

10^{-3} — 10^{-2} , однако она достигается в магн. полях, состоящих из десятков и сотен кА/м. Введение компонентов, компенсирующих кристаллографич. анизотропию, и создание текстуры позволяют увеличить крутизну магнитоэлектрич. кривой и соответственно повысить динамич. характеристики материалов этого типа: у лучших составов величина K достигает 0,80 при $H_0 \approx 10$ кА/м. Получают образцы сплавов на основе редкоземельных элементов методом вытягивания из расплава или методами порошковой металлургии.

Ферритовые М. м. К ним относятся ферриты со структурой шпинели — феррит никеля и твёрдые растворы на его основе (включающие ферриты кобальта, цинка, меди и др. добавки) — и со структурой граната — в основном феррит-гранат иттрия (ИФГ). Ферриты-шпинели упрочняют в виде поликристаллич. керамики, к-рая изготавливается из окислов (реже солей) металлов по керамич. технологии, в форме монолитных сердечников; ферриты-гранаты выращивают из расплава в виде монокристаллов.

Ферритовые М. м. практически не обладают потерями на вихревые токи и соответственно могут использоваться до весьма высоких частот. Для электроакустич. преобразователей применяют ферриты-шпинели на основе феррита никеля, к-рые обладают достаточно хорошими константами преобразования, высокой механ. добротностью, коррозионной стойкостью. Однако относительно малая механ. прочность и низкие значения λ_s этих М. м. ограничивают предельную амплитуду излучателей звука из ферритов. Для использования в электроакустич. фильтрах, резонаторах путём модификации хим. состава созданы образцы керамич. ферритов с добротностью св. 5000 и весьма малыми температурными коэф. резонансной частоты сердечников. Они применяются на частотах от 10^4 до 10^6 Гц. В диапазоне 10^7 — 10^9 Гц для устройств акустоэлектроники используются монокристаллич. ферриты-гранаты на основе редкоземельных элементов, обладающие малыми магн. потерями и высокой механ. добротностью. Наиб. распространение среди них получил феррит-гранат иттрия, у к-рого $Q \approx 10^7$ на частоте 10 МГц, $\text{tg} \delta \approx 0,03$ на частоте 20 МГц, а $T_c = 640^\circ\text{C}$. Кристаллы ИФГ используются для линий задержки, в т. ч. с усилением сигналов на основе использования нелинейных эффектов и с взаимодействием акустич. и спиновых волн (см. *Магнитоупругие волны*).

Лит.: Попилев Л. Я., Справочник по электрическому и ультразвуковому методам обработки материалов, 2 изд., Л., 1971; Штраусс В., Магнитоупругие свойства иттриевого феррита-граната, в кн.: Физическая акустика, под ред. У. Мэсона, пер. с англ., т. 4, ч. В, С, М., 1970; Сыркин Л. Н., Пьезомагнитная керамика, 2 изд., Л., 1980; Savage H. T. и др., Permeability, magnetoelastic coupling and magnetostriction in grain-oriented rare earth — iron alloys, «J. Appl. Phys.», 1979, в. 50, № 3, p. 1674; Ленк А., Электроакустические системы, пер. с нем., М., 1982. *И. П. Голямина.*

МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ — электроакустич. или электроакустический преобразователь, действие к-рого основано на эффекте магнитоэлектрики. В М. п. используется, как правило, линейная магнитоэлектрика ферро- или ферромагнети-

ков в области техн. намагничивания (см. *Ферромагнетизм, Ферромагнетизм*).

