

УДК 538:681.327:634.071.1

Масуд Махджубіан, аспірант (Національний технічний університет України «КПІ»)

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ МАГНИТНОЙ ГОЛОВКИ НА ОСТАТОЧНУЮ НАМАГНИЧЕННОСТЬ НОСИТЕЛЯ

Масуд Махджубіан. Вплив конструкції тонкоплівкової магнітної голівки на залишкову намагніченість носія. Вивчаються співвідношення між залишковою намагніченістю носія і прикладеної до нього перпендикулярної складової поля тонкоплівкової магнітної голівки. Показано, що знання форми перпендикулярного поля голівки абсолютно недостатньо для пояснення явища перемагнічування носія, а використання функції ефективного поля приводить до переоцінки внеску подовжньою складовою поля. У цих умовах функція як інтенсивності прикладеного поля, так і кута його застосування, є найбільш адекватним індикатором поля голівки.

Ключові слова: магнітний носій, перпендикулярний запис, залишкова намагніченість, тонкоплівкова магнітна голівка

Масуд Махджубіан. Влияние конструкции тонкопленочной магнитной головки на остаточную намагніченість носителя. Изучаются соотношения между остаточной намагніченістю носителя и приложенной к нему перпендикулярной составляющей поля тонкопленочной магнитной головки. Показано, что знание формы перпендикулярного поля головки совершенно недостаточно для объяснения явления перемагнічивания носителя, а использование функции эффективного поля приводит к переоценке вклада продольной составляющей поля. В этих условиях функция как интенсивности приложенного поля, так и угла его приложения, является наиболее адекватным индикатором поля головки.

Ключевые слова: магнитный носитель, перпендикулярная запись, остаточная намагніченість, тонкопленочная магнитная головка

Masoud Mahjoubian. Influence of thin film magnetic head construction on remanent magnetization of carrier. A carrier remanent magnetization – perpendicular component of the thin film magnetic head field relations are studied. It is rotined that knowledge of form of the head perpendicular field it is not quite enough for explanation of the phenomenon of peremagnichivaniya of medium, and the use of the effective field function results in the overvalue of contribution the longitudinal field component. In these terms a function of both intensity of the attached field and corner of his application, is the most adequate indicator of the head field.

Keywords: magnetic carrier, perpendicular recording, remanent magnetization, thin film magnetic head

Введение. Перпендикулярная магнитная запись интенсивно используется в накопителях на жестких магнитных дисках (НЖМД) [1]. Быстрый переход от продольной к перпендикулярной записи произошел ввиду существенных преимуществ последней, в частности, легко достигаемого компромисса между отношением сигнал-шум носителя и его температурной устойчивостью [2]. С точки зрения процесса записи, магнитное поле, создаваемое перпендикулярными головками с магнитомягкими подслоями (ММПС) обладает более крутым градиентом, который обеспечивает более короткие переходы намагніченности и лучше формирует дорожку записи по ширине. Кроме того, экранирование полюса головки дает еще более крутой градиент и повышает отношение сигнал-шум носителя, то есть плотность записи. При продольной записи переход намагніченности создается в пологой области поля головки и вид поля в направлении поперечном дорожке записи также достаточно плавный [3]. Трудно улучшить это явление даже для малых неконтактов головка-носитель и узких зазоров записи. Отличием головок для перпендикулярной записи является преобладающее перпендикулярное поле H_y и его крутой градиент, способствующий хорошей перезаписи и качеству переходов намагніченности. Недавно обратили внимание на эффективное поле головки H_{eff} для переключения поля носителя при перпендикулярной записи, основанном на переключающейся звездчатой одноосной частице Стонера-Уолфарта. Значение эффективного поля H_{eff} и его вид совершенно отличаются от обычного поля H_y . Совершенно закономерен вопрос, на какое поле головки реагирует магнитный носитель для перпендикулярной записи и какой остаточной намагніченістю он обладает.

Изучению соотношений между остаточной намагніченістю носителя и приложенной перпендикулярной составляющей поля и посвящена данная статья.

