

Академик Л. В. КИРЕНСКИЙ, Н. М. САЛАНСКИЙ, В. И. ЛИТВИНЧУК

МАГНИТОСТРИКЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОНА НА ТОНКОЙ МАГНИТНОЙ ПЛЕНКЕ

Исследование тонких магнитных пленок (т.м.п.) в параметрической системе возбуждения позволяет получать информацию как о самой магнитной пленке, структуре и динамике намагниченности в ней, так и о системе, состоящей из пленки + подложка. Первые результаты по исследованию механической устойчивости параметрической системы, использующей

т.м.п., нанесенную на немагнитную подложку в качестве нелинейного элемента, приведены в работе (1). В ней обнаружено, что при определенных энергетических режимах работы параметрона в системе пленка + подложка появляется магнитострикционная неустойчивость, вызывающая нестабильные скачки амплитуды параметрических колебаний. При превышении энергетических порогов эти скачки переходили в низкочастотную амплитудную модуляцию параметрических колебаний с частотой порядка 10^4 гц, которая возрастала при уменьшении диаметра подложки. Наблюдаемый эффект связывался с магнитоупругим взаимодействием пленки с подложкой, которое приводило к изгибным колебаниям подложки.

Ниже приведены дальнейшие эксперименты по исследованию нелинейных процессов в

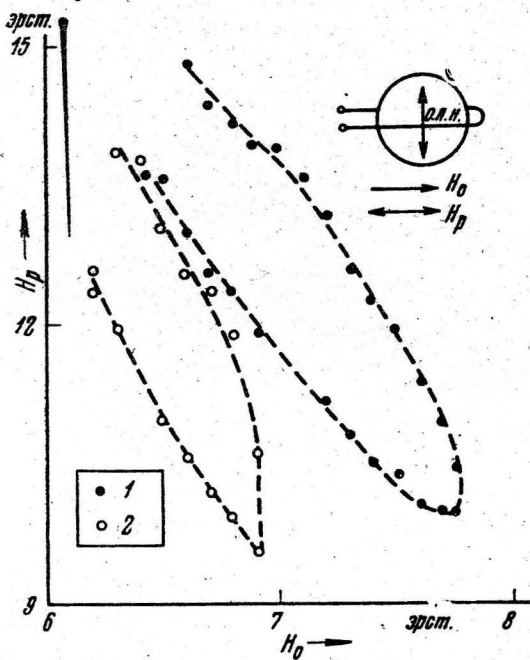


Рис. 1. Области существования магнитоупругого взаимодействия для пленки С27 (1) и С24 (2)

системе пленка + подложка при параметрическом возбуждении пленки.

Пленка с одноосной анизотропией, нанесенная на стеклянную подложку, помещалась внутри электромагнитной системы возбуждения — съема. Ось легкого намагничивания (о.л.н.) пленки могла вращаться по отношению к направлению подмагничивающего поля H_0 и высокочастотного поля накачки H_p . Частота поля накачки $f = 11$ Мгц; съемный резонансный контур был настроен на $f/2$. Величины полей H_0 и H_p соответствовали возбуждению в съемном контуре параметрических колебаний и колебаний намагниченности в пленке. При ортогональной ориентации (о.л.н. $\perp (H_p + H_0)$) преобладает в основном жесткий режим возбуждения параметрических колебаний. Именно при таком жестком режиме возбуждения и уровне мощности накачки выше некоторого критического значения в системе пленка — подложка появляется магнитоупругая неустойчивость, ко-

торая при дальнейшем увеличении поля проявляется как низкочастотная амплитудная модуляция параметрических колебаний.

На рис. 1 приведены области существования магнитоупругого взаимодействия при параметрическом возбуждении для типичных пленок (С27, С24); по постоянному полю области существования узкие — не более 0,5 эрст., по высокочастотному — $1 \div 2$ эрст., вытянутые, с наклоном, противоположным области существования параметрических колебаний. Об-

