

УДК 681.142.6:539.216.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУБГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ
 ТОНКИХ МАГНИТНЫХ ПЛЕНОК В ДВУХСТАБИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

А.П. Парсанов, Р.Д. Нураева, Г.М. Куприанова

Явление субгармонических колебаний (СГК) в тонких магнитных пленках (ТМП) заключается в том, что при приложении к ТМП однонаправленных постоянного H_0 и переменного H_1 (частоты f) магнитных полей возникает субгармонические колебания намагниченности второго и более высоких порядков [1]. Теоретическая возможность существования при определенных условиях субгармонических колебаний в ТМП показана путем решения уравнения Ландау-Лифшица-Гильберта [2].

Условия существования таких колебаний, их зависимости от геометрических и магнитных параметров пленок, от величины и направления приложенных полей, от частоты переменного поля и т.д. рассмотрены в работах [3,4].

Особенностью СГК второго порядка является существование двух равновероятных фаз колебаний, отличающихся на π радиан и зависящих от начальных условий. Наличие двух фаз СГК намагниченности создает возможность построения двухстабильного элемента ЦВМ.

Принципиальная схема элемента изображена на рис. 1. Выход-

ной резонансный контур, настроенный на частоту $f/2$; не является существенно необходимым для генерации СГК, а играет лишь роль фильтра, что существенно отличает рассматриваемый элемент от параметрона, в котором колебания возникают за счет модуляции реактивного параметра при выполнении условия:

$$\Gamma \geq \frac{1}{Q^2} + \delta^2, \quad (1)$$

где Γ - индекс модуляции реактивного параметра;

$\frac{1}{Q}$ - затухание в контуре;

δ - относительная расстройка выходного контура.

Для выбора оптимальной плечевой конструкции элемента было смоделировано и исследовано несколько его вариантов:

1 вариант - обмоточный и полосковый при $f = 6,4$ МГц со слабой связью ТМП с выходным контуром;

2 вариант - полосковый при $f = 64$ МГц со слабой связью ТМП с выходным контуром;

3 вариант - полосковый при $f = 80$ МГц со сильной связью ТМП с выходным контуром.

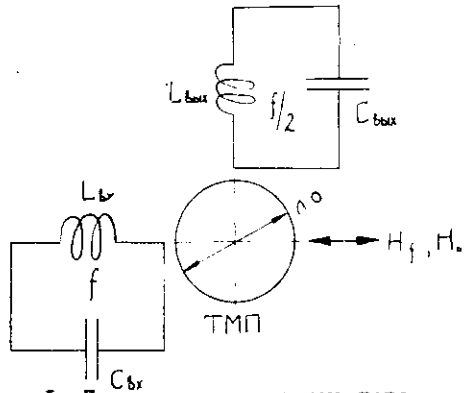


Рис. 1. Принципиальная схема параметрического элемента

с сильной связью ТМП с выходным контуром.

Индексы модуляции для первого и второго вариантов (Γ_1 и Γ_2) были примерно равны между собой и несколько меньше, чем для третьего варианта (Γ_3), то есть $\Gamma_1 \approx \Gamma_2 < \Gamma_3$. Важно отметить, что во всех трех вариантах условие (1) не выполнялось.

Блок-схема установки для исследования макетов элемента приведена на рис. 2. На этой установке снимались следующие характеристики: статический коэффициент усиления $K_{ст} = U_{вхл} / U_{упр}$ (где $U_{вхл}$ - величина генерируемой субгармоники второго порядка, $U_{упр}$ - минимальный управляющий сигнал, необходимый для задания фазы $U_{вхл}$ в квазистатическом режиме), динамический

