

УДК 681.84.083.51

КОНФИГУРАЦИЯ ПОЛЯ МАГНИТНОЙ ГОЛОВКИ НАД ЗАЗОРОМ

Я. М. ПОГОСЯН, А. К. ОВСЕПЯН, А. Р. АРУТЮНЯН

(Поступила в редакцию 3 июня 1983 г.)

В работе для определения конфигурации магнитного поля над зазором магнитной головки используется муаровая картина, полученная наложением изображений опорной сетки, помещенной над зазором, в отсутствие поля и при определенной величине поля в зазоре. Предложен метод расшифровки полученных муаровых картин и показано, что такая расшифровка дает возможность определить конфигурацию полей равных напряженностей для компонент H_x и H_y над зазором головки.

С появлением новых способов передачи информации с помощью управляемого продвижения плоских и цилиндрических магнитных доменов [1, 2] интерес к традиционным методам магнитной записи и считывания несколько снизился из-за существенных принципиальных ограничений последних: невысокая плотность записи, большое время доступа и т. д.

Однако в последнее время интерес к магнитным головкам в пленочном исполнении сильно возрос в связи с появлением накопителей информации на дисках с пленочной головкой, позволяющих осуществлять запись и считывание на частотах в десятки мегагерц и при соответствующем подборе материала носителя намного увеличить продольную и поперечную плотности записи информации [3, 4]. Более того, здесь имеется реальная возможность осуществить считывание сигнала с привлечением гальваномагнитных эффектов. В этой связи исследование конфигурации поля магнитной головки над зазором приобретает большой практический интерес, ибо она является одной из основных характеристик магнитной головки.

Отметим, что строгий расчет поля магнитной головки, т. е. решение уравнения

$$\mathbf{H} = \text{grad } \varphi(x, y, z), \quad (1)$$

где $\varphi(x, y, z)$ — магнитный потенциал, не представляется возможным, а упрощение выражения (1) и приведение двумерной задачи к виду

$$\mathbf{H} = \text{grad} \int_S \frac{\mathbf{Mn}}{r_{ik}} dS, \quad (2)$$

где $\mathbf{M}$ — вектор намагниченности, $\mathbf{n}$ — единичный вектор, нормальный к поверхности и направленный внутрь намагниченного тела, r_{ik} — расстояние между точкой интегрирования i и точкой k , в которой определяется поле, некорректно, ибо, как было показано электронномикроскопически в

[5], эквипотенциалы на поверхности головки вблизи зазора составляют угол с поверхностью головки.

Цель настоящей работы — электронномикроскопическое исследование конфигурации поля магнитной головки над зазором.

Экспериментальная часть и анализ результатов

В отличие от работы [6], где о конфигурации полей головки судили по дивергентному (теневому) лоренцмикроскопическому изображению, которое, по нашему мнению, не в состоянии выявить закономерности распределения полей головки, нами проводились исследования на конвергентном лоренцмикроскопическом изображении [7] на обычном просвечивающем электронном микроскопе УЭМВ-100К.

В работе [8] было установлено, что под действием поля поверхность головки искажается, подчиняясь закону формирования конхойды Никомеда [9], удовлетворяющей уравнению

$$(y - a)^2 (x^2 + y^2) = l_i^2 y^2, \quad (3)$$

где l_i — лоренцово отклонение электронов, обусловленное полем, действующим в рассматриваемой точке на поверхности головки вблизи зазора [10], величина a характеризует геометрию зазора [7].

Было также установлено, что на конвергентном изображении полей в области зазора все геометрические точки, лежащие на окружности над зазором с центром в фокусе конхойды и радиусом r_i , подвергаются одинаковому действию лоренцовых сил l_i , направленных к фокусу, т. е. при значении r_i , превышающем ширину зазора более чем на два порядка, выполняется условие

$$r_i l_i = \text{const} \quad (4)$$

или

$$H \sim \frac{1}{r}, \quad (5)$$

что характеризует закон распределения поля единичного проводника.

Таким образом, принятая в литературе [11] аналогия между распределением поля единичного проводника и распределением поля магнитной головки с зазором такого же сечения может считаться справедливой, если известна ордината фокуса конвергентного изображения, являющаяся функцией ширины и глубины зазора. В противном случае эта аналогия лишена смысла.

