РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

(19) BG (11) 99875A
(51) G11B 5/39

ЗАЯВКА ЗА ПАТЕНТ
ЗА
ИЗОБРЕТЕНИЕ

ПАТЕНТНО ВЕДОМСТВО

(21) Заявителски № 99875
(22) Заявено на 18.08.1995
(24) Начало на действие на патента от:

Приоритетни данни

(31) 19968 (32) 18.02.1993 (33) US

(41) Публикувана заявка в бюлетин № 5 | 31.05.1996
(45) Отпечатано на
(46) Публикувано в бюлетин № на
(56) Информационни източници:

(62) Разделена заявка от рег. №

(71) Заявител(и):
INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION , . , ARMONK,NY , ARMONK,NY (US) ;
(72) Изобретател(и):
DOVEK , MORIS M . , PLEASANTON,CA (US) ; FOSTER , JOHN S . , MORGAN HILL,CA (US) ; LAM , DONALD K . , LOS ALTOS,CA (US) ; SAWATZKY , ERICH . , SAN JOSE,CA (US) ;
(74) Представител по индустриална собственост:
Фани Владимирова Божинова , 1000 София , п.к.728

(86) № на PCT заявка:
PCT/ EP93/0 / 3299 , 24.11.1993
(87) № и дата на PCT публикация:
94/197 / 93 , 01.09.1994

(54) КОНТАКТНО МАГНИТНО ЗАПИСВАЩО ДИСКОВО УСТРОЙСТВО С МАГНИТНО- СЪПРОТИВИТЕЛЕН ДАТЧИК ЗА ЧЕТЕНЕ

(57) 1. Контактно магнитно записващо дисково устройство с магнитосъпротивителен датчик за четене, състоящо се от записващ диск с твърд магнитен носител за съхранение на данни, свързани с диска средства за завъртането му, магнитосъпротивителна глава за детектиране-генериране на сигнал в съответствие с данните, записани магнитно на диска, носач за поддържане на магнитосъпротивителната глава, средства за притискане на носача до контакт с диска по време на четене на данните от магнитосъпротивителната глава, характеризиращо се с това, че съдържа и средства за обработка на сигнала от магнитосъпротивителн ата глава, като сигналът се приема от средствата за обработка с минимална модулация на базисния сигнал, и средства, свързани с носача за придвижване на носача и поддържаната от него магнитосъпротивите лна глава по диска, който включва течен слой по повърхността си за осигуряване на течно лагеруване, където носачът включва средства за поддържането му върху течния лагеруващ слой.

34 претенции, 14 фигури

BG 99875A

КОНТАКТНО МАГНИТНО ЗАПИСВАЩО ДИСКОВО УСТРОЙСТВО С МАГНИТО-СЪПРОТИВИТЕЛЕН ДАТЧИК ЗА ЧЕТЕНЕ

Техническа област на приложение

Настоящото изобретение се отнася до записващи дискови устройства с твърд магнитен носител, по-специално до такива дискови устройства, при които магнитният преобразувател за запис е в контакт с повърхността на магнитното записващо дисково устройство по време на четене и запис.

Състояние на техниката

При стандартните въртящи се дискови устройства с твърд магнитен носител с "въздушно лагеруване" всеки от преобразувателите за четене/запис (или главите) се поддържа от носач (или плъзгач), който се движи върху въздушна възглавница или въздушен лагеруващ слой над повърхността на съответния диск, когато дискът се върти с работната си скорост. Плъзгачът е свързан към линеен или въртящ се задвижващ механизъм чрез сравнително крехък окачващ елемент. В дисковото устройство може да има няколко диска, при което задвижващият механизъм поддържа множество плъзгачи. Задвижващият механизъм задвижва плъзгачите предимно радиално, така че всяка глава може да има достъп до областта за запис на повърхността на съответния диск. При тези стандартни дискови устройства плъзгачът е свързан към окачващия елемент и, или е наклонен към повърхността на диска под действие на малка сила от страна на окачващия елемент, или се притиска под действие на собствената си тежест към диска посредством едно "отрицателното налягане" на повърхността на въздушното лагеруване. Обикновено плъзгачът е в контакт с повърхността на диска само по време на операциите на стартиране и прекъсване; т.е. от времето, когато дисковото устройство се включи, до момента, в който скоростта на диска

стане достатъчна за задвижване на плъзгача по въздушния лагеруващ слой, и след това от момента на изключване на дисковото устройство и скоростта на въртене на диска стане по-малка от необходимата за създаване на въздушното лагеруване.

Стандартната глава, използвана за четене и запис на данни върху дискове с тънък магнитен слой в дисковите устройства с въздушно лагеруване, представлява индуктивна глава за четене/запис с двойна функция. Тъй като такава глава трябва да може и да чете, и да записва данни, трябва да се направят съответствия в конструкцията на главата и параметрите на диска, за да се оптимизират сигналите за четене и запис на данни в дисковото устройство. За преодоляване на тези недостатъци се предлага заедно с индуктивните записващи глави в дисковите устройства с въздушно лагеруване да се използват магнито-съпротивителни (МС) датчици за четене (или глави), които генерират сигнал за четене в резултат на промяна на електрическото съпротивление, предизвикана от магнитните полета, записани на диска. Например в патента на САЩ на същия притежател №3908194 е описана "разширена" глава с тънък магнитен слой, в която са комбинирани МС глава за четене и индуктивна глава за запис. Първото записващо устройство с твърд магнитен носител с въздушно лагеруване, използващо МС глава за четене и индуктивна глава за запис, пуснато в продажба, е дисковото устройство "Corsair" на IBM, излязло на пазара през 1991.

Още от началния етап на магнитното записване е известно, че се предпочита "контактният" запис, тъй като амплитудата на сигнала за четене от диска намалява с увеличаване на разстоянието между главата и диска. Поради това, освен описаните по-горе стандартни дискови устройства с

въздушно лагеруване, са предложени и "контактни" записващи дискови устройства с твърд магнитен носител.

При един вид контактен запис, обозначаван като контактен запис с "течно лагеруване", граничната повърхност между главата и диска включва течен слой като течно лагеруване между носача на датчика и диска. Съществуват няколко документа, които описват различни типове дискови устройства с течно лагеруване. В патент на САЩ №2969435 на същия притежател е описан носач на датчик (представляващ токоснимател с тесен процеп) с широка плоска повърхност, който се движи върху слой масло върху диска. Маслото се подава от резервоар извън дисковото устройство през дюза, разположена преди носача. Други примери за контактни записващи дискови устройства с течно лагеруване са описани в нашата заявка в САЩ в процедура рег. № 264 604, подадена на 31.10.1988г., публикувана на 09.05.1990г. като европейска заявка ЕР № 367 510, както и в патент на САЩ № 5 097 368, подаден на 20.12.1989. При тези видове дискови устройства с течно лагеруване течността циркулира непрекъснато през дисковото устройство, поддържайки сравнително плътен течен слой върху диска, а носачът на главата има множество контактни подложки, които минават през течния слой при въртенето на диска. В нашата скорошна заявка в процедура на САЩ №07/724 646 е описано дисково устройство с течно лагеруване, където върху диска се поддържа сравнително тънък смазочен слой, а носачът на преобразувателя, който има специално пригодени подложки или "ски крачета", се движи по повърхността на течния слой при въртенето на диска. Когато дисковото устройство достигне работната си скорост, предната част на носача на датчика се издига над течния слой поради ефекта на въздушното лагеруване, докато задната подложка или ски-краче се движи по повърхността на течния слой.

При друг вид контактен запис, обозначаван като "сух" контактен запис, дисковото устройство използва като неделим елемент "глава-окачващ елемент", който осъществява физически контакт с повърхността на диска при четене и запис. Както е описано например в патент на САЩ № 5 041 932, при този тип глава-окачващ елемент част от главата се износва поради триенето при допира с диска по време на работа на дисковото устройство. Друг вид "сухо" контактно записващо дисково устройство, като описаното в нашия патент на САЩ № 4 819 091, използва износоустойчив носач на глава, направен от единичен кристал, който се поддържа в контакт с диска чрез сили на привличане, създавани при триещия допир на носача и въртящия се диск. Въпреки че тези видове контактни записващи дискови устройства се обозначават като "сухи", възможно е върху диска да има тънък смазочен слой течност или филм, като този филм може да не действа като течно лагеруване по начина, по който действа при контактните записващи дискови устройства с течно лагеруване.

(**)

При всички тези методи за контактен запис за дискови устройства с твърд магнитен носител главата може да не бъде винаги във физически допир с работната повърхност на твърдия

При друг вид контактен запис, обозначаван като "сух" контактен запис, дисковото устройство използва като неделим елемент "глава-окачващ елемент", който осъществява физически контакт с повърхността на диска при четене и запис. Както е описано например в патент на САЩ № 5 041 932, при този тип глава-окачващ елемент част от главата се износва поради триенето при допира с диска по време на работа на дисковото устройство. Друг вид "сухо" контактно записващо дисково устройство, като описаното в нашия патент на САЩ № 4 819 091, използва износоустойчив носач на глава, направен от единичен кристал, който се поддържа в контакт с диска чрез сили на привличане, създавани при триещия допир на носача и въртящия се диск. Въпреки че тези видове контактни записващи дискови устройства се обозначават като "сухи", възможно е върху диска да има тънък смазочен слой течност или филм, като този филм може да не действа като течно лагеруване по начина, по който действа при контактните записващи дискови устройства с течно лагеруване.

**

В патентен документ на САЩ № 4 914 398 са разкрити метод и схема за отстраняване на адитивни преходни смущения в канал за данни, предизвикани от термични преходи, породени от своя страна от контактното движение на МС датчик по повърхността, на която се съхраняват данните. Проблемът за вълнообразността на основата (подложката) на диска по отношение на изходния сигнал от МС датчик не е свързан.

