

Наблюдение эффекта Тальбота для ультразвуковых волн

А. Н. Морозов, М. П. Крикунова, Б. Г. Скуйбин, Е. В. Смирнов¹⁾

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 105005 Москва, Россия

Поступила в редакцию 19 мая 2017 г.

Исследована дифракция ультразвукового излучения на амплитудной дифракционной решетке в ближней зоне (дифракция Френеля). Впервые обнаружен эффект самоизображения решетки (эффект Тальбота) для ультразвукового излучения на расстояниях от решетки в диапазоне от $z = 0$ до $z = 2L_T$, где L_T – длина Тальбота. Наблюдался дробный эффект Тальбота – ультразвуковое изображение решетки с периодом $d/2$.

DOI: 10.7868/S0370274X17130057

В последнее время дифракция Френеля на периодических структурах вызывает большой интерес исследователей. В первую очередь это относится к явлению самоизображения периодической структуры когерентных источников – эффекту Тальбота [1–3], которое изучалось для различного типа волн – для видимого диапазона [4–8], ультрафиолетового излучения [9, 10], рентгеновских лучей [11–13], волн материи де Бройля [14–17], плазмонов [18–20], а также волн в волноводах [21, 22]. В настоящее время указанное явление широко используют в научных исследованиях и разнообразных технических приложениях [23–25].

Эффект Тальбота заключается в том, что на определенном расстоянии от периодической системы когерентных источников волн (в нашем случае – от щелей дифракционной решетки) без каких-либо преломляющих или отражающих устройств на экране возникает изображение решетки. Расстояние z за решеткой, на котором в результате интерференции волн, идущих от разных щелей, создается это изображение, называется длиной Тальбота L_T . Кроме того, изображение решетки появляется на расстояниях, кратных длине Тальбота, т.е. на $z = 2L_T, 3L_T, 4L_T$ и т.д.

Объяснивший данное явление Релей [2] показал, что длина Тальбота связана с периодом дифракционной решетки d и длиной волны λ соотношением $L_T = 2d^2/\lambda$. Кроме того, он открыл удивительную по красоте интерференционную картину, получившую название ковра Тальбота [2, 13, 22–25]. Из вида этой картины следует, что дифракционная решетка с периодом d может также создавать изображения решетки с дробным периодом d/m , где m – целое число

(дробный эффект Тальбота). Наряду с целочисленным эффектом Тальбота, дробный эффект также наблюдался экспериментально, в частности, для оптического излучения [26, 27] и волн де Бройля атомов гелия [14, 28].

В силу общности волновых явлений различной природы естественно ожидать, что отмеченные выше эффекты дифракции в ближней зоне могут наблюдаться и для ультразвуковых волн.

Целью данной работы является экспериментальное обнаружение и исследование эффекта Тальбота в ультразвуковом диапазоне.

Схема экспериментальной установки для наблюдения дифракции ультразвуковых волн на дифракционной решетке представлена на рис. 1. Ультразвуковое излучение частотой $f = 40$ кГц

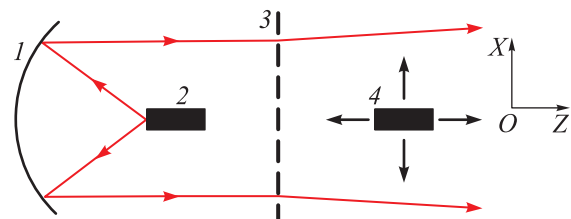


Рис. 1. (Цветной онлайн) Схема экспериментальной установки: 1 – сферическое зеркало, 2 – излучатель, 3 – дифракционная решетка, 4 – приемник дифрагировавшего излучения

($\lambda = 8.3$ мм) от излучателя 2, расположенного в фокусе сферического зеркала 1, отражается от него и попадает на дифракционную решетку 3. Дифрагировавшее излучение регистрировалось ультразвуковым приемником 4, расположенным за решеткой. Приемник можно перемещать в горизонтальном направлении X , перпендикулярном оптической оси Z системы. Перемещение приемника

¹⁾e-mail: seva09@rambler.ru