Конфигурация поля над зазором магнитной головки в муаровом представлении

В работе [12] впервые была показана возможность привлечения муарового изображения, создаваемого полем магнитной головки, для определения конфигурации поля над зазором. Муаровую картину можно получить, если на уровне зазора установить периодическую структуру, например опорную сетку микроскопа, и осуществить съемку лоренцового изо-

бражения головки однополярным переменным полем с наложением на фотопластинке изображений головки в отсутствии поля и при его наличии. Ценность этого метода заключается в том, что здесь имеется принципиальная возможность разложить поле H_{xy} на соответствующие компоненты H_x и H_y . Это можно сделать, если одну из сторон сетки установить параллельно поверхности головки и из условий формирования муарового изображения восстановить искомую конфигурацию магнитного поля над зазором.

Рассмотрим более подробно условия формирования муарового изображения и его закономерности. На рис. 1 приведено обычное муаровое

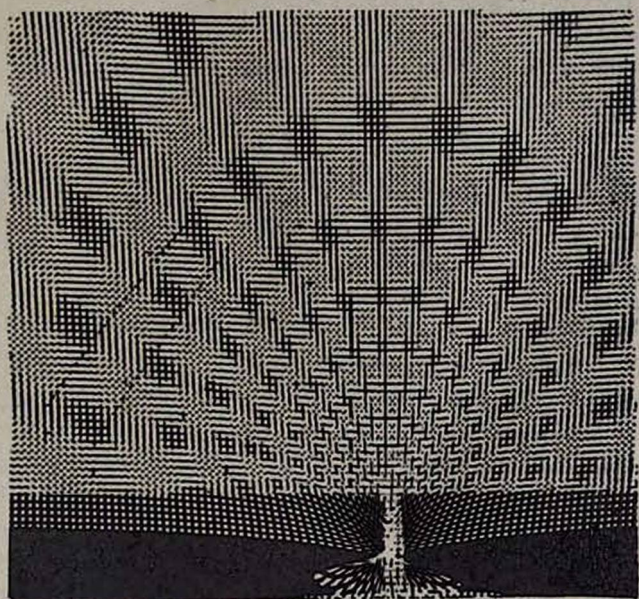


Рис. 1. Муаровая картина, полученная наложением двух изображений опорной сетки микроскопа в отсутствии поля и при наличии поля, создающего конвергентное изображение.

изображение, полученное наложением двух кадров при лоренцмикроскопической съемке области вблизи зазора в отсутствии поля головки и при наличии поля, создающего конвергентное изображение. Видно формирование муаров двух семейств: одно семейство формируется действием компоненты поля H_x , приводящим к наложению горизонтальных сторон ячеек сетки, другое семейство — соответственно действием компоненты поля H_y , приводящим к наложению вертикальных сторон ячеек сетки. На рис. 1 видно также, что наряду с тем, что расстояния между соседними муаровыми полосами не одинаковы, геометрическая ширина муаровых полос сильно уменьшается при приближении к зазору головки. Последнее указывает на неодинаковость условий формирования всех муаровых полос.

В общем случае формирование муара задается условием

$$\Delta y = \frac{e}{mV_{0z}} H_x d (w + d) \quad (8)$$

— для горизонтальных полос и

$$\Delta_x = \frac{e}{m V_{0z}} H_y d (w + d) \quad (9)$$

— для вертикальных полос, где d — протяженность зазора вдоль оси z головки, w — степень расфокусировки микроскопа, Δ_y и Δ_x — смещения ячеек сетки микроскопа соответственно вдоль осей x и y под действием поля головки, e/m — удельный заряд электрона, V_{0z} — скорость электронов вдоль оси z . При этом Δ_y и Δ_x по величине должны быть равны целому числу размеров ячейки сетки.

Если провести аналогию между формированием муара магнитным полем и явлением интерференции (хотя это вовсе не интерференция, как принято в работе [12]), то можно сказать, что Δ_y представляет собой разность хода двух лучей, создаваемую лоренцовым отклонением изображения сторон сетки под действием поля головки, т. е.

$$\Delta_y = y \pm y_0 = kn, \quad (10)$$

где y_0 — ордината рассматриваемой муаровой полосы, y — ордината горизонтальной стороны ячейки, которая под действием поля сместилась и совпала с y_0 , k — размер элементарной ячейки, n — целое число (порядок интерференции), знаки $\pm$ указывают способ наблюдения: соответственно дивергентное или конвергентное. Из (8) — (10) следует, что при известных параметрах w , d и V_{0z} по муаровым картинам можно восстановить конфигурацию равных напряженностей полей головки в области зазора, если известен порядок интерференции каждой муаровой полосы в отдельности. И при этом, как будет показано далее, муаровые полосы не есть конфигурации полей равных напряженностей, как это указывается в [13].