В документ на САЩ № А-3 908 194 е описана магнито-съпротивителна глава за запис и четене на и от магнитни записващи среди.

При всички тези методи за контактен запис за дискови устройства с твърд магнитен носител главата може да не бъде винаги във физически допир с работната повърхност на твърдия

диск поради наличието на течен слой и/или защото носачът на главата може периодичéски да пропуска или прескача (част от) повърхността на диска. Независимо от това, за целите на настоящото изобретение терминът "контактен" запис за дисковите устройства с твърд магнитен носител ще включва също така и тези видове "почти контактен" запис.

Никой от предлаганите контактни методи за запис не предвижда използване на МС датчик за четене, както и свързаните с него предимства, нито предлага средства за включването на такъв датчик в дисково устройство, чийто носач на главата се поддържа в контакт с диска по време на четене и запис. Поради това цел на изобретението е да се направи контактно записващо дисково устройство, използващо МС датчик за четене.

Същност на изобретението

Изобретението представлява контактно магнитно записващо дисково устройство, използващо магнито-съпротивителен (МС) датчик за четене. В едно предпочитаното изпълнение дисковото устройство е от типа на контактно записващите с течно лагеруване, като МС датчик е закрепен към допиращия се край на носач, който се движи върху течния слой.

Установено е, че поради изключително малкото разстояние между главата и диска при контактните записващи дискови устройства, "вълнообразността" на основната подложка на диска предизвиква модулация на т.нар. "базисен" сигнал върху изходния сигнал от МС датчик, породена от профила на диска. Определено е, че тази модулация се дължи на охлаждането на термо-чувствителния и повдигащия се в зависимост от температурата МС датчик спрямо диска, като промяната на температурата е пряко свързана с промяната на разстоянието глава-диск, предизвикана от вълнообразността на диска.

Работата на дисковото устройство съгласно настоящото изобретение може да се усъвършенства като се минимизира ефектът от модулацията на сигнала, предизвикана от профила на диска. В схемата за обработка на сигнала за четене може да се постави филтър, за да се премахне модулацията; МС датчик може да бъде направен с подбор на определени параметри, за да се минимизира ефектът на охлаждане на МС датчик, предизвикан от малкото разстояние между главата и диска; или контактната подложка на носача може да се направи така, че да бъде по-съвместима с един диск с определена вълнообразност.

За по-пълно разбиране на естеството и предимствата на настоящото изобретение следващото подробно описание ще бъде разгледано в съответствие с придружаващите чертежи.

Кратко описание на чертежите

На фиг.1 е показан схематично разрез на контактно записващо дисково устройство с течно лагеруване съгласно настоящото изобретение;

На фиг.2 е показан изглед отгоре на отвореното дисково устройство, изобразено схематично на фиг.1;

На фиг.3 е изобразен изглед отстрани на носача на главата върху диска, показан в сечение, за да се види течният филм;

На фиг.4 е показано общ изглед на дъното или страната откъм диска на носача на глава, показан на фиг.3;

На фиг.5 е изобразено увеличено сечение на участък от края на носача на главата и диск, като е илюстриран течният слой на границата между главата и диска;

На фиг.6 е показано сечение на монолитния единичен елемент глава-окачващ елемент и диска при сухо контактно записващо изпълнение на настоящото изобретение;

На фиг.7 е показана графика на напрежението на сигнала за четене от МС датчик във функция от времето докато носачът на главата е в контакт с въртящия се диск;

На фиг.8 е изобразена границата между главата и диска, показана на фиг.5 и модифицирана така, че да илюстрира вълнообразността на повърхността на диска;

На фиг.9 е показана графика на разликата между температурата на МС датчик и температурата на околната среда като функция на преднамагнитващия ток;

На фиг.10 е представена в блоков вид детекторната схема за четене, съдържаща филтър за отстраняване на модулацията на сигнала от МС датчик, предизвикана от профила на диска;

На фиг.11 е показан е действителен базисен сигнал от МС датчик от изтрита пътечка с постоянно напрежение и модулацията на базисния сигнал, предизвикана от вълнообразността на диска;

На фиг.12 е показано наслагването върху магнитния сигнал от МС датчик, записано при честота 13.5 MHz, наложено върху модулирания базисен сигнал съгласно фиг.11;

На фиг.13 е представена контактна подложка на носач на глава върху диск с определена вълнообразност; и

На фиг.14 е представено разстоянието между главата и диска, когато за диска, показан на фиг.13, се намали дължината на контактната подложка.

Описание на предпочитаните изпълнения

На фиг.1 схематично е изобразено сечение на изпълнение на контактен запис с течно лагеруване на дисковото устройство съгласно настоящото изобретение. Дисковото устройство се състои от капак 11 и основа 10, към която са закрепени двигател 12 за задвижване на диска и задвижващ механизъм 14.

Основата 10 и капакът 11 осигуряват по същество плътна обвивка за дисковото устройство. Обикновено между основата 10 и капака 11 има уплътнение 13 и малък отвор (не е показан) за изравняване на налягането между вътрешността на дисковото устройство и външната среда. Този вид дисково устройство се определя като по същество изцяло плътно обвито, тъй като двигателят му 12 е разположен изцяло в обвивката и няма подаване на въздух отвън за охлаждане на вътрешните компоненти. Магнитен записващ диск 16 се монтира към втулка 18, която е свързана към двигателя 12 и се завърта от него. Дискът 16 има тънък течен смазочен слой 50, който се поддържа на повърхността на диска 16 като течно лагеруване. Носач 20 за преобразувател задържа МС/индуктивна глава 42 за четене/запис. Носачът 20 е свързан към задвижващия механизъм 14 чрез неподвижно закрепено рамо 22 и окачващ елемент 24, който осигурява силата, притискаща носача 20 на преобразувателя към течния лагеруващ слой 50 върху записващия диск 16. При работа на дисковото устройство двигателят 12 върти диска 16 с постоянна скорост, а задвижващият механизъм 14, който обикновено е линеен или въртящ се индуктивен двигател (VCM), задвижва носача 20 на преобразувателя в предимно радиално направление по повърхността на диска 16, така че главата да може да достигне до различни пътечки с данни върху диска 16.

На фиг.2 е показан изглед отгоре на вътрешността на дисковото устройство при отстранен капак 11, като е изобразен по-подробно окачващият елемент 24, който осигурява силата, притискаща носача 20 към смазочния слой 50 на диска 16. Окачващият елемент 24 може да бъде стандартен, като например използвания при магнитните дискови устройства с плъзгач с въздушно лагеруване. Пример за такъв окачващ елемент е известният вид на Watrous, описан в патент на САЩ №4167765 на

същия притежател. Освен това този тип окачващ елемент осигурява карданно прикрепване на носача на преобразувателя, което позволява на носача да се колебае надлъжно и да се върти при движение по течния смазочен слой.

На фиг.3 е показан изглед отстрани на носача 20 на преобразувателя и сечение на диска 16 при реализацията на настоящото изобретение за контактно записващо устройство с течно лагеруване. Близо до задния край на носача 20 има контактна подложка във формата на ски-краче 40, а на допиращия му ръб 44 е разположена МС/индуктивна глава 42 за четене/запис. Ски-крачето 40 е предимно в контакт с течния слой 50 на диска 16, като през време на операции на четене и запис се притиска до допир със слоя от предварително създадената сила от прикрепения към него окачващ елемент 24. В предния край на носача 20 се осигурява повърхност 23 на въздушно лагеруване, спомагаща за издигането на предния край, докато задното ски-краче 40 се движи по смазочния слой 50 при въртене на диска 16 с работната му скорост.

Долната част на носача 20, разположена откъм страната на диска, е изобразена на фиг.4. Предната повърхност 23 за въздушно лагеруване съдържа двойка подложки 25, 27, които спомагат за получаване на ефекта на въздушно лагеруване на предния край на носача, както и за задържането му върху смазочния слой 50 когато дискът не се върти с работната си скорост. Повърхностите и подложките на носача 20 съгласно фиг.4 са направени по стандартните методи за изработване на плъзгащи елементи с въздушно лагеруване, като механична обработка, реактивно йонно ецване и йонно фрезоване.

Сечението съгласно фиг.5 показва част от диска 16 със смазочен слой 50 и увеличен участък от носача 20 с МС/индуктивна глава 42 за четене/запис, направена като

тънкослойна глава върху допиращия ръб 44. МС датчик за четене 60 и индуктивната глава за запис 70 са направени като тънки слоеве (филми) на задния или допиращ край 44 на носача 20, който служи като основа за полагането на филмите. МС датчик за четене 60 има край 61 и е разположен между разделени екрани 62, 63. МС датчик 60 често се обозначава като "лента" от магнито-съпротивителен материал с дебелина t (в направление успоредно на повърхността на диска) и височина h (в направление перпендикулярно на повърхността на диска). Индуктивната записваща глава 70 има бобина 73 (показана в разрез) и процеп за запис 75. Процепът 75 се определя от два накрайника, единият от които е накрайникът 76, а другият служи като МС екран 63. Краят 61 на МС датчик за четене 60 и процепът 75 на индуктивната глава за запис 70 са ориентирани към повърхността на диска 16 за четене и запис на данни и са отделени от края на ски-крачето 40. Краят на ски-крачето 40 и краят 61 на МС датчик 60 обикновено са в контакт със смазочния слой 50 на диска 16 по време на четене и запис. Тъй като за четенето на данни, записани на магнитния слой на диска 16, не е необходима индуктивната глава 70, нейната конструкция може да бъде оптимизирана за запис.

