

УДК 534.29;539.122

МОНОХРОМАТИЗАЦИЯ МЁССБАУЭРОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОГЕРЕНТНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ И ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА

Л. А. КОЧАРЯН, А. Ш. ГРИГОРЯН, К. Г. ГАЛОЯН, Э. М. АРУТЮНЯН

Институт прикладных проблем физики АН АрмССР

Исследовано влияние ультразвука и температурного градиента на интенсивность дифрагированного в монокристалле кварца мёссбауэровского излучения. Показано, что с помощью таких воздействий можно из прямого пучка выделить мёссбауэровское излучение определенной энергии и управлять его параметрами в пространстве.

После открытия эффекта резонансного поглощения гамма-квантов ядрами без отдачи в ряде работ [1—3] рассмотрены вопросы модуляции мёссбауэровского излучения акустическими колебаниями в средах, содержащих мёссбауэровские ядра.

В настоящей работе по аналогии с дифракцией рентгеновского излучения при наличии внешних возбуждений [4, 5] исследованы вопросы рассеяния мёссбауэровских гамма-квантов в кристаллах, не содержащих мёссбауэровских ядер, их выделение из прямого пучка и регулирование в пространстве. Это позволяет регистрировать гамма-резонансную линию без фона, что особенно важно, когда в качестве мёссбауэровского источника излучения используется синхротронное излучение [6].

Геометрия эксперимента по рассеянию мёссбауэровского излучения на монокристаллах кварца под воздействием ультразвуковых колебаний представлена на рис. 1. Коллимированный пучок гамма-квантов, получаемый от распада Co^{57} , падал на монокристалл кварца в геометрии Лауэ с толщиной $t = 0,6$ мм под углом Брэгга θ_B . Излучение отражалось от выбранного семейства плоскостей и регистрировалось детектирующим устройством. Поворотом кварца снималась интенсивность I_n дифрагированного пучка в зависимости от отклонения от угла Брэгга $\Delta\theta$. В дальнейшем в кварце возбуждались продольные ультразвуковые (УЗ) колебания с длиной волны $\lambda = 2t$ в режиме самогенерации и измерялись угловые зависимости интенсивности дифрагированного пучка для разных значений напряжения U на преобразователе. Результаты измерений приведены на рис. 1. Как следует из рисунка, по мере увеличения U происходит увеличение интенсивности дифрагированного излучения без изменения его формы и углового распределения. В частности, при $U = 80$ В имеем $I_n(\text{УЗ})/I_n(0) = 8$.

Для количественного объяснения полученных результатов рассмотрим уравнения Такаги [7], описывающие процесс рассеяния коротковолнового электромагнитного излучения в двухволновом приближении. Когда в кристалле вдоль толщины t возбуждаются стоячие ультразвуковые волны

$$U_x = A_0 \sin \frac{\pi}{t} z \sin \Omega \tau, \quad U_y = U_z = 0,$$

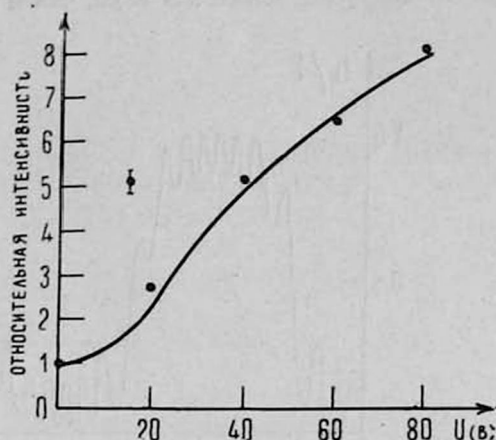
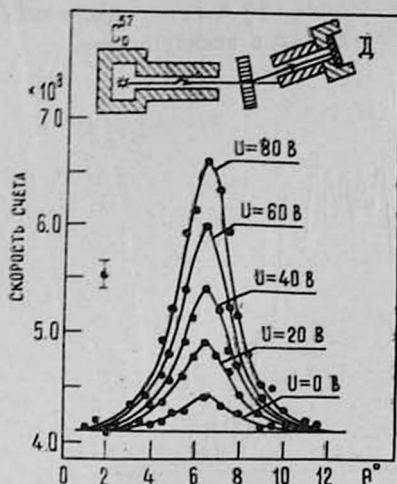


Рис. 1. Геометрия эксперимента. Угловая зависимость скорости счета дифрагированных в монокристалле кварца гамма-квантов с энергией 14,4 кэВ.

Рис. 2. Зависимость относительной интенсивности дифрагированных гамма-квантов от напряжения U на преобразователе.

то уравнения Такаги принимают вид

$$\frac{dD_0}{dz} = i \frac{\pi}{\Lambda} D_h, \quad D_0(0) = 1, \quad (1)$$

$$\frac{dD_h}{dz} = i \frac{\pi}{\Lambda} D_0 + 2\pi \frac{i}{\Lambda} \left(\eta - \alpha \cos \frac{\pi}{t} z \sin \Omega \tau \right) D_h, \quad D_h(0) = 0,$$

где D_0 , D_h — компоненты электрического поля γ -излучения внутри кристалла в направлениях 0 и h , Λ — длина экстинкции, χ_h — фурье-компонента поляризуемости, λ — длина волны электромагнитного излучения, C — фактор поляризации,

$$\eta = \Delta \theta \sin \theta_B / C |\chi_h|, \quad \alpha = \frac{2\pi\Lambda}{\lambda d} A_0,$$

$\Delta \theta$ — отклонение от угла Брэгга θ_B , A_0 — амплитуда УЗ колебаний, d — межплоскостное расстояние.