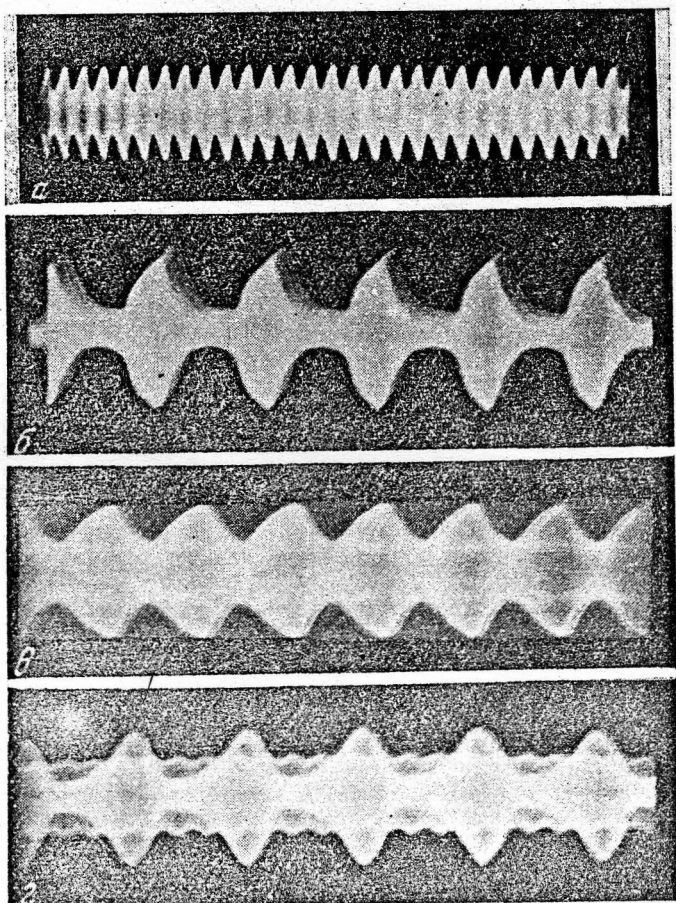


Рис. 2. Осциллограммы параметрических колебаний (пленка С27). а — $U_p = 40$ в, $H_0 = 6,9$ эрст., б — $U_p = 46$ в, $H_0 = 7,1$ эрст.; в — $U_p = 40$ в, $H_0 = 7$ эрст.; г — $U_p = 46$ в, $H_0 = 7,2$ эрст.

ласти существования магнитоупругого взаимодействия, снятые для пленок с различными значениями H_k и H_c , различны по своему расположению в интервалах полей: для пленки с меньшим значением H_k и H_c — сдвинуты в сторону меньших полей. Ориентация пленки внутри системы возбуждения — съема очень критична для существования в системе магнитоупругого взаимодействия. Смещение о.л.н. пленки от положения ортогональности по отношению к приложенным магнитным полям на $\pm(1 \div 2)^\circ$ срывает низкочастотную модуляцию, и она не возобновляется при изменении режима возбуждения. Эта ситуация может быть использована для управления процессом модуляции путем создания небольших дополнительных полей вдоль о.л.н. в тех случаях, когда необходимо изучать переходные процессы возбуждения и срыва колебаний. При значениях полей H_0 и H_p , соответствующих началу области существования магнитоупругого

взаимодействия, в системе возбуждаются упругие моды с $f = 10^5$ гц, при дальнейшем увеличении мощности высоких частот (в.ч.) или поля H_0 возбуждаются моды более низких частот и в центре области частота возбужденной моды равна 10^4 гц.

При использовании модели однородного вращения вектора намагниченности в т.м.п. систему пленка — подложка можно представить в виде

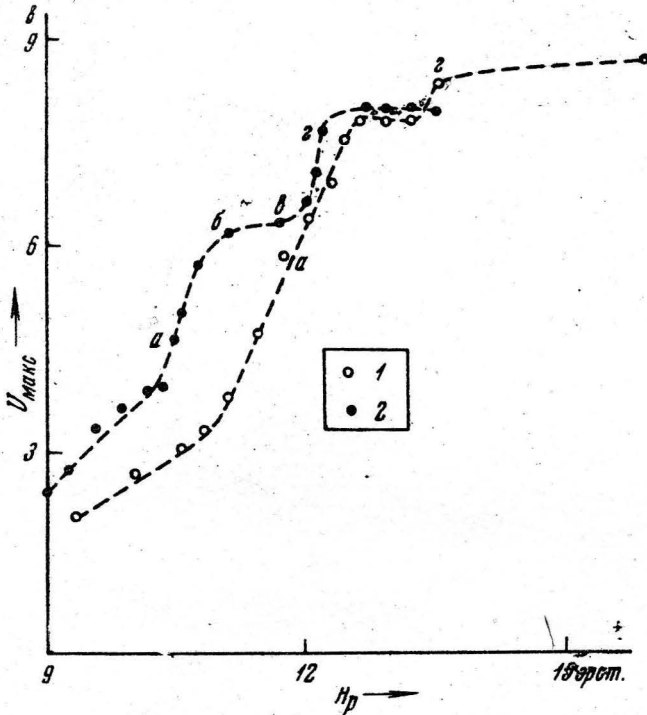


Рис. 3. Зависимость амплитуды параметрических колебаний от величины поля накачки H_p при фиксированном поле подмагничивания H_0 в период существования в системе магнитоупругого взаимодействия для пленки С27 при поле подмагничивания $H_0 = 7,0$ эрст. (1) и $H_0 = 7,3$ эрст. (2)

гой моды должна определяться в основном механическими характеристиками и линейными размерами подложки.