Съгласно фиг.2 данните, детектирани върху диска 16 от МС датчик 60 (фиг.5), който е част от главата 42, се обработват като сигнал за четене на данните в обратна посока от схема за обработка на сигналите в чип (интегрална схема) 30, разположен на рамото 22. Чипът 30 обикновено съдържа предусилвател и други схеми за обработка на сигнала, използващи стандартни методи за обработка, като например описаните в патенти на САЩ №4 706 138 и №4 786 993 на същия заявител. Сигналите от МС датчик минават по кабел 32 към чипа 30, който изпраща изходни сигнали по кабел 34.

На фиг.6 е показано странично сечение на изпълнените като единичен монолитен елемент глава-окачващ елемент 80 и сечение на диска 16 при изпълнение на настоящото изобретение като "сухо" контактно записващо устройство. Единичният елемент глава-окачващ елемент 80 изпълнява функцията и на окачващия елемент 24, и на носача 20 при изпълнението с течно лагеруване съгласно изпълнението на фиг.3. За разлика от него обаче, преобразувателят, показан като индуктивна глава за запис с накрайник 82, бобина 84 и МС датчик за четене 86, е вграден в монолитния елемент 80. Елементът глава-окачващ елемент 80 има износваща се подложка 88, която осъществява контакт с повърхността на диска 16 по време на четене и запис и бавно се износва при работа на дисковото устройство. Окачващата част на монолитния елемент 80 е прикрепена към задвижващ механизъм с предварително натегната извивка, така че към предната част се прилага сила, притискаща износващата се подложка 88 до допир с диска 16 и поддържаща този допир по време на четене и запис. На повърхността на диска 16 може да има тънък смазочен слой, върху който да се допира износващата се подложка 88, така че да се минимизира износването на контактната подложка и на диска.

Контактното записващо дисково устройство с течно лагеруване, представено на фигури от 1 до 5, беше изпитвано с диск 16 с дебелина 2-1/2", магнитен слой кобалт-платина-хром и защитно въглеродно покритие с дебелина 150 Ангстрьома. Чрез потапяне беше нанесена стандартна перфлуорополиетерна смазочна смес (Demnum brand SP) за формиране на течен слой 50 с дебелина приблизително 42 Ангстрьома върху въглеродното покритие. Носачът 20 на преобразувателя, изобразен на фиг.3, беше произведен чрез стандартно йонно фрезоване с въглеродна ски-подложка 40, простираща се на разстояние приблизително

1600 Ангстрьома от тялото на носача. Теглото, приложено към носача 20 от окачващия елемент 24, беше в обхвата от 4 до 6 грама. Взаимодействието на носача 20 с диска 16 във вид на силно триене (>0.2 грама) и отклонение на скоростта от нормалната достигна до приблизително 3-4m/s. Над тази скорост до скорост около 10m/s подложката 40 беше предимно в контакт с течния слой върху диска.

Обратният сигнал за четене от МС датчик 60 беше измерен по време на работа на дисковото устройство. Беше наблюдавано значително отклонение в базисния изходен сигнал от МС датчик 60. Беше установено, че тази флуктуация или модулация на базисния магнито-съпротивителен обратен сигнал за четене е синхронизирана с въртенето на диска. Базисният модулиран сигнал се добавя към магнитния сигнал, но не е с магнитен произход. Той не може да се изтрие с индуктивната глава за запис 70. Освен това беше установено, че съществува на немагнитни дискове. Установено беше, че амплитудата на този базисен модулиран сигнал е половината от магнитния сигнал при дискове с номинален преднамагнитващ ток, подаден към МС датчик 60. Тази неочаквана модулация на базисния сигнал може да доведе до грешки в обратния сигнал за четене, които могат да направят МС датчик неизползваем при контактно записващо дисково устройство.

Типичен базисен модулиран сигнал от МС датчик 60 е показан на фиг.7. Този сигнал беше получен със стандартен МС датчик на носача при диск, въртящ се с такава скорост, че моментната (локална) скорост на диска под носача 20, беше около 9m/s. Преднамагнитващ ток $\underline{I}$ от 12 mA беше подаден към МС датчик, който има специфичен температурен коефициент на съпротивление, обозначаван като $\underline{\beta}$, равен на 0.23%/°C. Максималната амплитуда от пик до пик на базисния сигнал,

_V(p-p) беше около 230μV. Базисният сигнал, показан на фиг.7, остана непроменен при всяко завъртане на диска. Формата на сигнала се промени, когато главата беше преместена на друго радиално положение върху диска, но новият сигнал също беше синхронизиран с въртенето на диска. Освен това при подаване на обратен преднамагнитващ ток към МС датчик, сигналът беше с обратна полярност.

Механизмът на получаване на базисната модулация може да бъде обяснен в съответствие с фиг.8. Повърхността на диска 16 не е абсолютно гладка, а има остатъчна вълнообразност. Тази вълнообразност има определен обхват на амплитуди и дължини на вълните, като средните им стойности могат да се обозначат съответно като ΔX и L. МС датчик 60 се движи по тази вълнообразна повърхност със средна стъпка X_o. Задната подложка 40 е направена така, че средната механична стъпка X_o да бъде около 100 Ангстрьома. Дискът 16 се намира при сравнително постоянна температура на околната среда T_o. МС датчик 60 обаче се намира при температура T_s, която е по-голяма от T_o поради ефекта на Джаул, породен от постоянния преднамагнитващ ток I. T_s се определя от мощността I^2R, подадена на МС датчик и отдадена от него към околната среда съгласно следната формула:

$$T_s - T_o = \frac{I^2R}{(G_o + G_1)} \sim \frac{I^2R(G_o - G_1)}{G_o^2} \qquad (1)$$

където R е съпротивлението на МС датчик 60, G_o е температурната проводимост от МС датчик 60 към носача 20, G_1 е температурната проводимост от МС датчик 60 към диска 16, като обикновено G_1 е много по-малко от G_o. По-голямата част от топлината се пренася от МС датчик 60 към вътрешността на тялото на носача 20. Ако обаче разстоянието между МС датчик

60 и диска 16 е малко, както е при контактния запис, част от топлината ще се предаде към диска през междината X_o, разделяща МС датчик 60 и диска 16. По този начин МС датчик 60 се охлажда през диска когато разстоянието между главата и диска е малко.

Степента на това охлаждане зависи от разликата $T_s - T_o$ и от температурната проводимост G_1 между МС датчик 60 и диска 16. На фиг.9 е представен този ефект като функция на преднамагнитващия ток I, подаван към МС датчик. Кривата "А" показва разликата между температурата на МС датчик и температурата на околната среда когато главата е повдигната на около 1mm над въртящия се диск. Кривата "В" показва тази разлика в темературите когато носачът се движи при разстояние между главата и диска от приблизително 100 Ангстрьома. Трябва да се отбележи, че при преднамагнитващ ток от 12mA температурата на МС датчик е с около 10°С по-ниска когато носачът се движи по течния слой. При този експеримент поради близостта на диска 16 и МС датчик 60 при контактния запис, МС датчик се беше охладил от 44°С до 34°С над температурата на околната среда. В резултат на описаните по-горе експериментални резултати, наблюдаваната модулация на базисния сигнал съгласно фиг.7 може да се обясни в рамките на този ефект на охлаждане. Вълнообразността на диска, показана на фиг.8, модулира температурната проводимост G_1 между МС датчик 60 и диска 16. Това от своя страна модулира степента на охлаждане и оттам - температурата на МС датчик. Флуктуациите в температурата на МС датчик водят до съответни флуктуации в съпротивлението, а това предизвиква получаването на базисен модулиран сигнал при постоянен преднамагнитващ ток, подаван към МС датчик.

За да се оптимизира работата на МС датчик, ако се

използва такъв датчик при контактното записващо дисково устройство, е необходимо да се разработят методи за премахване или минимизиране на тази неочаквана модулация на базисния сигнал. На фиг.10 е показан каналът за четене, използван съгласно настоящото изобретение. Стандартните, достъпни в търговската мрежа компоненти, изграждащи канала за четене, свързан с МС датчик 60, включват предусилвател 100, включен като част от стандартния чип за предусилване и за драйвер за запис, разположен обикновено на рамото на задвижващия механизъм (вж. чип 30 на фиг.1), изравнител/ филтър 102, схема за автоматично регулиране на усилването (АРУ) 104 и един от три канални елемента за обработка на сигнала. Тези три канални елемента, които могат да приемат изходния сигнал от изравнителя/филтъра 102, включват канал за детектиране на пикове 105, канал за частичен отклик (частична реакция) на максимално съвпадение (ЧОМС) 106 или канал за частичен отклик на цифров филтър (ЧОЦФ) 107.

Съгласно фиг.11 изходният сигнал от предусилвателя 100 представлява сигнал от празна пътечка с постоянно напрежение. По този начин на фиг.11 е показана модулацията на базисния сигнал, предизвикана единствено от вълнообразността на основата на диска. Изходният сигнал от предусилвателя 100 от същата пътечка, записан при сигнал с честота 13.5MHz, е показан на фиг.12. Следователно на фиг.12 е илюстриран ефектът на базисната модулация на обвивката на обратния магнитен сигнал за четене. Високочестотните компоненти и адитивният характер на резултантната обвивка на сигнала, показана на фиг.12, не могат да се коригират от схемата за АРУ 104 при стандартния записващ канал. Както се вижда на фигури 11 и 12, температурната модулация на базисния сигнал предизвиква значителни резки отклонения в амплитудата на

обратния сигнал за четене до 50% или повече. Ако не се коригира, тази обвивка на сигнала значително ще понижи допустимата границата на шума при детектиране на сигнала от каналните обработващи схеми 105, 106 или 107, което ще доведе до големи грешки в обратния сигнал за четене. Експериментално е установено, че ако максималната амплитуда на базисния сигнал е по-малка от 20% от амплитудата на обратния магнитен сигнал за четене, то изходният сигнал от канала за четене е приемлив, въпреки че грешките, дължащи се на шум, могат да бъдат по-големи. Обаче ако отношението на максимума или пика на амплитудата на базисния сигнал към амплитудата на обратния магнитен сигнал за четене е по-голямо от около 0.2, то трябва да се вземат мерки, за да се отстрани или да се минимизира модулацията на базисния сигнал. Фактът, че базисният модулиран сигнал се добавя към обратния сигнал за четене, позволява модулираният сигнал да се отстрани чрез подходящо филтриране.

