

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭДС ОТ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК

Ф. А. ГРИГОРЯН

Исходя из дифференциального уравнения ферромагнитной пленки, определяется ЭДС в токопроводе, охватывающем пленку в зависимости от положения вектора намагниченности при минимальных переключающих полях. Показывается приближительное постоянство угла расположения вектора намагниченности, соответствующее максимальной ЭДС. Определяется зависимость максимальной ЭДС от минимальных переключающих полей.

В работе определяется максимальная ЭДС на токопроводящем витке, охватывающем ферромагнитную пленку. При представлении намагниченности пленки в виде единого домена с энергией

$$E = 2k \left(\frac{1}{2} \sin^2 \varphi + h_s \cos \varphi + h_T \sin \varphi \right) \quad (1)$$

все статические характеристики пленки однозначно определяются из уравнения энергии.

Здесь: E — энергия анизотропии,

h_s — приведенная напряженность поля вдоль легкой оси,

h_T — приведенная напряженность поля вдоль трудной оси,

K — коэффициент анизотропии.

Связь энергии со временем содержится в феноменологическом уравнении Ландау-Лифшица [1, 2, 3]

$$\dot{\vec{M}} = \gamma \vec{T} - \frac{\lambda}{M^2} \vec{M} \times \vec{T}, \quad (2)$$

$\vec{M}$ — вектор намагниченности;

γ — магнитно-механическое отношение;

λ — параметр затухания;

$\vec{T}$ — момент вращения.

Согласно литературе [2, 3], совместное решение (1) и (2) приводит к уравнению динамического равновесия

$$\ddot{\varphi} + 4\pi j^2 \frac{\partial E}{\partial \varphi} + 4\pi \lambda \frac{d\varphi}{dt} = 0. \quad (3)$$

При процессах с длительностью более 10 нсек, согласно [2], можно не учитывать вторую производную $\ddot{\varphi}$, тогда уравнение (3) можно заменить уравнением

$$\frac{d\varphi}{dt} = - \frac{j^2}{\lambda} \frac{\partial E}{\partial \varphi}. \quad (4)$$

Решение уравнения (4) без учета отдельных членов в выражении для энергии (1) приведено в [4]. Решение для частных значений коэф-

фициентов в выражении (1) можно получить с помощью электронно-вычислительных машин [3].

Ниже определяется максимальная ЭДС от перемагничивания пленки при учете всех членов уравнения (1) для случая критических полей переключения.

При одновитковости обмотки считывания с осью, направленной по легкой оси намагничивания, ЭДС пленки e определится выражением

$$e = SB_m \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt}, \quad (5)$$

где S — сечение магнитопровода,

B_m — индукция насыщения пленки.

Подставляя выражения (4), (1) в (5), получим

$$e = SB_m \frac{\gamma^2}{\lambda} 2k \sin \varphi \left(\frac{1}{2} \sin 2\varphi - h_s \sin \varphi + h_T \cos \varphi \right). \quad (6)$$

ЭДС пленки можно представить как сумму ЭДС поля анизотропии e_k и ЭДС e_s и e_T от продольных и поперечных полей:

$$e = e_k + e_s + e_T. \quad (7)$$

Допущение наложения обусловлено пренебрежением инерциальных членов в основном уравнении (3). Нормализовав ЭДС, уравнение (6) можно написать в безразмерном виде

$$e_n = \sin \varphi \left(\frac{1}{2} \sin 2\varphi - h_s \sin \varphi + h_T \cos \varphi \right), \quad (8)$$

где e_n — приведенная ЭДС в обмотке с осью, параллельной легкой оси намагничивания.

Аналогичным образом для обмотки считывания, направленной по трудной оси, получится

$$e_T = \cos \varphi \left(\frac{1}{2} \sin 2\varphi - h_s \sin \varphi + h_T \cos \varphi \right). \quad (9)$$

Согласно [2], связь между критическими переключающими полями выражается уравнением астроида

$$h_s^2 + h_T^2 = 1 \quad (10)$$

На рис. 1 приведены кривые ЭДС пленки в зависимости от положения вектора намагниченности относительно легкой оси пленки. Ось обмотки считывания при этом параллельна легкой оси. Кривые построены согласно выражению (8) для критических полей переключения. Как видно из кривых, максимальным значениям ЭДС для различных кривых соответствует постоянный угол $\varphi = 110^\circ$ с разбросом в $\pm 5^\circ$ при значениях h_s от 1 до 0,0525.

На рис. 2 — кривые, построенные согласно выражению (9), при оси обмотки, перпендикулярной легкой оси пленки. Как видно из кривых, максимальным отрицательным значениям напряжений соответствует постоянный угол $\varphi = 135^\circ$ с разбросом $\pm 5^\circ$ при изменении h_s в пределах от 1 до 0,31.

Подставляя угол, соответствующий пиковому значению ЭДС, в выражения (8) и (9), получим выражение для расчета максимальных ЭДС пленки. Максимальная приведенная ЭДС в обмотке с осью, параллельной трудной оси, определится как

$$e_{mT} = 0,3 + 0,5(h_s + h_T). \quad (11)$$

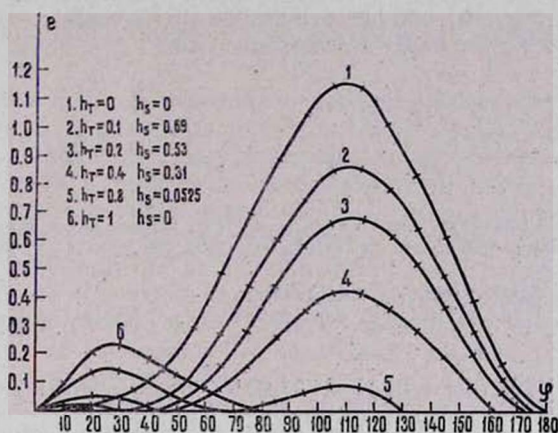


Рис. 1. ЭДС считывания в зависимости от угла вектора намагниченности относительно легкой оси. Ось обмотки считывания параллельна легкой оси.