Наличие нескольких порогов, соответствующих различным частотам упругих мод, по-видимому, связано с особенностями перемагничивания пленок в зависимости от амплитуды поля.

Есть основания предполагать, что в некоторых режимах возбуждения магнитоупругого взаимодействия пленка находится не в однодоменном состоянии. Неоднородность структуры исследуемых пленок обуславливает не только дисперсию анизотропии (угловую и амплитудную), но и неоднородность коэффициента магнитострикции (2), а следовательно, неоднородность магнитоупругого параметра по поверхности пленки.

Тогда в период существования в системе магнитоупругого взаимодействия могут быть такие моменты, когда отдельные области не работают при значениях магнитных полей ниже порогового, что приводит к разной степени взаимодействия магнитной и упругой систем по области существования. Вообще установление в системе одной устойчивой моды идет путем переключений колебаний нескольких мод. Устанавливается тот тип колебаний подложки, для которого данное энергетическое состояние системы соответствует устойчивому. Измерение порогов возбуждения по высокочастотному полю отдельных упругих мод в системе дает отличие этих порогов на величину порядка 0,1 эрст. Последнее обстоятельство можно

двух независимых осцилляторов: пленка — магнитный, подложка — акустический. Частоты этих осцилляторов определяются свойствами своих систем — при возникновении магнитострикции и о ней неустойчивости установление колебаний намагниченности в пленке определяется добротностью магнитной моды; установление колебаний акустической системы определяется добротностью упругой моды. Низкочастотная амплитудная модуляция параметрических колебаний возникает в результате нелинейного взаимодействия магнитной и акустической систем, поэтому частота модуляции для данной возбужденной упру-

связать с наличием в пленке амплитудной дисперсии анизотропии по поверхности.

На рис. 2 приведены осциллограммы собственных модулированных параметрических колебаний, снятые при одной и той же длительности развертки осциллографа и одном усилении по вертикали. Из рис. 2а, б, в видно, как с ростом поля H_p изменяются частоты упругих возбужденных мод. На рис. 2г представлена осциллограмма модулированных параметрических колебаний двумя модами с различными частотами. Значения H_p и H_0 при этом соответствовали одной из пороговых величин, а уровень высокой частоты энергии в системе был еще недостаточен для возбуждения упругой моды меньшей частоты, поэтому небольшие паразитные изменения поля H_p приводили к периодическому существованию в системе этой моды, а на экране осциллографа — к наложению двух мод.

Пороговые характеристики (зависимость амплитуды параметрических колебаний от в.ч. поля накачки), снятые в различных участках области существования магнитоупругого взаимодействия, имеют одинаковый характер зависимости от поля H_p при фиксированном поле H_0 (рис. 3). До возникновения модуляции амплитуда параметрических колебаний растет с ростом в.ч. поля, затем наступает момент, когда увеличивается крутизна нарастания амплитуды, и при этом наблюдается резкое уменьшение напряжения на параметре контура. На участке а—б наблюдается скачок амплитуды параметрических колебаний с возникновением низкочастотной модуляции. В дальнейшем амплитуда увеличивается почти линейно с ростом в.ч. поля; перед срывом модуляции виден горизонтальный участок б—в по характеристике: сопротивление механической системы возрастает и энергия поглощается акустической системой, но колебания срываются; в момент срыва колебаний наблюдается небольшой скачок амплитуды параметрических колебаний, и дальнейший ее ход аналогичен амплитудной характеристике при перпендикулярном возбуждении (¹).

Для каждой возбужденной упругой моды глубина низкочастотной модуляции линейно изменяется при изменении H_0 (уровень в.ч. мощности при этом фиксирован), либо при изменении H_p в определенном интервале (величина H_0 фиксирована).

Выводы. 1. Обнаружено, что при определенных жестких режимах возбуждения параметрических колебаний одновременно возникает магнитоупругая неустойчивость в системе подложка — пленка.

2. Исследованы области существования магнитоупругого взаимодействия пленки с подложкой при параметрическом возбуждении пленки. Обнаружено несколько порогов внутри каждой области, которые соответствуют возникновению упругих мод различных частот.

3. Исследована зависимость степени взаимодействия магнитной и упругой систем от величины поля подмагничивания и высокочастотного поля накачки.

Институт физики
Сибирского отделения Академии наук СССР

Поступило
18 IX 1968

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. М. Саланский, И. П. Шанцев и др., Сборн. Аппаратура и методы исследования ТМЦ, Красноярск, 1968, стр. 316. ² К. А. Яковлева, Диссертация Иркутск, 1968.