Като се разгледа отново фиг.10, в записващия канал между схемата за АРУ 104 и изравнителя/филтъра 102 в качеството на коригиращ елемент на базисната модулация са включени високочестотен (ВЧ) еднополярен филтър 108 и буферен усилвател 110. При описаните експериментални резултати честотните компоненти на базисния модулиран сигнал са с честоти 200KHz и по-ниски, като главните отклонения на обвивката на сигнала са с честоти по-ниски от 100KHz. Еднополярен високочестотен филтър 108 с оптимално избрана честота на срязване ефективно премахва нежеланите ефекти, предизвикани от сигнала. Буферният усилвател 110 е необходим за съгласуване на импедансите и за компенсиране на загубите от ВЧ филтър. Определянето на честотата на срязване се базира на експериментални резултати и зависи от линейната скорост на

диска спрямо главата и вълнообразността на диска. За експерименталните данни, описани по-горе, беше определена честота на срязване приблизително 150KHz, което отговаря на отстраняване на амплитудни отклонения от приблизително 10% и повече.

Докато елементите, показани на фиг.10, са изобразени като дискретни и достъпни в търговската мрежа модули за записващ канал, възможно е да се интегрират всички функции, изпълнявани от елементите 104, 108, 110, 102 и една от сигналните канални опции за обработка 105, 106 или 107, в единичен чип. Понастоящем в търговската мрежа няма канален чип, съдържащ програмируем ВЧ филтър. Програмируемостта на честотата на срязване на ВЧ филтъра е необходима за оптимално премахване на базисния сигнал за различните видове дискове и скорости на въртене на дисковете. Такъв интегрален чип може обикновено да се направи от производители на смесени сигнални интегрални схеми, като напр. Analog Devices, VTC, Cirrus Logic или Plessey.

Както е показано на фиг.9, тъй като модулацията на базисния сигнал е функция на разликата между температурите на МС датчик и на диска - T_s - T_o, възможно е значително да се минимизира ефектът на нежелания сигнал чрез подходяща направа на МС датчик. Това може да се разбере от Ур.(1) по-горе.

Температурната проводимост Go от МС датчик 60 към носача 20 може да се определи като:

$$G_o = K_{INS}.w.h/g \qquad (2)$$

където K_{INS} е температурната проводимост на изолаторния материал в областта на процепа между МС датчик 60 и съседните екрани 62, 63 (фиг.8); g е ширината на процепа между МС датчик 60 и екраните 62, 63; w е ширината на пътечката; а h е височината на МС датчик 60. Температурната проводимост G_1 от

МС датчик 60 към диска 16 може да се определи като:

$$G_1 = K_{HD}.w.t/(X_o + dX) \sim K_{HD}.w.t.(X_o + dX)/X_o^2 \qquad (3)$$

където K_{HD} е температурната проводимост на граничната повърхност глава-диск, t е дебелината на МС датчик 60, а dX е отклонението на разстоянието глава-диск от X_o. Съпротивлението R на МС датчик се определя от:

$$R = p.w/(t.h) \qquad (4)$$

където p е специфичното съпротивление на МС датчик. Замествайки уравнения от (2) до (4) в уравнение (1) и използвайки известното съотношение, че промените във флуктуациите на сигнала на МС датчик са свързани с промените в температурата чрез следната зависимост:

$$dV = I.R.\beta.dT \qquad (5)$$

то

$$dV = (p/K_{INs})^2.\beta.K_{HD}.wI^3(g^2/(t.h^4))(dX/X_o^2) \qquad (6)$$

По този начин уравнение (6) изразява промяната на напрежението dV на сигнала на МС датчик в зависимост от промяната на разстоянието dX между МС датчик 60 и диска 16. Изходният магнитен сигнал на МС датчик 60 се дава чрез следното уравнение:

$$S \sim p_m.I.w/(t^2.h) \qquad (7)$$

където p_m е магнитното съпротивление на материала, от който е направен датчикът.

Като се вземат предвид уравнения (6) и (7) и по този начин отчитайки факторите, които определят dV и S, е възможно да се конструира МС датчик така, че да се минимизира dV без да се променя значително S чрез вариране на определени

параметри. Както беше казано по-горе, ако dV/S се поддържа под приблизително 0.2, изходният сигнал от МС датчик 60 може да бъде приемлив. Тъй като dV зависи обратно пропорционално от височината на датчика h на четвърта степен, а S зависи обратно пропорционално от h само линейно, то леко увеличаване на h ще намали значително dV/S. Аналогично, слабо понижаване на тока на предмагнитване I може да има същия ефект, защото dV зависи от I на трета степен, а S зависи от него линейно. От уравнения (6) и (7) е ясно, че подходящо намаление на дебелината t на датчика и съответно намаляване на тока на предмагнитване I (за да се поддържа S на желаното ниво) също ще намали dV/S. Освен това, изборът на подходящ материал с висока температурна проводимост K_{INS} на процепа между МС датчик 60 и екраните 62, 63 може да понижи температурата на МС датчик 60 по време на работа и да намали dV в зависимост от квадрата на увеличаването на стойността на K_{INS}. Така чрез подходящ избор на тези конструктивни параметри на МС датчик е възможно да се направи контактно записващо дисково устройство с МС датчик, което минимизира ефекта на нежеланото модулиране на базисния сигнал, предизвикано от вълнообразността на основата (подложката) на диска, без да е необходим филтър в канала за четене.

Освен това възможно е да се минимизира ефектът на модулация на базисния сигнал чрез изработване на възможно по-гладки дискове. Тъй като dV е право пропорционално на dX, както се вижда от уравнение (6), dV става нула при идеално гладък диск (dX = 0). Обаче, тъй като допустимата гладкост на диска е ограничена, един друг подход се състои в това да се минимизира максималният размер или "дължината" на контактните подложки на носача на главата или да се осигури дължината им да бъде по-малка от периода на "вълните" по диска. Периодът

на вълните може да се дефинира като линейното разстояние от връх до връх или от вдлъбнатина до вдлъбнатина по повърхността на диска (вж. периода на вълните $\underline{L}$ на фиг.8). Така на фиг.13 е показано идеализирано представяне, където частта на носача на главата, която е в контакт с диска, т.е. контактната подложка 150 с МС датчик 160, се движи по диск 170 с период на вълните $\underline{L}$ и амплитуда $\underline{\Delta X}$. Промяната $\underline{dX}$ на разстоянието между МС датчик 160 и повърхността на диска 170 се дължи отчасти на това, че дължината на контактната подложка 150 е по-голяма от средния период на вълните $\underline{L}$. По този начин ефектът на модулацията на базисния сигнал може да се намали като се осигури дължината на контактната подложка да бъде по-малка от $\underline{L}$ чрез намаляване на дължината й и/или чрез повишаване на гладкостта на диска, така че подложката 150 да има достатъчно малки размери, за да се вмести между пиковете върху диска. Това е показано на фиг.14, където е представена тясна контактна подложка 180 с дължина много по-малка от $\underline{L}$, която следва кривините на диска 170, намалявайки по този начин $\underline{dX}$ и минимизирайки dV/S.

Доколкото предпочитаните изпълнение на настоящото изобретение бяха подробно описани, ясно е, че специалистите в областта на техниката могат да направят модификации и преработки, без да се отделят от обхвата на настоящото изобретение, както е изложено в следващите претенции.

ПАТЕНТНИ ПРЕТЕНЦИИ

1.Дисково устройство за запис на данни, състоящо се от:

магнитен записващ диск за съхранение на данни;

средства за завъртане на диска, свързани с диска;

магнито-съпротивителна глава за детектиране на данните, записани на диска;

носач за поддържане на магнито-съпротивителната глава;

средства за притискане на носача най-общо до допир с диска по време на четене на данните от магнито-съпротивителната глава; и

средства, свързани с носача за придвижване по диска на носача и поддържаната от него магнито-съпротивителна глава.

2.Дисково устройство съгласно претенция 1, в което дискът има течен слой по повърхността си за осигуряване на течно лагеруване и в което носачът включва средства за задържането му върху течния лагеруващ слой.

3.Дисково устройство съгласно претенция 2, в което носачът съдържа ски-краче за придвижване по течния слой.

4.Дисково устройство съгласно претенция 2, в което носачът съдържа множество подложки, минаващи през течния слой.

5.Дисково устройство съгласно претенция 1, в което носачът съдържа износваща се повърхност, която се износва по време на контакт с диска.

6.Дисково устройство съгласно претенция 5, в което по повърхността на диска има смазочен слой, допиращ се до износващата се повърхност на носача.

7.Дисково устройство съгласно претенция 1, в което носачът и средствата за поддържането му в контакт с диска са оформени като монолитен елемент глава-окачващ елемент, който има износваща се повърхност за контакт с диска.

8.Дисково устройство съгласно претенция 7, в което по повърхността на диска има смазочен слой, допиращ се до износващата се повърхност на монолитния елемент глава-окачващ елемент.

9.Дисково устройство съгласно претенция 1, състоящо се освен това от средства, свързани с магнито-съпротивителната глава за обработка на сигнала, представляващ данните, прочетени от диска от магнито-съпротивителната глава.

10.Дисково устройство съгласно претенция 1, състоящо се освен това от средства за минимизиране на модулацията на базисния сигнал, генериран от магнито-съпротивителната глава при четене на данните от диска.