М. п. представляет собой сердечник из магнитоэлектричных материалов с обмоткой. Протекающий по обмотке М. п. переменный ток от внеш. источника создаёт в сердечнике переменное магн. поле (намагниченность), к-рое вызывает его механ. колебания. И наоборот, колебания сердечника М. п. под действием внеш. переменной силы преобразуются в переменную намагниченность, наводящую в обмотке переменную эдс. Электрич. импеданс обмотки М. п. в областях частот, лежащих вблизи собств. частот колебаний сердечника, в значит. степени определяется механ. параметрами сердечника, рассматриваемого как колебат. система. В соответствии с этими свойствами М. п. используются в УЗ-технике, гидроакустике, акустоэлектронике и ряде др. областей техники в качестве излучателей и приёмников звука, разнообразных датчиков колебаний, фильтров, резонаторов, стабилизаторов частоты и др.

Материалом для сердечников М. п. — излучателей и приёмников звука — в гидроакустике и УЗ-технике служат металлич. магнитоэлектрич. материалы: никель и его сплавы, железокобальтовые и железоалюминиевые сплавы и керамич. магнитоэлектрич. материалы на основе феррита никеля. Работают такие М. п. на частотах от неск. сотен Гц до десятков кГц; частотный диапазон ограничивается сверху у металлич. материалов потерями на вихревые токи, а также необходимостью создания сердечников с замкнутым магн. потоком для уменьшения потерь из-за расстояния. Для фильтров, резонаторов и др. устройств акустоэлектроники применяют, как правило, лишь ферритовые материалы ввиду их высокой механ. добротности и (у нек-рых составов) температурной стабильности свойств. В диапазоне десятков и сотен кГц в акустоэлектронике используются ферриты-шпинели в керамич. модификации на основе никелевого феррита, на частотах до сотен МГц — кристаллич. ферриты-гранаты на основе редкоземельных элементов.

В большинстве случаев М. п. работают при наличии постоянной составляющей магн. поля H_0 (магн. индукции B_0) с целью линеаризации эффекта магнитоэлектрики: при этом колебания сердечника в режиме излучения происходят с частотой возбуждающего поля, а в режиме приёма эдс в обмотке имеет частоту внеш. звукового давления. Пост. подмагничивание создаётся либо протекающим по обмотке пост. током, либо с помощью пост. магнитов, либо за счёт остаточной намагниченности. В излучателях звука величину H_0 выбирают так, чтобы получить макс. эффект преобразования энергии или достичь предельной излучаемой мощности (в последнем случае $B_0 \approx B_s/2$, где B_s — индукция насыщения). В приёмниках достаточной бывает остаточная намагниченность, при к-рой чувствительность ближе к макс. значению. В устройствах акустоэлектроники — фильтрах, стабилизаторах, линиях задержки — пост. поле используют иногда и для управления их характеристиками — коэф. передачи, величиной потерь, ра-

Основные характеристики магнитоэлектрических материалов

Материал, его марка	Хим. состав	d , 10^{-8} Кл/м ²	e , м/с	μ	K	a , 10^7 Н/мТ	$H_{\text{Ферр}}$, 10^6 А/м	λ_s , 10^{-6}	ρ , 10^{-3} Ом·см	H_c , 10^2 А/м	Q	$\delta_{\text{Ферр}}$, 10^5 Н/м ²	T_c , $^\circ\text{C}$
Никель, НН2Т . . .	Ni > 98%	8,9	4900	35	0,25—0,30	2,3	10—20	—37	0,7	1,7	700	1000	360
Пермендиор, 49НФ	Co 49%, V2%, ост. Fe	8,2	5200	200	0,50	2,2	4—6	+70	3,4	1,4	600	1100	980
Альфери, 12Ю 14Ю	Al 12—14%, ост. Fe	6,7	4800—5000	30—100	0,25—0,30	0,85—1,15	3—7	+40	16	0,12—0,30	400	—	500—600
Феррит, 21СНА	NiOFe ₂ O ₄ + +глазурь	5,2	5900	20	0,25	2,8	15—20	—26	10^7	2—4	2000	200—250	590
Ферриты Виб-рокс	NiOFe ₂ O ₄ + +Cu, Co	5,1	5600	20	0,27	2,0	10—17	—30	10^7	—	2000	150	530