Основная часть. Рабочий слой носителя для перпендикулярной записи состоит, как правило, из двух магнитных подслоев: магнитотвердого информационного подслоя (МТИПС) и магнитомягкого замыкающего подслоя (ММЗПС). Оба эти подслоя разделены промежуточным подслоем (ППС). Модель такого носителя показана на Рис. 1.

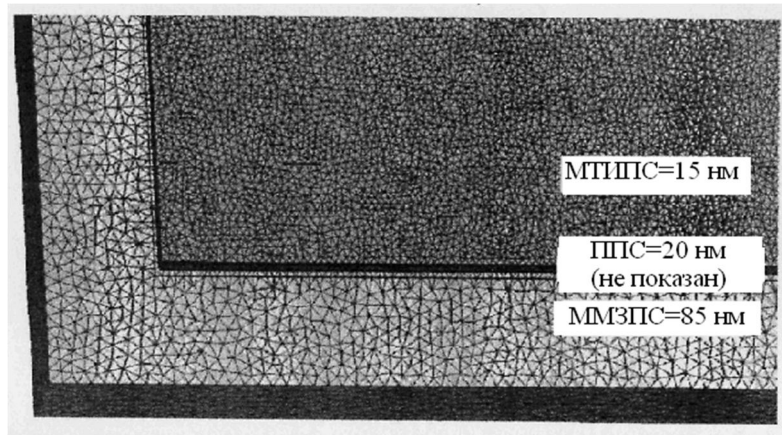


Рис. 1. Модель носителя для перпендикулярной записи

Ее основные свойства близки к свойствам реального носителя для перпендикулярной записи в отсутствие термально активированных процессов.

На Рис. 2 показаны четыре модели головок для перпендикулярной записи.