11.Дисково устройство съгласно претенция 10, в което средствата за минимизиране на модулацията на базисния сигнал съдържат средства за филтриране на модулирания базисен сигнал, генериран от магнито-съпротивителната глава.

12.Дисково устройство съгласно претенция 10, в което средствата за минимизиране на модулацията на базисния сигнал съдържат освен това средства за поддържане на температурата на магнито-съпротивителната глава под предварително определена стойност.

13.Дисково устройство съгласно претенция 10, в което височината на магнито-съпротивителната глава има такава стойност, че отношението на модулирания базисен сигнал към амплитудата на магнитния сигнал, определен от магнито-съпротивителната глава, е по-малко от приблизително 0.2.

14.Дисково устройство съгласно претенция 10, състоящо се освен това от средства за подаване към магнито-съпротивителната глава на преднамагнитващ ток с такава стойност, че отношението на модулирания базисен сигнал към

амплитудата на магнитния сигнал, определен от магнито-съпротивителната глава, е по-малко от приблизително 0.2.

15.Дисково устройство съгласно претенция 1, в което частта от носача, която е в допир с диска, има дължина по-малка от периода на вълнообразностите по повърхността на диска, чрез което всякаква модулация на базисния сигнал, генериран от магнито-съпротивителната глава, няма вредно въздействие върху данните, четени от магнито-съпротивителната глава.

16.Дисково устройство съгласно претенция 1, в което отношението на модулацията на базисния сигнал, генериран от магнито-съпротивителнаата глава, към амплитудата на магнитния сигнал, определен от магнито-съпротивителната глава, е по-малко от приблизително 0.2.

17.Дисково устройство съгласно претенция 1, съдържащо освен това индуктивна глава за запис на данни върху диска, свързана с носача.

18.Магнитно записващо дисково устройство,състоящо се от

записващ диск с твърд магнитен носител;

двигател, свързан с диска за въртене на диска;

магнито-съпротивителен датчик за четене на данни от диска;

носач за поддържане на датчика за четене, който се притиска до допир с диска по време на четенето на данни от датчика за четене;

задвижващ механизъм, свързан с носача за придвижване на носача предимно радиално по диска, така че датчикът за четене да може да достигне до различни области с данни върху диска;

средства, свързани с датчика за четене за обработка на сигнала, прочетен от диска от датчика за четене; и

средства за поддържане на двигателя и задвижващия механизъм.

19.Дисково устройство съгласно претенция 18, в което по повърхността на диска има течен слой за осигуряване на течно лагеруване,и в което носачът включва средства за поддържането му върху течния лагеруващ слой.

20.Дисково устройство съгласно претенция 19, в което носачът съдържа ски-краче за придвижване по течния слой.

21.Дисково устройство съгласно претенция 19, в което носачът съдържа множество подложки за преминаване през течния слой.

22.Дисково устройство съгласно претенция 18, в което носачът съдържа износваща се повърхност, която се износва при контакт с диска.

23.Дисково устройство съгласно претенция 22, в което дискът има смазочен слой, допиращ се до износващата се повърхност на носача.

24.Дисково устройство съгласно претенция 22, в което носачът представлява монолитен елемент глава-окачващ елемент, който има износваща се повърхност за допир с диска, и в което монолитният елемент включва окачващ елемент за поддържане на износващата се повърхност най-общо в контакт с диска.

25.Дисково устройство съгласно претенция 24, в което дискът има смазочен слой, за контакт с износващата се повърхност на монолитния елемент глава-окачващ елемент.

26.Дисково устройство съгласно претенция 18, състоящо се освен това от средства, свързани със средствата за обработка на сигнала, за минимизиране на модулацията на базисния сигнал, генериран от магнито-съпротивителната глава за четене.

27.Дисково устройство съгласно претенция 26, в което средствата за минимизиране на модулацията на базисния сигнал съдържат освен това средства за филтриране на модулирания

базисен сигнал, генериран от магнито-съпротивителната глава за четене.

28.Дисково устройство съгласно претенция 26, в което средствата за минимизиране на модулацията на базисния сигнал съдържат освен това средства за поддържане на температурата на магнито-съпротивителната глава за четене под определена стойност.

29.Дисково устройство съгласно претенция 18, в което височината на магнито-съпротивителния датчик за четене има такава стойност, че отношението на модулирания базисен сигнал, определен от магнито-съпротивителния датчик за четене, към амплитудата на магнитния сигнал, определен от магнито-съпротивителния датчик за четене, е по-малко от приблизително 0.2.

30.Дисково устройство съгласно претенция 18, в което изолационният материал в процепа на магнито-съпротивителния датчик за четене има температурна проводимост достатъчна за охлаждане на магнито-съпротивителния датчик за четене до такава степен, че отношението на модулирания базисен сигнал, определен от магнито-съпротивителния датчик за четене, към амплитудата на магнитния сигнал, определен от магнито-съпротивителния датчик за четене, е по-малко от приблизително 0.2.

31.Дисково устройство съгласно претенция 18, състоящо се освен това от средства за подаване към магнито-съпротивителния датчик за четене на преднамагнитващ ток с такава големина, че отношението на модулирания базисен сигнал към амплитудата на магнитния сигнал, прочетен от магнито-съпротивителния датчик за четене, е по-малко от приблизително 0.2.

32.Дисково устройство съгласно претенция 18, в което дискът има вълнообразност, пораждаща модулация на базисния сигнал, прочетен от магнито-съпротивителния датчик за четене

и в което частта от носача, която е в допир с диска, има дължина по-малка от периода на вълнообразностите по повърхността на диска, при което всякаква модулация на базисния сигнал от магнито-съпротивителния датчик за четене няма вредно въздействие върху данните, прочетени от магнито-съпротивителния датчик за четене.

33.Дисково устройство съгласно претенция 18, в което дискът има вълнообразност, пораждаща модулация на базисния сигнал от магнито-съпротивителния датчик за четене, и в което отношението на модулирания базисен сигнал към амплитудата на магнитния сигнал, прочетен от магнито-съпротивителния датчик за четене, е по-малко от приблизително 0.2.

34.Дисково устройство съгласно претенция 18, състоящо се освен това от индуктивна глава за запис, свързана с носача, за запис на данни върху диска.

ПРОМЕНЕНИ ПАТЕНТНИ ПРЕТЕНЦИИ

1.Дисково устройство за запис на данни, състоящо се от:

записващ диск с твърд магнитен носител за съхранение на данни;

средства за завъртане на диска, свързани с диска;

магнито-съпротивителна глава за (детектиране) генериране на сигнал в съответствие с данните, записани магнитно на диска;

носач за поддържане на магнито-съпротивителната глава;

средства за притискане на носача (най-общо) до контакт с диска по време на четене на данните от магнито-съпротивителната глава; (и)

средства за обработка на сигнала от магнито-съпротивителната глава, като сигналът се приема от средствата за обработка почти без модулация на базисния сигнал; и

средства, свързани с носача за придвижване на носача и поддържаната от него магнито-съпротивителна глава по диска, който включва течен слой по повърхността си за осигуряване на течно лагеруване, където носачът включва средства за поддържането му върху течния лагеруващ слой.

2.Дисково устройство съгласно претенция 1, в което носачът съдържа ски-краче за придвижване по течния слой.

3.Дисково устройство съгласно претенция 1, в което носачът съдържа множество подложки, за преминаване през течния слой.

4.Дисково устройство съгласно претенция 1, в което носачът включва износваща се повърхност, която се износва при контакт с диска.

5.Дисково устройство съгласно претенция 4, в което по повърхността на диска има смазочен слой, допиращ се до износващата се повърхност на носача.

6.Дисково устройство съгласно претенция 1, в което носачът и средствата за поддържането му в контакт с диска са оформени като монолитен елемент глава-окачващ елемент, който има износваща се повърхност за допир с диска.

7.Дисково устройство съгласно претенция 6, в което по повърхността на диска има смазочен слой, допиращ се до износващата се повърхност на монолитния елемент глава-окачващ елемент.

8.Дисково устройство съгласно претенция 1, състоящо се освен това от средства, свързани с магнито-съпротивителната глава за обработка на сигнала, представляващ данните, детектирани от диска от магнито-съпротивителната глава.

9.Дисково устройство съгласно претенция 1, състоящо се освен това от средства за минимизиране на модулацията на базисния сигнал, генериран от магнито-съпротивителната глава при четене на данните от диска.

10.Дисково устройство съгласно претенция 9, в което средствата за минимизиране на модулацията на базисния сигнал съдържат средства за филтриране на модулирания базисен сигнал, генериран от магнито-съпротивителната глава.

11.Дисково устройство съгласно претенция 9, в което средствата за минимизиране на модулацията на базисния сигнал съдържат освен това средства за поддържане на температурата на магнито-съпротивителната глава под предварително определена стойност.

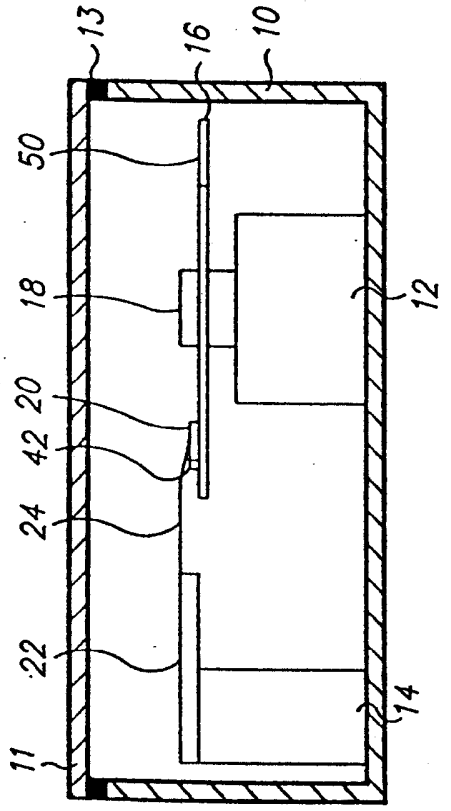
12.Дисково устройство съгласно претенция 9, в което височината на магнито-съпротивителната глава има такава стойност, че отношението на модулирания базисен сигнал към амплитудата на магнитния сигнал, прочетен от магнито-съпротивителната глава, е по-малко от приблизително 0.2.

