{P\alpha}{(\mu/\rho)}$  в функции выражается в виде

$$\frac{I_{\max}(t)}{I_{\max}(0)} = \frac{e^{-\lambda t} (\mu/\rho)_0}{(\mu/\rho)}, \quad (3)$$

где индекс нуль относится к начальному моменту существования источника, когда мёссбауэровское поглощение еще отсутствует. Зависимость (3) для различных активностей изображена на рис. 1. При расчетах было принято, что  $(\mu/\rho) = 45,5$  (случай, отвечающий соединению  $\text{CoSi}$ ).

2. Накопление  $\text{Fe}^{57}$  приводит также к уширению линии испускания за счет роста эффективной толщины источника. Зависимость  $\Gamma_s/\Gamma$  от времени для различных начальных активностей представлена на рис. 2. При расчете использовались результаты работы [3], причем предполагалось, что  $f_s = 0,8$  и  $\Gamma_s = \Gamma_B$  — начальный момент.

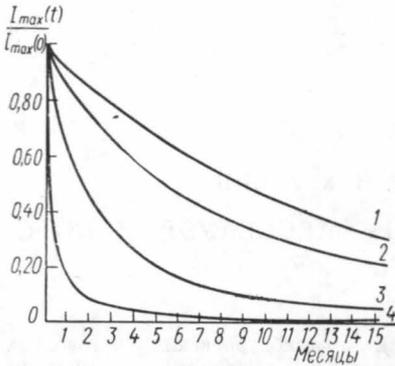


Рис. 1. Изменение со временем относительной интенсивности высокоактивного источника ( $I=0$ , 2—1, 3—7 и 4—75 кюри/см<sup>2</sup>)

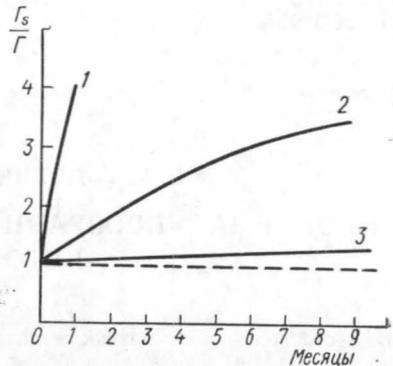
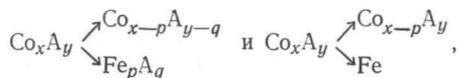


Рис. 2. Зависимость относительной ширины линии испускания высокоактивного источника от времени ( $I=100$ , 2—10 и 3—1 кюри/см<sup>2</sup>)

Из рис. 1 и 2 можно заключить, что проблема нейтрализации мёссбауэровского самопоглощения, или иначе проблема «прозрачности», является, видимо, центральной при создании источников  $\text{Co}^{57}$  с активностями выше  $\sim 1$  кюри/см<sup>2</sup>.

Одним из возможных вариантов решения проблемы «прозрачности» является использование некоторого химического различия кобальта и железа с тем, чтобы связать образующееся железо в виде фазы, в которой мёссбауэровское поглощение сильно ослаблено за счет широкого расщепления внутренних компонентов или сдвига

по энергии одиночной линии поглощения от одиночной линии испускания основной радиоактивной фазы. Стимулировать образование железосодержащей фазы можно, по-видимому, соответствующей термообработкой или иными физическими воздействиями. Для источника состава  $Co_xA_y$  следует ожидать два варианта выделения этой фазы



где  $p$  — доля уменьшения содержания  $Co^{57}$  при распаде,  $q$  — доля изменения содержания компонента  $A$ .

Первый вариант может привести как к одиночной, так и к расщепленной линии поглощения, второй — только к расщепленной.

Радиоактивная часть матрицы должна оставаться гомогенной при распаде, чтобы не произошло уширения или расщепления линии испускания, что накладывает определенные ограничения на выбор начального состава источника.

Желательно, чтобы железо обладало низкой растворимостью в матрице источника, что будет способствовать расслоению ее на фазы.

Из числа исследованных нами матриц наиболее перспективной в смысле реализации проблемы «прозрачности» представляется  $CoFe$  ( $\Gamma_s = 2,5 \pm 0,2$  Г,  $f_{293^\circ K} = 0,84 \pm 0,05$ ,  $f_{77^\circ K} = 0,90 \pm 0,05$ ). Отсутствие интерметаллического соединения  $FeCo$  служит косвенным указанием на низкую растворимость  $Fe$  в  $Co$ . Для  $CoFe$  в принципе возможны оба варианта выделения железосодержащей фазы с широким расщеплением внутренних компонентов линии поглощения. Рассматривать эти варианты следует с учетом того, что интервал гомогенности интерметаллического соединения  $CoFe$  составляет  $\sim 1-2\%$ .

Непосредственное изучение процессов фазовых превращений при радиоактивном распаде высокоактивных мёсбауэровских источников могло бы составить предмет нового метода исследования по физике металлов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Годовиков С. К., Кузьмин Р. Н. «Приборы и техника эксперимента», № 3, 261, 1970.
2. Годовиков С. К., Кузьмин Р. Н. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астрон., 11, 220, 1971.
3. Margulies S., Ehrman J. R. «Nucl. Inst. Meth.», 12, 131, 1961.

Поступила в редакцию  
25.5 1972 г.

Кафедра  
физики твердого тела