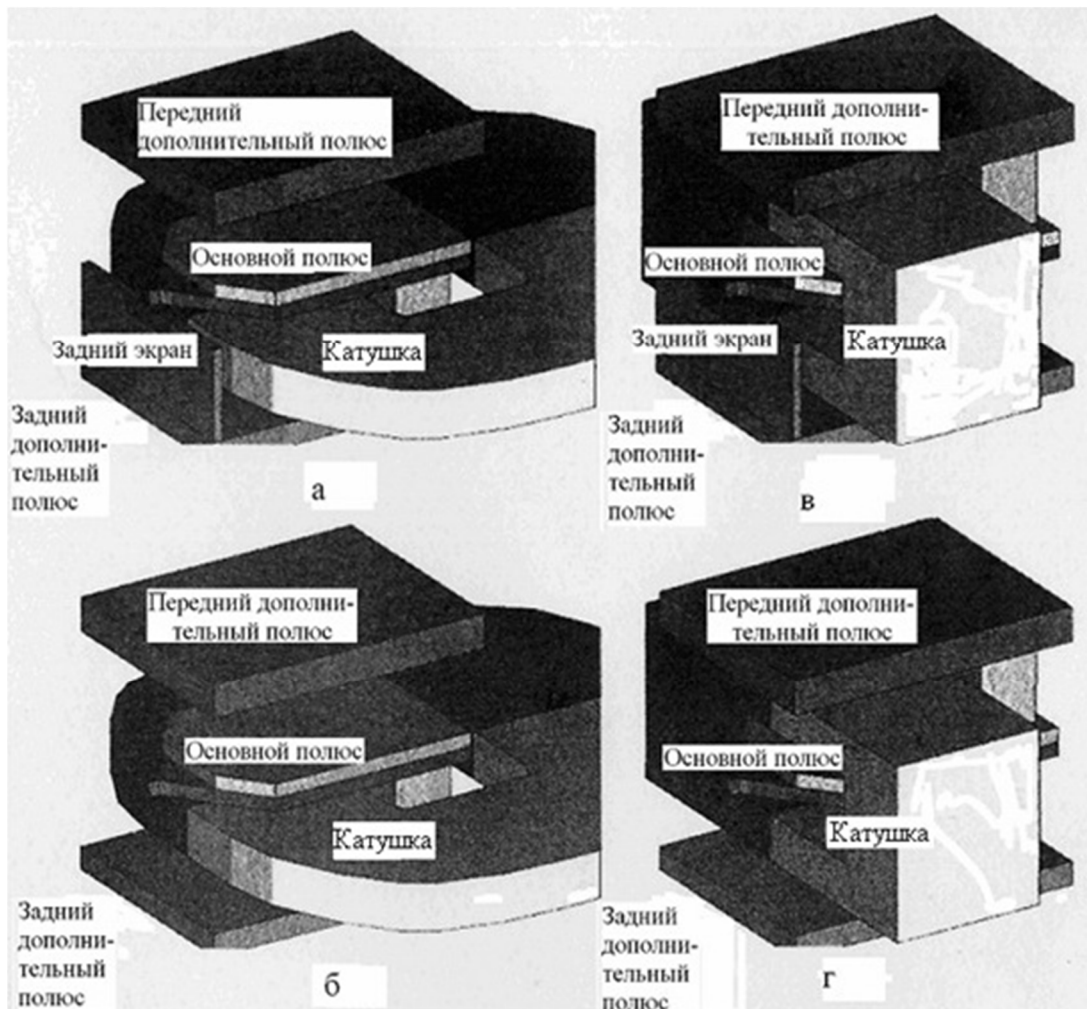


Рис. 2. Различные типы головок для перпендикулярной записи

На Рис. 2 изображены такие модели: **а** – экранированный основной полюс-однорядная катушка; **б** – основной полюс-однорядная катушка; **в** – экранированный основной полюс-спиральная катушка; **г** – основной полюс-спиральная катушка.

Основной полюс имеет ширину 0,16 мкм у заднего края и 10° угол скоса. Число витков однорядной катушки равно 7, а спиральной катушки – 5.

Все головки имеют одинаковый основной полюс трапециевидальной формы с индукцией насыщения 24 кГс и 10° углом скоса к рабочей поверхности. В одновитковой конструкции головки передний дополнительный полюс отделяется от основного полюса тем, что основной магнитный поток замыкается через основной и задний дополнительный полюсы. Между тем, в многovitковой конструкции головки основной магнитный поток симметрично замыкается через передний и задний дополнительные полюсы.

Воспользуемся методом микромагнитного моделирования. При этом носитель и головки для перпендикулярной записи разделяются на множество элементарных частей, а их намагниченности описываются формулой Ландау-Лифшица-Гильберта. Константу затухания α выберем равной 0,1 так как далее обсуждается только квазистатическое состояние. Программа расчета распараллелена на восемь компьютеров и использует метод декомпозиции доменов [4]. В случае малой интенсивности поля, для изменения намагниченности с одной полярности