

МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

534[.143+.321.9] (53.05)

МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ ДЛЯ ЛЕКЦИОННЫХ
ДЕМОНСТРАЦИЙ ПО УЛЬТРААКУСТИКЕ

В лекционных демонстрациях для получения ультразвука частотой порядка нескольких мегагерц в настоящее время используются только пьезоэлектрические излучатели. Однако вибраторы этих излучателей (пластинки из кварца или пьезокерамики) сравнительно труднодоступны, а сами излучатели^{1,2} довольно сложны в изготовлении. В заметке предлагаются конструктивно весьма простые магнитострикционные излучатели, обеспечивающие получение ультразвука частотой от 1 до 15 Мгц и интенсивностью, достаточной для постановки практически всех известных учебных опытов с ультразвуком этого диапазона частот. Отличительной особенностью описанных ниже излучателей является то, что в них используются колебания вибраторов, происходящие в направлении, перпендикулярном к направлению изменения напряженности возбуждающего эти колебания переменного магнитного поля. В качестве вибраторов излучателей используются широко распространенные

(их можно приобрести в любом радиомагазине) ферритовые стержни марки М400 НН. Электронный генератор, к выходу которого подключаются обмотки возбуждения магнитострикционных излучателей *МИ* (рис. 1), собран по двухтактной схеме с емкостной обратной связью на двух лампах 6П3С, включенных триодами. Высокочастотный дроссель *Др₁* состоит из шести — десяти

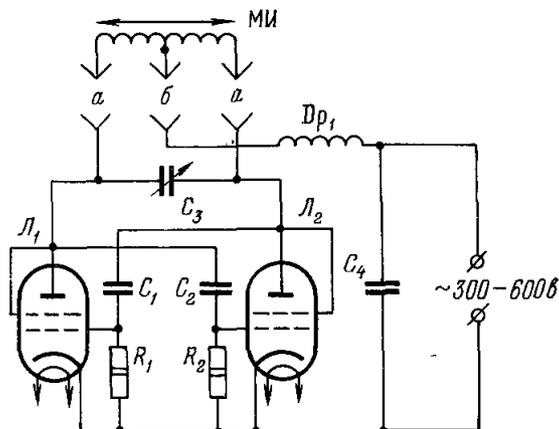


Рис. 1.

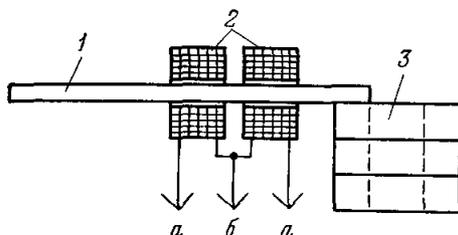


Рис. 2.

форматора при соответствующем соединении обмоток (например, по автотрансформаторной схеме) может быть использован силовой трансформатор практически от любого промышленного радиоприемника.

Магнитострикционный излучатель для получения ультразвука частотой порядка 1 Мгц состоит из ферритового вибратора 1, обмотки возбуждения 2 и подмагничиваю-

щих обмоток (рис. 2). Питание генератора осуществляется переменным током от повышающего трансформатора мощностью 40—70 Вт, дающего напряжения 6,3, 300, 400 и 600 В (наличие последнего напряжения не обязательно). В качестве такого трансформатора при соответствующем соединении обмоток (например, по автотрансформаторной схеме) может быть использован силовой трансформатор практически от любого промышленного радиоприемника.

дних вибратор магнитов 3 (рис. 2). В качестве вибратора использован плоский ферритовый стержень марки М 400 НН размером $3 \times 20 \times 100$ мм³. Вибратор совершает колебания по своей толщине так, что при возбуждении на основной собственной частоте между излучающими плоскостями вибратора укладывается половина длины волны (3 мм) ультразвука в феррите. Закреплять вибратор в каркасе обмотки возбуждения не следует. Обмотка возбуждения излучателя содержит две секции по 23—27 витков

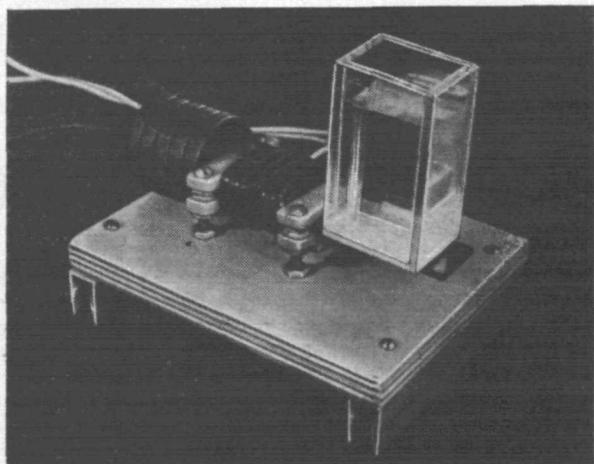


Рис. 3.

в каждой, намотанные проводом ПЭЛ 0,8—1,0. Секции намотаны в одну сторону и разделены тонкой текстолитовой перегородкой. Для подмагничивания вибратора использована стопа из трех — шести кольцевых керамических магнитов диаметром 35 мм и толщиной 7 мм. Магниты должны касаться вибратора. Общий вид подготовленного к работе магнитострикционного излучателя с помещенной на нем кюветой изображен на рис. 3.