В случае обычного оптического муара, где период муаровых полос обусловлен совпадением одной решетки с ординатой mk_1 с другой решеткой с ординатой gk_2 , где k_1 и k_2 — периоды налагаемых решеток, а m и g — целые числа, остающиеся постоянными во всей области, под порядком интерференции можно принять $(m-g) = \text{const}$. В нашем случае один параметр решетки k_1 всегда постоянен (размер ячейки опорной сетки микроскопа при отсутствии поля головки), тогда как параметр k_2 другой накладываемой решетки изменяется.

Естественно, в зависимости от расстояния фокуса конвергентного лоренцмикроскопического изображения величина $(m-g_i) = n_i$ рассматриваемой муаровой полосы будет различной. Нетрудно видеть, что с отходом от фокуса порядок интерференции уменьшается. В качестве необходимого условия интерференции или, что то же самое, формирования муарового изображения (с целью упрощения рассматриваем координату с абсциссой $x = 0$) примем, что отношение $l_i/k|_{x=0}$ должно быть равно целому числу. Тогда выражение (5), удовлетворяющее условию муара, можно представить в виде

$$n_i k = \frac{A}{R_i + n_i k}, \quad (11)$$

где R_i — ордината рассматриваемой муаровой полосы, отсчитываемая от фокуса и равная $l_i - n_i k$, A — постоянная.

Легко видеть, что при правильно установленном значении n для каждой муаровой полосы график зависимости в координатах $(n_i, (R_i + n_i k^{-1}))$ будет прямой, проходящей через начало координат. При неправильной нумерации муаровых полос $N_i = n_i \pm p$ (где p — любое целое число) выражение (11) принимает вид

$$N_i k = \frac{A}{R_i + N_i k}.$$

Соответственно, график зависимости в координатах $(N_i, (R_i + N_i k)^{-1})$, не удовлетворяющих выражению (5), не представляет собой прямой и, самое главное, не проходит через начало координат. Это хорошо иллюстрируется на рис. 2, где прямая a соответствует истинным значениям

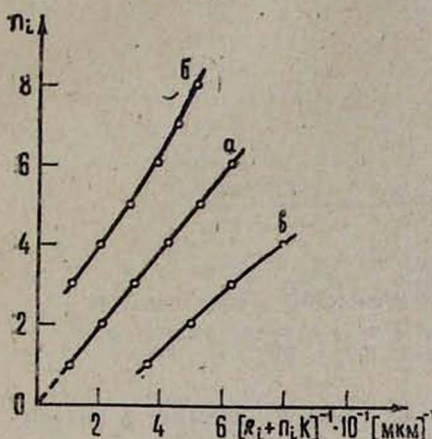


Рис. 2. График зависимости порядка «интерференции» муаровых полос от ординаты ячейки опорной сетки микроскопа: a — при правильном выборе порядка интерференции; $б$ и $в$ — при увеличении и уменьшении порядка интерференции соответственно на две единицы.

n_i , а $б$ и $в$ получены при значениях соответственно $p = +2$ и $p = -2$. По аналогии с многолучевой интерференцией [14], где порядки интерференции двух соседних полос равного хроматического порядка отличаются на единицу, здесь порядок интерференции двух соседних муаровых полос можно определить из условия (5):

$$r_i - R_i = n_i k = \frac{A}{R_i + n_i k}$$

$$r_{i+1} - R_{i+1} = (n_i + 1) k = \frac{A}{R_{i+1} + (n_i + 1) k},$$

где r_i — исходная ордината в области зазора, которая в поле головки сместилась на величину $n_i k$ и создала муаровую полосу с ординатой R_i (r_{i+1} и R_{i+1} — аналогичные значения для соседней муаровой полосы). Следовательно, порядки интерференции муаровых полос можно представить в виде

$$n_i = \frac{R_{i+1} + k}{R_i - R_{i+1} - 2k}. \quad (12)$$

Установив таким образом порядок интерференции каждой муаровой полосы, можно легко воссоздать конфигурацию полей равных напряженностей над зазором.

На рис. 3 изображена методика графического построения конфигурации полей H_x равных напряженностей. Приведенные на рис. 3 пунктирные кривые соответствуют усредненным муаровым полосам с порядком интерференции 4, 6 и 8. Точка a_1 , принадлежащая муаровой полосе с порядком интерференции $n = 8$, смещаясь в направлении от фокуса O на величину