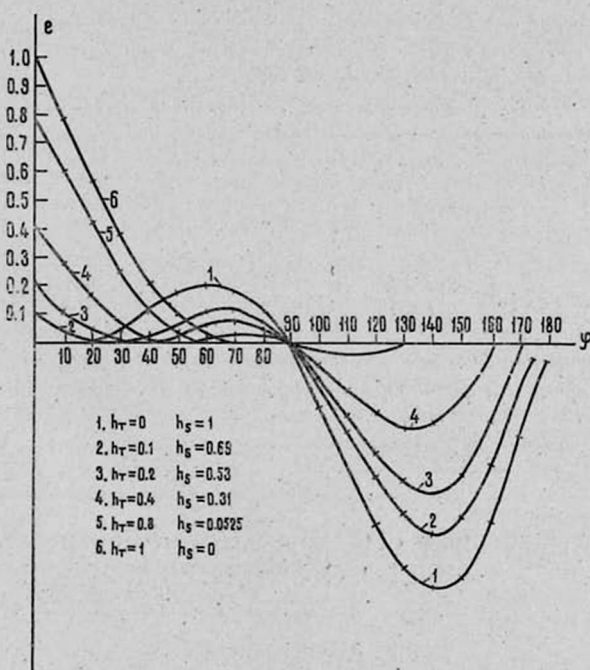


Рис. 2. ЭДС считывания в зависимости от угла вектора намагниченности относительно легкой оси. Ось обмотки считывания параллельна трудной оси.

Максимальная ЭДС в обмотке с осью, параллельной легкой оси, определится как

$$e_{mд} = 0,3 - 0,88 h_s - 0,34 h_T. \quad (12)$$

Критические поля переключения (10), при которых, на основе теории однородного вращения, определены максимальные ЭДС от перемещения пленки, соответствуют режимам работ ферромагнитных тонких пленок в логических и запоминающих устройствах.

Поступила 15 IX—65

ЛИТЕРАТУРА

1. „Ферромагнитный резонанс“, под редакцией С. В. Вонсовского. Физматгиз, М(1961).
2. „Магнитные свойства металлов и сплавов“, под редакцией С. В. Вонсовского М. (1961).
3. D. O. Smith, J. Appl. Phys. 29 264 (1959).
4. А. М. Родичев, Изв. АН СССР, сер. физическая, 25, 614 (1961).

ԷԼԵԿՏՐԱՇԱՐՔ ՈՒՃԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ԲԱՐԱԿ ԹԱՂԱՆԹԻ ԱՊԱՄԱԳՆԵՍԱՅՄԱՆ ԴԵՊՓՈՒՄ

Ֆ. Ա. ԳՐԻԳՐԻԱՆ

Հոդվածում որոշված է մաքսիմալ էլեկտրաշարժ ուժը թաղանթի ընդդիմաց հաղորդիչում: Դիտված է այն դեպքը, երբ էլեկտրաշարժ ուժը առաջանում է արտաքին երկայնական, լայնական և թաղանթի անհամասեռության դաշտի ազդեցության տակ: Լուծումը հիմնվում է մագնիսացվածության համասեռ պոտանտիալի տեսության վրա:

Ելման հավասարումները՝ թաղանթի ստատիկ էներգիայի հավասարումը և Լանդաու-Լիֆշիցի դինամիկ հավասարակշռության հավասարումը, թույլ են տալիս գրել մոտավոր կապ մաքսիմալ բերված էլեկտրաշարժ ուժի և մինիմալ երկայնական h_s և լայնական h_T ապամագնիսացնող դաշտերի միջև:

$$e_{mT} = 0,3 + 0,5 (h_s + h_T)$$

$$e_{mд} = 0,3 - 0,88 h_s - 0,33 h_T$$

որտեղ $e_{mд}$, e_{mT} — մաքսիմալ բերված էլեկտրաշարժ ուժերն են, երբ հաղորդիչ փաթույթի առանցքն ուղղված է համապատասխանորեն զուգահեռ անհամասեռության հեշտ և դժվար առանցքների ուղղությամբ: Բերված են էլեկտրաշարժ ուժի կորերը՝ կախված մագնիսացման վեկտորի դիրքից: Ցույց է տրված, որ երբ մագնիսացման վեկտորը գտնվում է համապատասխանորեն 110° և 135° անկյան տակ, էլեկտրաշարժ ուժի մաքսիմումի դիրքի ցրվածությունը չի անցնում ± 5 աստիճանի սահմաններից:

A DEFINITION OF E.M.F. WHEN SWITCHING MAGNETIC FIELD ON THIN FILM

F. A. GRIGORIAN

Considering the ferromagnetic film differential equation, the e.m.f. can be determined in relation to the magnetization vector state an minimum field switchings. An approximate angular constancy is shown in regards to maximum a.m.f. The dependence of maximum emf on minimum field switching is defined.