Для проверки излучателя следует, предварительно протерев вибратор спиртом, вставить его внутрь каркаса обмотки возбуждения и привести подмагничивающие вибратор магниты в соприкосновение с его торцом или нижней излучающей плоскостью. На выступающую из каркаса обмотки возбуждения часть верхней излучающей плоскости наносят каплю технического вазелина или иного масла, и настраивают генератор в резонанс с вибратором. При этом о нормальной работе излучателя свидетельствует характерное «вспучивание» масла на поверхности вибратора.

Для получения ультразвука частотой выше 1 Мгц необходимо собирать излучатели по симметричной схеме, изображенной на рис. 4: ферритовый вибратор 1 излучателя помещен внутри секций обмотки возбуждения 2 и подмагничен с торцов постоянными магнитами 3. Вибраторы симметричных излучателей можно изготовить из плоского ферритового стержня марки М 400 НН шлифовкой его абразивом. Эта несложная операция позволяет получить пластинки феррита толщиной по крайней мере до 0,2 мм. Площадь вибраторов особого значения не имеет и определяется требованиями, предъявляемыми к магнитострикционному излучателю. Вибраторы в каркасах секций обмотки возбуждения должны быть расположены совершенно свободно. Для подмагничивания вибраторов удобно использовать кольцевые керамические магниты из школьного набора, содержащего такие магниты диаметрами 10, 15, 20, 25 и 35 мм и толщиной 5 и 7 мм. Магниты должны быть расположены так, чтобы векторы напряженности их поля были направлены в одну сторону параллельно излучающей плоскости вибратора. Иное расположение магнитов относительно вибратора возможно, но не всегда приводит к лучшим результатам. Обмотка возбуждения излучателя состоит из двух одинаковых секций, намотанных в одну сторону. Число витков обмотки возбуждения и оптимальное значение напряженности поляризирующего вибратор магнитного поля нетрудно подобрать экспериментально, принимая во внимание следующее: чем выше резонансная частота излучателя (меньше размеры вибратора), тем слабее должно быть подмагничивающее вибратор поле и, очевидно, меньшее число витков должна содержать обмотка возбуждения. Следует иметь в виду, что вибраторы предлагаемых магнитострикционных излучателей лучше возбуждать на их основной собственной частоте; возбуждение ферритового вибратора на гармониках выше третьей вообще нецелесообразно: вибратор сильно нагревается, в силу чего излучатель работает не стабильно (наблюдается уход резонансной частоты и возникает необходимость постоянной подстройки генератора).

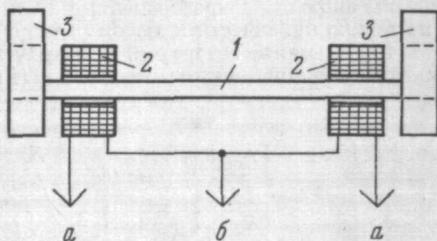


Рис. 4.

В качестве примера кратко укажем основные данные симметричного магнитострикционного излучателя, предназначенного для получения в жидкости ультразвука частотой порядка 8 Мгц. Этот излучатель собран на винилпластовом каркасе и состоит из ферритового вибратора размером $0,4 \times 15 \times 20$ мм³, обмотки возбуждения, имеющей две секции по 3—4 витка провода ПЭЛ 0,6, и двух подмагничивающих вибратор магнитов диаметром 10 мм и толщиной 5 мм.

Предлагаемые магнитострикционные излучатели позволяют поставить все те опыты, которые обычно ставятся с пьезоэлектрическими излучателями, например, продемонстрировать стоячую ультразвуковую волну в жидкости, отражение, преломление, интерференцию и дифракцию ультразвуковых волн, радиационное давление, ультразвуковой фонтан, дифракцию света на ультразвуковой волне, химическое действие ультразвука, коагуляцию гидрозолей и т. д.

В заключение следует отметить как несомненные преимущества описанных в заметке магнитострикционных излучателей перед пьезоэлектрическими (простоту конструкции, возможность изготовления вибраторов с нужными параметрами из широко распространенных ферритовых стержней и т. д.), так и их существенные недостатки (трудность возбуждения магнитострикционных вибраторов на гармониках столь же высокого порядка, на которых можно возбудить, например, кварцевые вибраторы, и значительный, по сравнению с пьезоэлектрическими, нагрев вибраторов). Впрочем, как указано выше, эти недостатки не могут препятствовать самому широкому использованию магнитострикционных излучателей, по крайней мере в учебных целях.

Авторы выражают благодарность Р.-Э. Е. Шафиру, оказавшему существенную помощь при изготовлении ряда предложенных в заметке излучателей.

Педагогический институт
г. Глазова, УАССР

В. В. Майер, В. Э.-Г. Хохловкин

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Я. С. Максимов, УФН 50, 433 (1953).
2. В. И. Краснюк, сборник «Применение ультраакустики к исследованию вещества», вып. 19, М., МОПИ, 1964.