13.Дисково устройство съгласно претенция 9, състоящо се освен това от средства за подаване към магнито-съпротивителната глава на преднамагнитващ ток с такава големина, че отношението на модулирания базисен сигнал към амплитудата на магнитния сигнал, прочетен от магнито-съпротивителната глава, е по-малко от приблизително 0.2.

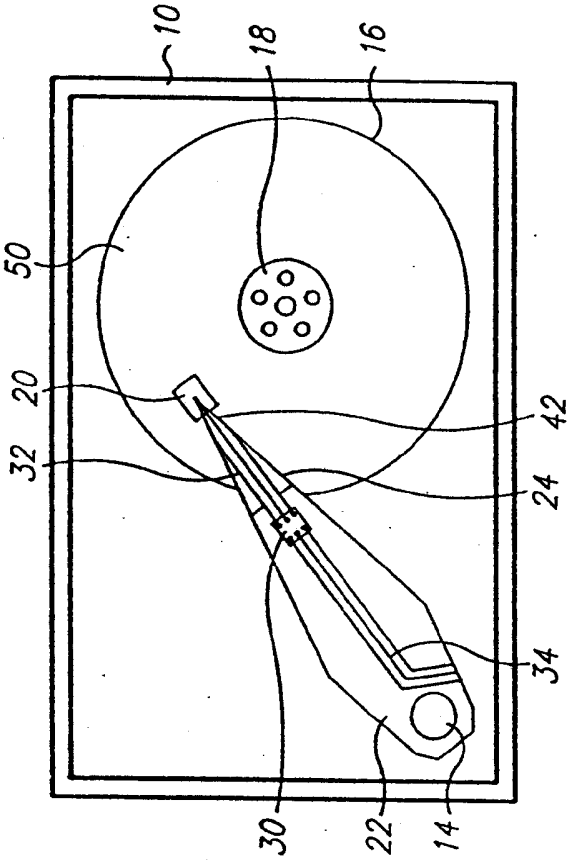
14.Дисково устройство съгласно претенция 1, в което частта от носача, която е в допир с диска, има дължина, по-малка от периода на вълнообразностите по повърхността на диска, чрез което всякаква модулация на базисния сигнал, генериран от магнито-съпротивителната глава, няма вредно въздействие върху данните, прочетени от магнито-съпротивителната глава.

15.Дисково устройство съгласно претенция 9, в което отношението на модулирания базисен сигнал, генериран от магнито-съпротивителнаата глава, към амплитудата на магнитния сигнал, прочетен от магнито-съпротивителната глава, е по-малко от приблизително 0.2.

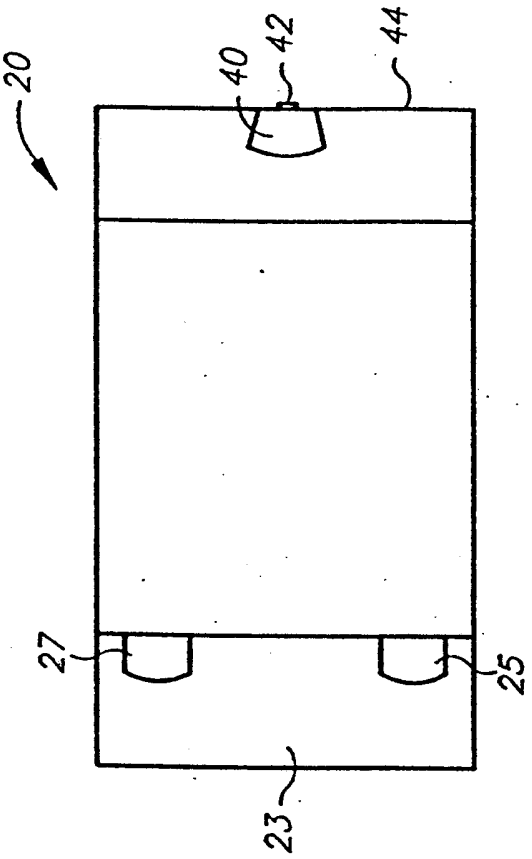
16.Дисково устройство съгласно претенция 1, състоящо се освен това от индуктивна глава за запис, свързана с носача, за запис на данни върху диска.