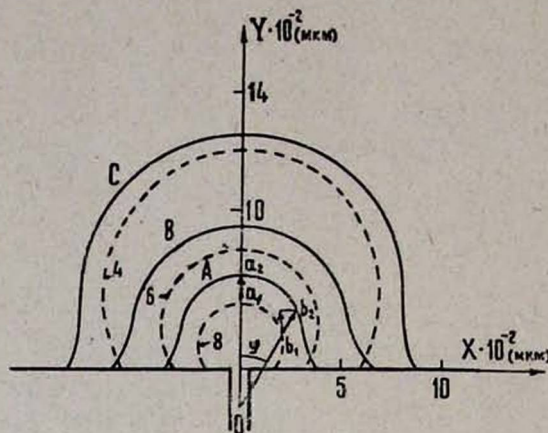


Рис. 3. Графическое нахождение конфигурации полей равных напряженностей компоненты поля H_x магнитных головок (сплошные линии): $A - H_x = 8,4$; $B - H_x = 5,6$; $C - H_x = 3,7$ Э.

$8k$, перейдет в положение a_2 . Соответственно точка b_1 перейдет в положение b_2 , которое определяется из соотношения $\frac{b_1 b_2}{\cos \varphi} = 8k$ и т. д. Таким образом, конфигурация равной напряженности поля $H_x = 8,4$ Эрстед определяется областью, изображенной сплошной кривой, на которой расположены точки $a_2, b_2, \dots$. Все сказанное выше относится также к нахождению конфигурации равной напряженности компоненты поля H_y над зазором головки.

Из вышеизложенного следует, что муаровый метод восстановления конфигурации поля над зазором магнитной головки является весьма простым и позволяет с большой точностью воссоздать конфигурацию компонент полей H_x и H_y равных напряженностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мэвити Ц. К. Электроника, 52, 36 (1979).
2. Васильева Н. П., Малюгин В. И. Приборы и системы управления, № 9, 11 (1978).
3. Роскэмп Т. А., Френк Р. Д. Электроника, 50, 33 (1977).
4. Valstyn E. P., Shew L. F. IEEE Trans., Magn., MA9-9, 377 (1973).
5. Lazzari J. P. Rapport CEA-R-4164, 1972, 113 p. Перевод 75/48452 (ВЦП № Ц-50143).
6. Халецкий М. Б., Рау Э. И. Радиотехника, 33, 35 (1978).
7. Погосян Я. М., Погосян Т. А., Овсепян А. К. Авторское свидетельство СССР № 1035644 (1983).
8. Погосян Я. М., Овсепян А. К. Изв. АН АрмССР. Физика, 19, 271 (1984).
9. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике, Изд. Наука, 1980, с. 178.

10. Погосян Я. М., Погосян Т. А., Овсепян А. К. Авторское свидетельство СССР № 1056272 (1982).
11. Бурюв В. А. Физика магнитной звукозаписи. Изд. Искусство, М., 1973.
12. Халецкий М. Б., Лукьянов А. Е., Рау Э. И. Авторское свидетельство СССР № 555128 (1977).
13. Гусев В. Н. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 34, 1560 (1970).
14. Погосян Я. М., Безириания П. А., Погосян Т. А. Оптика и спектроскопия, 26, 613 (1969).

ՄԱԳՆԵՏԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ԿՈՆՖԻԳՈՒՐԱՑԻԱՆ ԲԱՑՎԱԾՔԻ ՎՐԱ

ՅԱ. Մ. ՊՈԴՈՍՅԱՆ, Ա. Կ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ, Ա. Ռ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Մագնիսական գլխիկի բացվածքի վրա մագնիսական դաշտի կոնֆիգուրացիայի որոշման համար օգտագործվում է մուարի պատկերը, որը ստացվել է բացվածքի վերևում տեղադրված հենման ցանցի մագնիսական դաշտի բացակայությամբ պատկերի և բացվածքում որոշակի դաշտի առկայությամբ պատկերի վերադրմամբ։ Առաջարկված է մեթոդ ստացված մուարի պատկերների վերծանման համար և ցույց է տրված, որ այդ վերծանումը հնարավորություն է տալիս որոշել գլխիկի բացվածքի վրա դաշտի H_x և H_y բաղադրիչների հավասար լարվածությամբ դաշտերի կոնֆիգուրացիան։

THE CONFIGURATION OF MAGNETIC FIELD OVER THE MAGNETIC HEAD CLEARANCE

Ya. M. POGOSYAN, A. K. HOVSEPYAN, A. R. ARUTYUNYAN

To determine the field configuration over the magnetic head clearance, we used the moire pattern obtained by the superposition of the picture of a supporting net placed over the clearance, in the absence of the field with that in the presence of a magnetic field in the clearance. A method is proposed for the decoding of the obtained moire pattern, and it is shown that such a decoding allows one to determine the configuration of fields over the head clearance when the intensities of H_x and H_y components are equal.