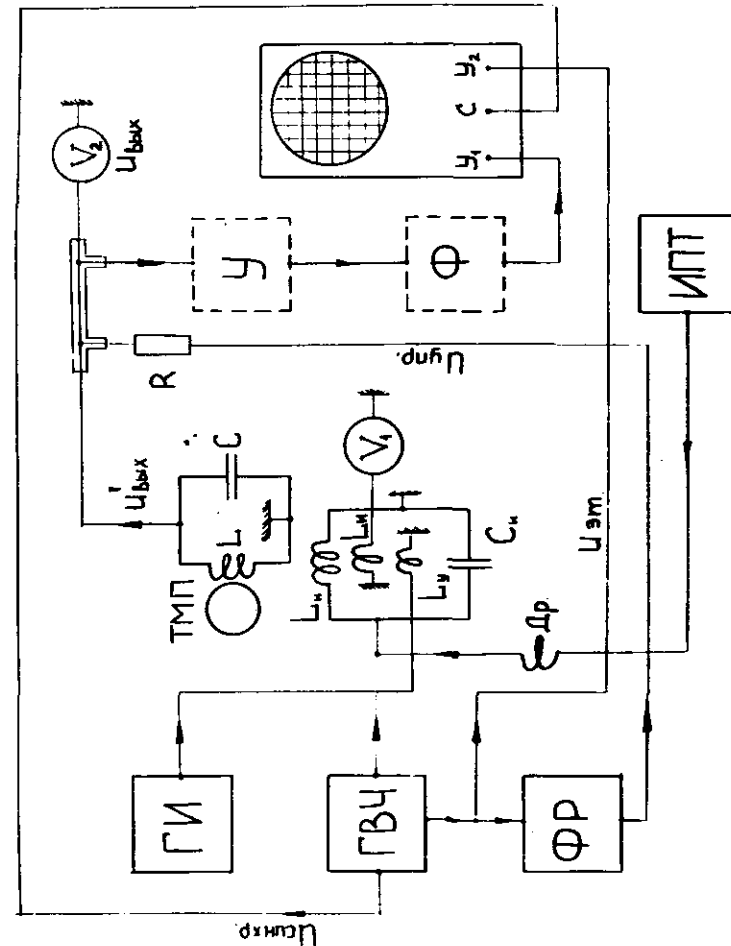


Рис. 2. Блок-схема установки для исследования макетов параметрического элемента: ГМ - генератор импульсов; ГВЧ - генератор высокой частоты; ФР - фазорегулятор; ИПТ - источник постоянного тока; У - усилитель; Ф - фильтр; V_1 - ВЧ вольтметр; V_2 - измерительный ВЧ вольтметр.

коэффициент усиления $K_{\text{длн}}$, нагрузочная характеристика $U_{\text{внх}} = f(R_n)$ (R_n - сопротивление нагрузки элемента), области существования СТК в зависимости от величин полей H_{\sim} и H_{\sim} .

Основные результаты исследований таковы. С увеличением частоты переменного поля для схем со слабой связью выходной сигнал $U_{\text{внх}}$ растет от сотен микровольт до нескольких десятков милливольт; $K_{\text{см}}$ увеличивается от единиц до нескольких десятков; колебания становятся более устойчивыми; значения же требуемых полей H_{\sim} и H_{\sim} увеличиваются на частотах 60-80 МГц в 2-3 раза, что является, конечно, отрицательным фактором.

Если сравнивать элементы со слабой и сильной связью, работающие на высоких частотах, то по величине выходного сигнала $U_{\text{внх}}$, достигающего 2-3 вольт, по коэффициенту управляемости $K_{\text{см}}$, достигающего 1000, очевидно преимущество второго элемента. Однако его недостатком является плохая нагрузочная характеристика: уже при $R_n \approx R_{\text{св}}$ колебания срываются ($R_{\text{св}}$ - эквивалентное сопротивление выходного контура при резонансе).

На основании полученных результатов в пленочном исполнении были опробованы элементы со слабой и сильной связью с частотой накачки около 64 МГц.

На рис.3,а приведена топология элемента со слабой связью. Элемент представляет собой магнитную пленку и связанный с ней резонансный контур LC , настроенный на частоту 32 ± 3 МГц. Для возбуждения колебаний элемент помещается в некоторый объем, в котором созданы необходимые поля H_{\sim} и H_{\sim} . Вся конструкция выполняется путем последовательного напыления в вакууме на одну сторону стеклянной подложки размером $20 \times 20 \times 0,3$ мм³ пермаллоевой пленки ϕ 5 мм толщиной 1500-2000 Å, медного витка шириной 1,5 мм и толщиной порядка 10 мк и конденсатора, состоящего из алюминиевых обкладок толщиной 3-5 мк, и диэлектрика из монооксида кремния толщиной порядка 0,7 мк. При выбранной конфигурации витка его индуктивность $L \approx 3 \cdot 10^{-8}$ гн, поэтому конденсатор изготавливался емкостью около 1000 пф, чтобы обеспечить заданную резонансную частоту контура $f_{\text{рез}} = f/2 = 32$ МГц. Напыленные контуры имели добротность 10-17. Для защиты от атмосферных и механических воздействий элементы покрывались по всей плоскости эмалью ЭВ-1-20 (50:1) и лаком В1-20. Изготовлен-

ные параметрические элементы имели $U_{\text{внх}}$ до 80 мВ, $K_{\text{см}}$ до 30, $K_{\text{длн}} = 3-5$ и устойчиво генерировали субгармонику при $R_n \approx 0,1 R_{\text{св}}$.