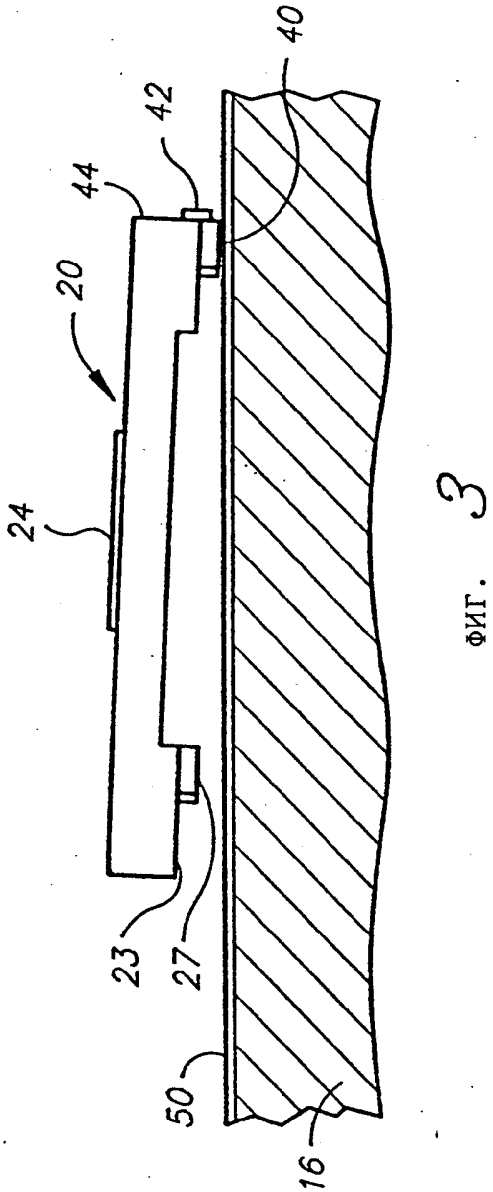
ФИГ. 1



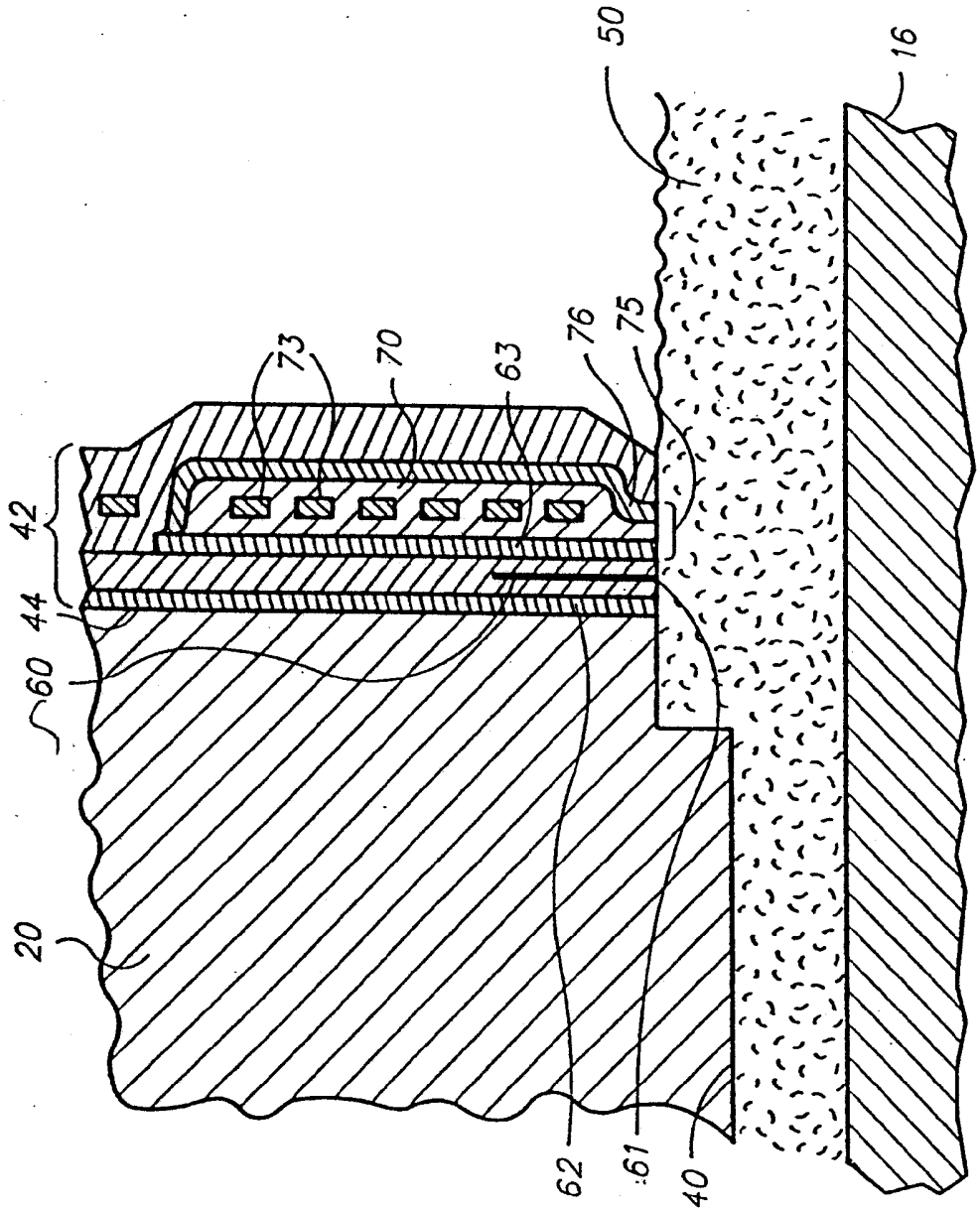
ФИГ. 2



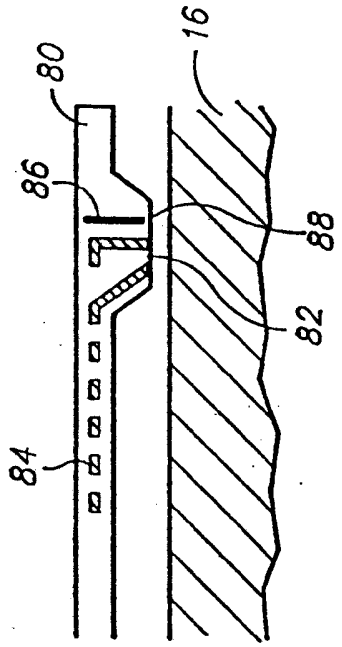
ФИГ. 4



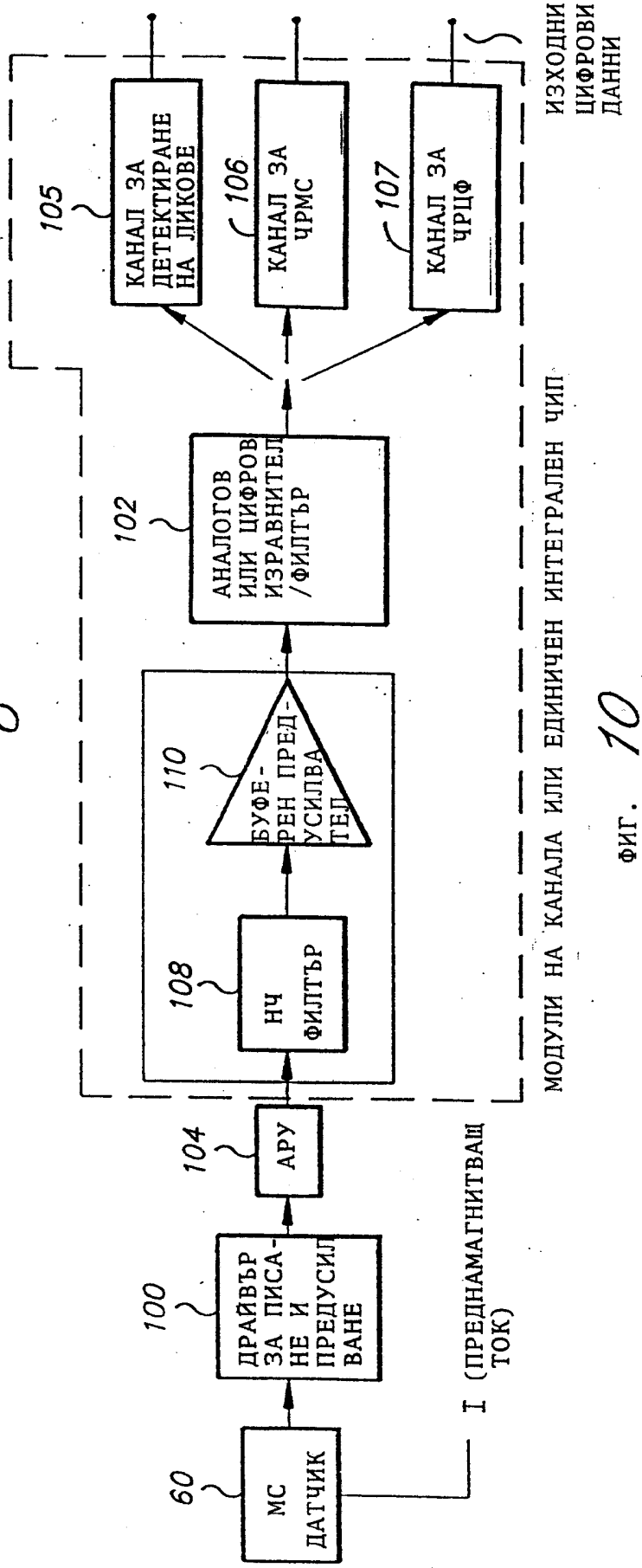
ФИГ. 3



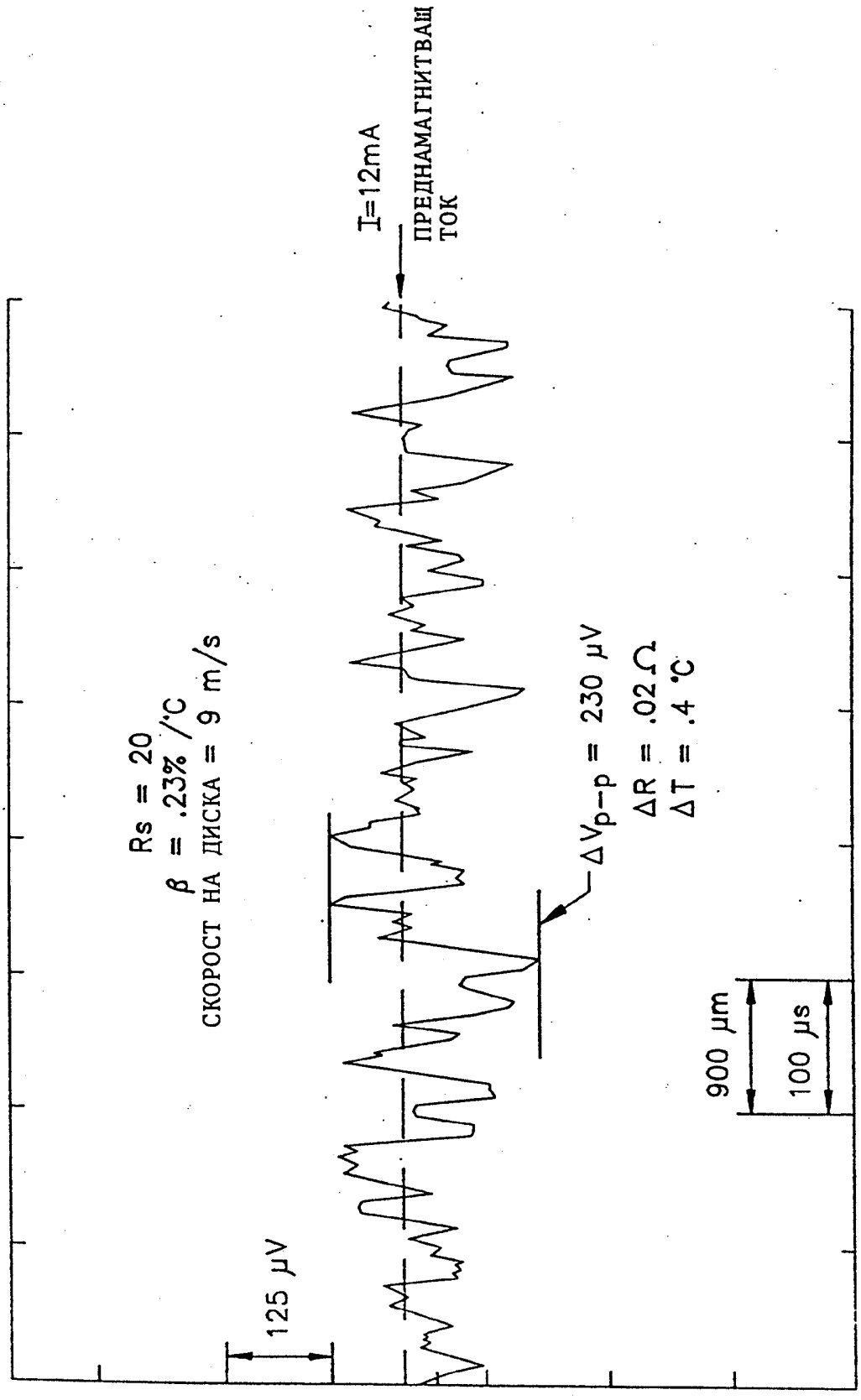
ФИГ. 5


80
16
86
88
82
84

6

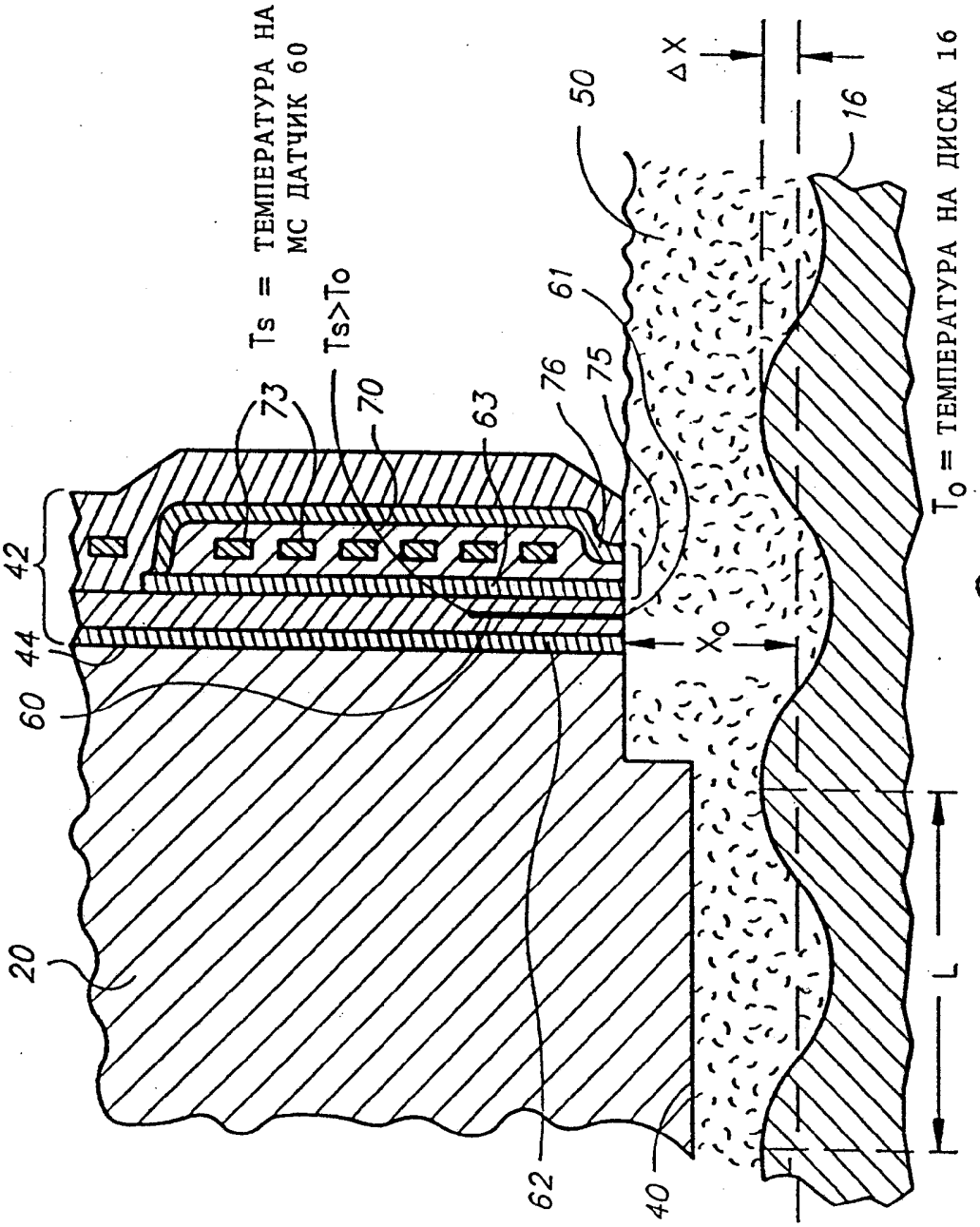

МОДУЛИ НА КАНАЛА ИЛИ ЕДИНИЧЕН ИНТЕГРАЛЕН ЧИП
ИЗХОДНИ ЦИФРОВИ ДАННИ
I (ПРЕДНАМАГНИТВАЩ ТОК)
60
МС ДАТЧИК
100
ДРАЙВЪР ЗА ПИСАНЕ И ПРЕДУСИЛВАНЕ