на другую, вклад продольного поля больше, чем перпендикулярного, но при больших интенсивностях этот вклад становится значительно меньше, потому что продольное поле по существу не может перемагничивать носитель в направлении, противоположном перпендикулярному.

С точки зрения процесса записи, для создания эффективного поля головки это обстоятельство необходимо учитывать. В этом случае быстродействие увеличивается более, чем в 5 раз по сравнению с одиночным компьютером, если не учитывать время доступа. Восстановление записанных на носителе данных выполнялось путем прямого расчета поля для дорожки воспроизведения шириной 0,13 мкм с помощью метода интегральных преобразований. При этом расстояние между рабочей поверхностью головки и носителем составляло примерно 15 нм.

Полученная зависимость намагниченности рабочего слоя носителя для перпендикулярной записи зернистой структуры от угла приложенного поля согласуется с данными других авторов и моделью Стонера-Уолфарта [5]. Анализ показывает, что продольная составляющая поля приводит к ослаблению намагниченности носителя.

Однако, процесс намагничивания рабочего слоя носителя для перпендикулярной записи значительно более сложный, так как на него воздействуют как постоянное, так и переменное поля, а на результат влияет наличие магнитомягкого подслоя и головки. Остаточная магнитная индукция при перпендикулярной записи определялась с учетом отклонения направления напряженности поля от ОЛН.