В систему уравнений (1) время τ входит в качестве параметра, по которому необходимо усреднить конечный результат.

На рис. 2 приведена усредненная по разбросу $\Delta \theta$ относительная интенсивность дифрагированного гамма-излучения I_h ($I_h \sim D_h^2$) в зависимости от напряжения U (сплошная кривая — теория, точки — эксперимент). Как видим, имеется хорошее согласие теории с экспериментом.

Условие, накладываемое на длину волны УЗ, при котором имеет место максимальное воздействие на явление дифракции γ -квантов, легко найти из зависимости I_h/I (I — интенсивность падающего γ -излучения) от толщины

кристалла t (рис. 3). Из рисунка следует, что наибольший рост I_h в зависимости от A_0 может быть достигнут при условии, что в кристалле помещается полуцелое число УЗ волн, что и наблюдается в эксперименте.

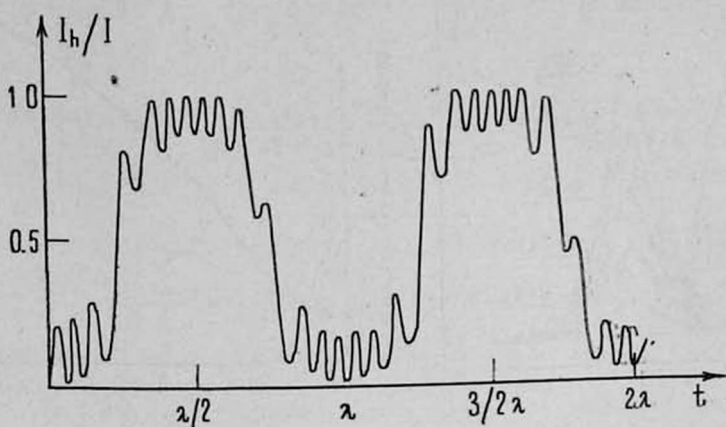


Рис. 3. Зависимость относительной интенсивности дифрагированных гамма-квантов от толщины монокристалла кварца.

Аналогичные результаты получаются в случае, когда к кварцу приложено температурный градиент, т. е. интенсивность дифрагированного мёсбауэровского излучения увеличивается по мере роста величины температурного градиента.

Авторы выражают искреннюю благодарность А. Р. Мкртчяну за постановку задачи и полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ruby S. L., Bolef D. I. Phys. Rev. Lett., 5, 5 (1960).
2. Mishory J., Bolef D. I. In „Mössbauer Effect Methodology“. Ed. I. J. Gruverman. Plenum Press, New York, v. 4, p. 13, 1968.
3. Мкртчян А. Р. и др. Письма в ЖЭТФ, 26, 599 (1977).
4. Мкртчян А. Р., Навасардян М. А., Мирзоян В. К. Письма в ЖТФ, 8, 677 (1982).
5. Мкртчян А. Р. и др. Письма в ЖТФ, 9, 1181 (1983).
6. Chechin A. I. et al. Intern. Conf. on the Applications of Mossbauer Effect, Alma-Ata, U-III, 1983.
7. Takagi S. Acta Cryst., 15, 1211 (1962).

ՄՅՈՍԲԱՈՒԵՐՅԱՆ ՀԱՌԱԳԱՅՅՓՄԱՆ ՄՈՆՈՔՐՈՄԱՏԱՑՈՒՄԸ ԿՈՇԵՐԵՆՏ ԳԵՐՁԱՅՆԱՅԻՆ ՏՆՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ԵՎ ՋԵՐՄԱՍՏԻՀԱՆԱՅԻՆ ԳՐԱԴԻԵՆՏԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

Լ. Ա. ՔՈՉԱՐՅԱՆ, Ա. Շ. ԳՐԻԳՐՅԱՆ, Կ. Գ. ԳԱԼՈՅԱՆ, Է. Մ. ՀԱՐԱՒՅՈՒՆՅԱՆ

Փորձականորեն դիտված է կվարցի միաբյուրեղում դիֆրակցված մյուսբաուերյան ճառագայթման ինտենսիվության մեծացում գերձայնային զրգուման կամ ջերմաստիճանային գրադիենտի ազդեցությամբ, որը ներկայացնում է տեսական և գործնական մեծ հետաքրքրություն:

THE MONOCHROMATIZATION OF MÖSSBAUER RADIATION BY COHERENT ULTRASONIC OSCILLATIONS AND THE TEMPERATURE GRADIENT

L. A. KOCHARYAN, A. SH. GRIGORYAN, K. G. GALOYAN, E. M. HARUTYUNYAN

The intensity of Mössbauer radiation diffracted in a quartz single crystal is experimentally observed to increase in the presence of ultrasonic excitation and the temperature gradient, that is of considerable scientific and practical interest.