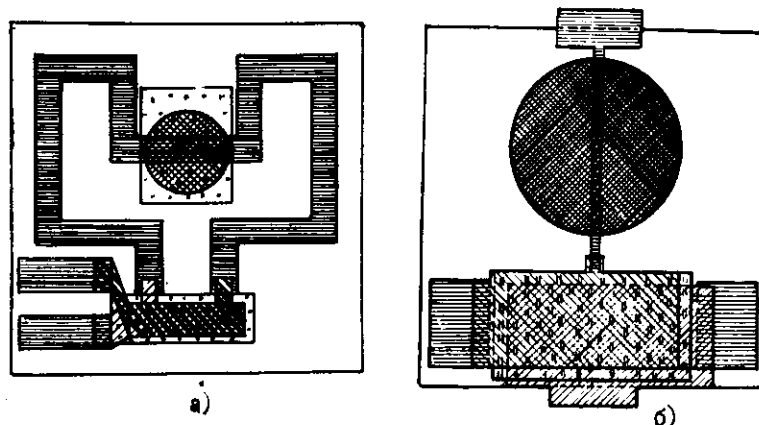


Рис. 3. Топология пленочного элемента: а) со слабой связью ТМП с резонансным контуром; б) с сильной связью ТМП с резонансным контуром.

Для повышения уровня сигнала и достижения лучшей управляемости был разработан и изготовлен элемент с более сильной связью ТМП с выходным контуром (рис.3,б). Данная конструкция требовала нанесения пленок на обе поверхности подложки и осуществления гальванической связи между проводящими пленками, расположенными на противоположных сторонах подложки. В результате изготовления контура такого элемента значительно возрастает напряжения в подложке, а следовательно, и в магнитной пленке, что приводит к ухудшению ее свойств и уменьшению амплитуды субгармонических колебаний. Кроме того, данную конструкцию оказалось трудно выполнить с достаточно хорошей добротностью (> 10) в основном из-за малой величины индуктивности контура. Следовательно, при создании такого двухстабильного элемента целиком в пленочном исполнении необходимо учитывать его конструктивные особенности с точки зрения сохранения работоспособности магнитной пленки и возможности достижения достаточно высокой добротности.

Таким образом, впервые получены параметрические пленочные элементы на основе использования нового явления субгармоничес-

ких колебаний намагниченности в магнитной пленке, которые могут быть применены в различных устройствах ЦВМ.

Л и т е р а т у р а

1. ГОЛОВАНОВА Л.Б., ДЕМЕНТЬЕВ С.К., ИГНАТЕНКО П.С., КОСТЯКОВ В.А., ЧЕРЕШОВ Е.И., ДЯТЛОВ В.Л., ПАРСАНОВ А.П. Параметрон. Авт. свид. СССР № 173026, Бюллетень изобретений и товарных знаков, 1965, № 14.

2. ДЯТЛОВ В.Л., ДЕМЕНТЬЕВ С.К., ПЬЯНКОВ Д.А. Параметрические колебания и вращение в ферромагнитных пленках. - "Вычислительные системы", Новосибирск, "Наука" СО, 1962, вып. 2, стр. 16-21.

3. ДЕМЕНТЬЕВ С.К., КОСТЯКОВ В.А., ИГНАТЕНКО П.С. Низкочастотные субгармонические колебания в тонких магнитных пленках. - "Вычислительные системы", Новосибирск, "Наука" СО, 1966, вып. 20; стр. 101-108.

4. ДЕМЕНТЬЕВ С.К., ДЯТЛОВ В.Л., ИГНАТЕНКО П.С., КОСТЯКОВ В.А. Субгармонические колебания в тонких пермаллоевых пленках. - "Изв. АН СССР. Сер. физ.", 1967, т.31, №5, стр. 747-749.

Поступила в редакцию
23.10.68.