На Рис. 3 показана зависимость остаточной намагниченности M_r рабочего слоя (МТИПС) от напряженности приложенного поля H , если носитель для перпендикулярной записи намагничивается от отрицательного к положительному значению.

В соответствии с моделью Стонера-Уолфарта при угле воздействия перпендикулярного поля 45° остаточная коэрцитивная сила составляет 2750 Э, что составляет почти половину от коэрцитивной силы 4900 Э при угле воздействия 0°. Что касается 90° поля, то есть поля, которое лежит в плоскости носителя, то изменение намагниченности среды может начинаться при меньших интенсивностях поля, но кривая намагниченности M_r достигает только нуля и не принимает положительных значений. В случае малой интенсивности поля, для изменения намагниченности с одной полярности на другую, вклад продольного поля больше, чем перпендикулярного, но при больших интенсивностях этот вклад становится значительно меньше, потому что продольное поле по существу не может перемагничивать носитель в направлении, противоположном перпендикулярному. С точки зрения процесса записи, для создания эффективного поля головки это обстоятельство необходимо учитывать.

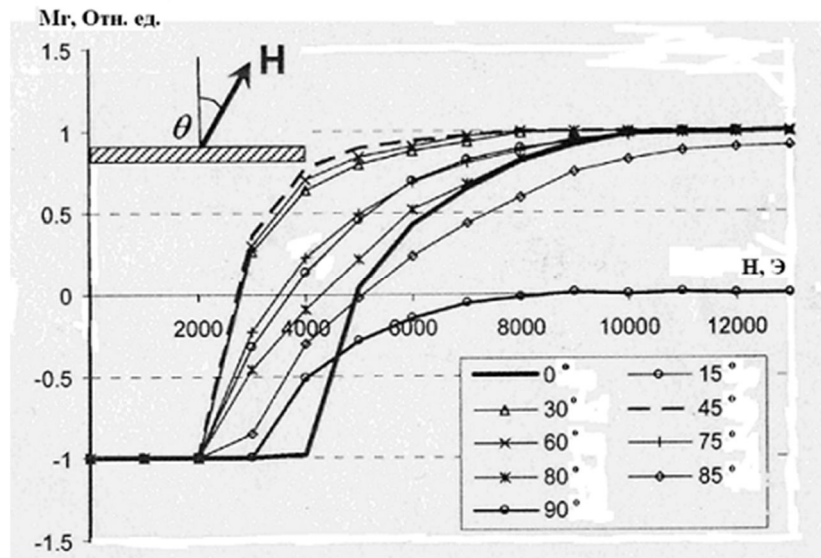


Рис. 3. Остаточная намагненность носителя для различных углов направления приложенного поля

Из Рис. 3 видно, что 45° поле напряженностью 2750 Э обеспечивает нулевую остаточную намагненность M_r , так же, как и 0° поле напряженностью 4900 Э. Поэтому можно характеризовать перпендикулярную составляющую поля H_{cor} как поле, которое обеспечивает такую же остаточную намагненность, как и 0° перпендикулярное поле.

На Рис. 4 показаны зависимости составляющей поля H_{cor} от напряженности приложенного поля H .

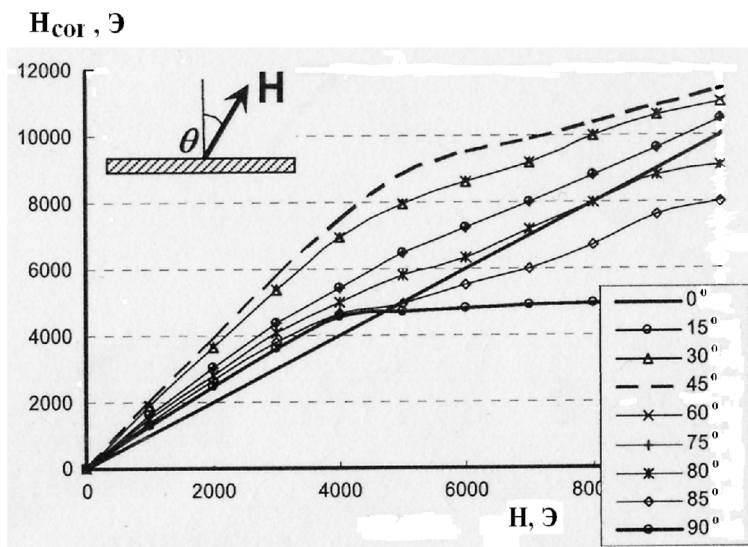


Рис. 4. Зависимости перпендикулярной составляющей от напряженности приложенного поля

Нормализованная перпендикулярная составляющая $H_{cor} \frac{\delta y}{\delta x}$, то есть отношение H_{cor} к H , принадлежит диапазону значений 0,5...2, в то время как коэффициент эффективного поля H_{eff} , рассчитанный по модели Стонера-Уолфарта равен 1...2. Значения поля меньше 1 дают намного меньший вклад в процесс изменения намагненности носителя. Особенностью H_{cor} является то, что это функция как интенсивности приложенного поля, так и угла его приложения, и она вычисляется численными методами. Эта концепция

неприменима к общей теории изменения намагниченности, потому что она затрагивает только то, что относится к насыщению магнитной среды, и как магнитная среда влияет на конструкцию магнитной головки.

Представляет интерес сравнение перпендикулярной составляющей поля головки H_{cor} с перпендикулярным полем H_y и эффективным полем H_{eff} , исходя из поля, создаваемого головкой, и оставляемым им отпечатком на носителе под основным полюсом. На Рис. 5 показаны формы напряженности полей H_y, H_{eff}, H_{cor} , воздействующие на носитель и формирующие дорожки записи для различных типов головок (Рис. 2).

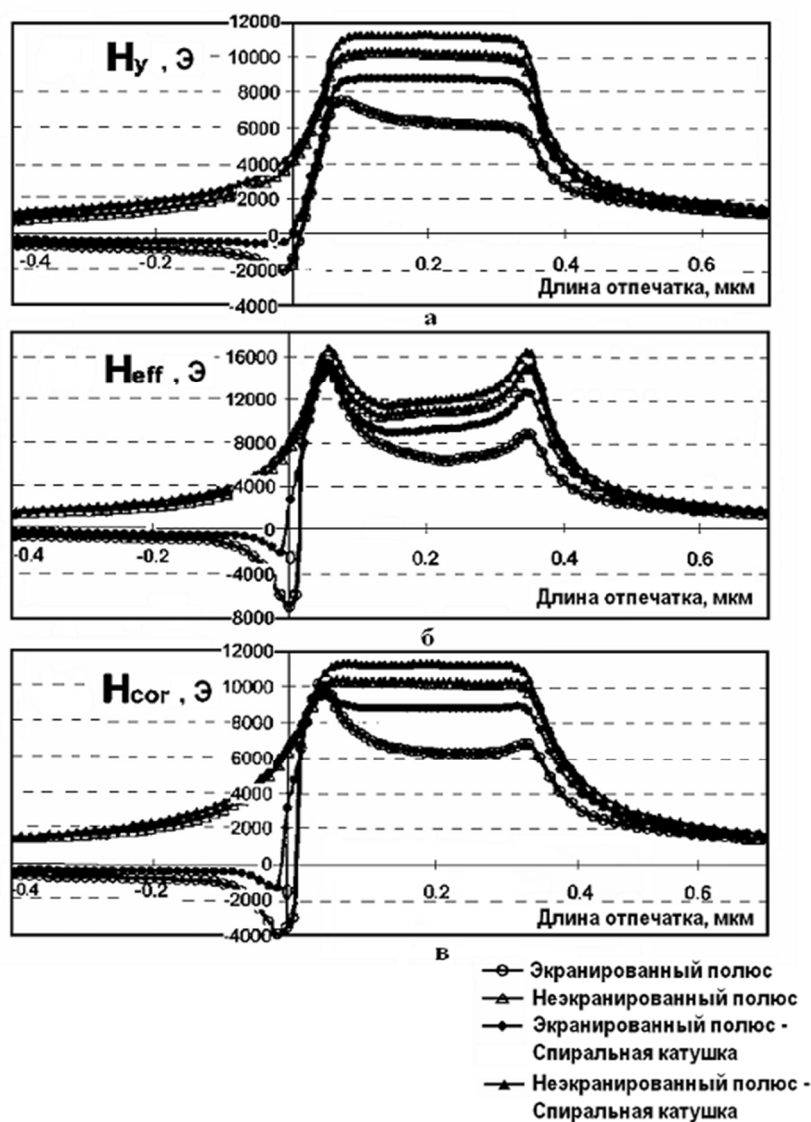


Рис. 5. Форма полей, воздействующих на носитель:

а – перпендикулярное поле H_y ; б – эффективное поле H_{eff} ; в – перпендикулярная составляющая поля H_{cor}

В случае перпендикулярного поля H_y , головки с экранированным полюсом имеют крутой градиент поля головки на сбегающем (заднем) краю основного полюса, изменяющийся от положительного значения к отрицательному, но максимальное значение интенсивности поля намного меньше, чем у неэкранированных головок. Вид поля H_{eff} каждой головки имеет два пика на переднем и заднем краях основного полюса, так как коэффициент H_{eff} вдвое больше при угле поля головки, равном 45° . Поэтому в пространстве

поле имеет вид тороида с максимумами, расположенными вокруг каждого основного полюса.

Максимальное поле головок с экранированным полюсом в 1,7...2 раза больше, чем поле H_y в то время как поле головок с неэкранированным полюсом больше поля H_y в 1,5 раза. В связи с этим, головки с экранированным полюсом также имеют больший максимум H_{eff} , благодаря большей продольной составляющей поля, а конструкция экранированный основной полюс-однорядная катушка имеет большее значение H_{eff} по сравнению с конструкцией неэкранированный основной полюс-однорядная катушка.

С другой стороны, только тип головки экранированный основной полюс-однорядная катушка имеет большой пик поля H_{cor} на заднем краю полюса, а тип головки экранированный основной полюс-спиральная катушка имеет очень малый аналогичный пик.

Из этих результатов видно, что однорядная катушка увеличивает продольные составляющие полей H_{eff} и H_{cor} в головках с экранированным полюсом.

На Рис. 6 показаны отпечатки остаточной намагниченности носителя, оставленные основным полюсом неподвижной магнитной головки после предварительного стирания носителя переменным полем.

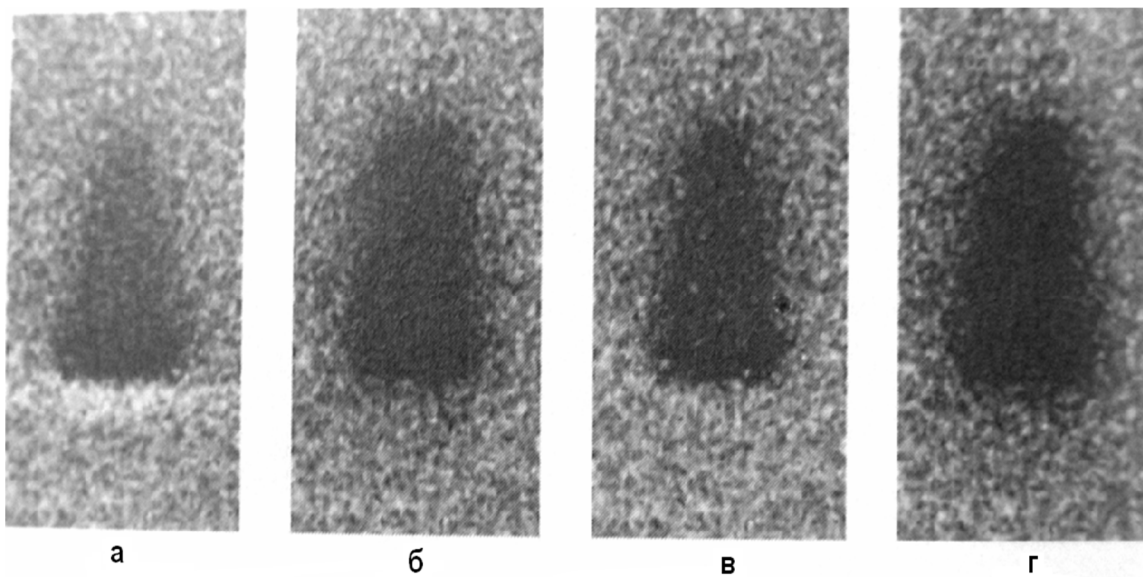


Рис. 6. Отпечатки остаточной намагниченности, оставленные различными головками:

- а – экранированный основной полюс-однорядная катушка,
- б – неэкранированный основной полюс-однорядная катушка,
- в – экранированный основной полюс-спиральная катушка,
- г – неэкранированный основной полюс-спиральная катушка

Только конструкция экранированный основной полюс-однорядная катушка обеспечивает большую магнитную индукцию на заднем краю основного полюса, а в остальных местах магнитная индукция меньше. Кроме того, наблюдается небольшая отрицательная магнитная индукция за задним экраном, что отображено белым цветом, которая распространяется в направлении перпендикулярном направлению дорожки записи. Конструкция головки экранированный основной полюс-спиральная катушка имеет несколько большую магнитную индукцию на заднем краю полюса, а головки с

неэкранированными основными полюсами оставляют практически одинаковые отпечатки на носителе. Исследование отпечатков, создаваемых указанными головками, проводилось при различных токах записи от 10 до 100 мА и коэрцитивностях носителя в диапазоне 2500...4900 Э. При этом показанные на рис. 6 формы отпечатков со слабой магнитной индукцией в центральной части не наблюдались в случае размагничивания носителя переменным током. Но, в случае отрицательного намагничивания носителя постоянным током все головки оставляли именно такие отпечатки при невысоких токах записи. Это объясняется тем, что по отношению к окружающей отрицательно намагниченной области создается положительное поле, когда намагниченность области отпечатка начинает изменяться в противоположном направлении, а край области испытывает ускоренное вращение к положительной полярности. В дополнение к сказанному, даже если прикладывается только поле H_y , без продольной составляющей, то приведенный тип отпечатка тоже наблюдается при намагничивании носителя постоянным током.

Выводы. Анализ отпечатков показывает, что их тип отпечатка не определяется формой H_{eff} поля головки, а зависит от поля среды записи, которое окружает место намагничивания. Поэтому отпечаток при стирании носителя переменным током более корректно отражает влияние поля головки на перемагничивание носителя. Как результат, отпечатки зависят от формы приложенного поля H_{eff} .

Знание формы поля H_y совершенно недостаточно для объяснения явления перемагничивания носителя, а использование H_{eff} приводит к переоценке вклада продольной составляющей поля. В этих условиях H_{cor} является наиболее адекватным индикатором поля головки.

Литература

1. Tanaka Y. Fundamental features of perpendicular magnetic recording and design considerations for future portable HDD integration // IEEE Trans. Magn. – Oct. 2005. – Vol. 41, No. 10. – P. 2834-2838.
2. Iwasaki S. Guiding principle for research on perpendicular magnetic recording // IEEE Trans. Magn. – Feb. 2005. – Vol. 41, No. 2. – P. 683-686.
3. Takano K., Salhi E. A., Sakai M., Dovek M. Relationship between head design, pole-tip magnetization, head field, and media magnetization in longitudinal recording // IEEE Trans. Magn. – Feb. 2006. – Vol. 42, No.2, pt. 2. – P. 126-131.
4. Takano K., Salhi E. A., Sakai M., Dovek M. Write head analysis by using a parallel micromagnetic FEM // IEEE Trans. Magn. – Oct. 2005. – Vol. 41. – No. 10. – P. 2911-2913.
5. Coffey K. R., Thomson T., Thiele J. U. Angle dependent magnetization reversal of thin film magnetic recording media // J. Appl. Phys. – May 2003. – Vol. 93, No. 10. – P. 8471-8473.