104
АРУ
108
НЧ ФИЛТЪР
110
БУФЕРЕН ПРЕДУСИЛВАТЕЛ
102
АНАЛОГОВ ИЛИ ЦИФРОВ ИЗРАВНИТЕЛ /ФИЛТЪР
105
КАНАЛ ЗА ДЕТЕКТИРАНЕ НА ЛИКОВЕ
106
КАНАЛ ЗА ЧРМС
107
КАНАЛ ЗА ЧРЦФ

ФИГ. 10

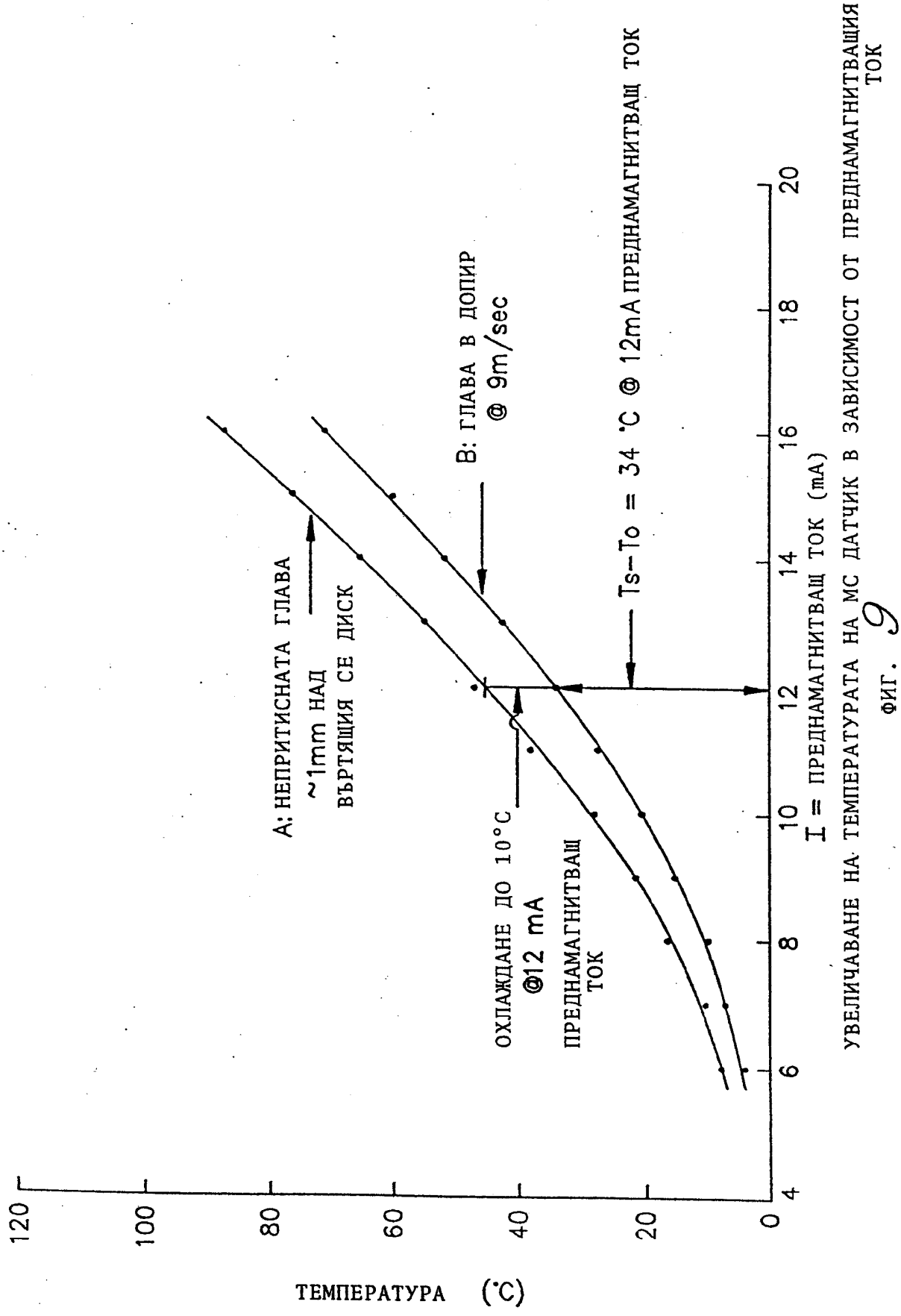


БАЗИСЕН МОДУЛИРАН СИГНАЛ ОТ МС ДАТЧИК

ФИГ. 7

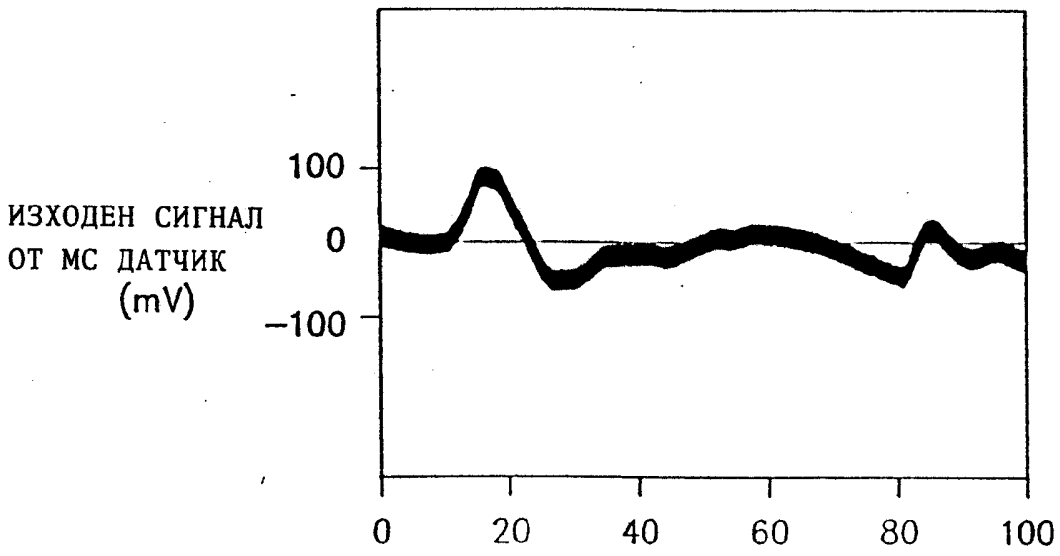

Ts = ТЕМПЕРАТУРА НА МС ДАТЧИК 60
Ts>To
To = ТЕМПЕРАТУРА НА ДИСКА 16
ΔX
Xo
L
73
70
63
76
75
61
50
16
42
44
60
20
62
40

ФИГ. 8



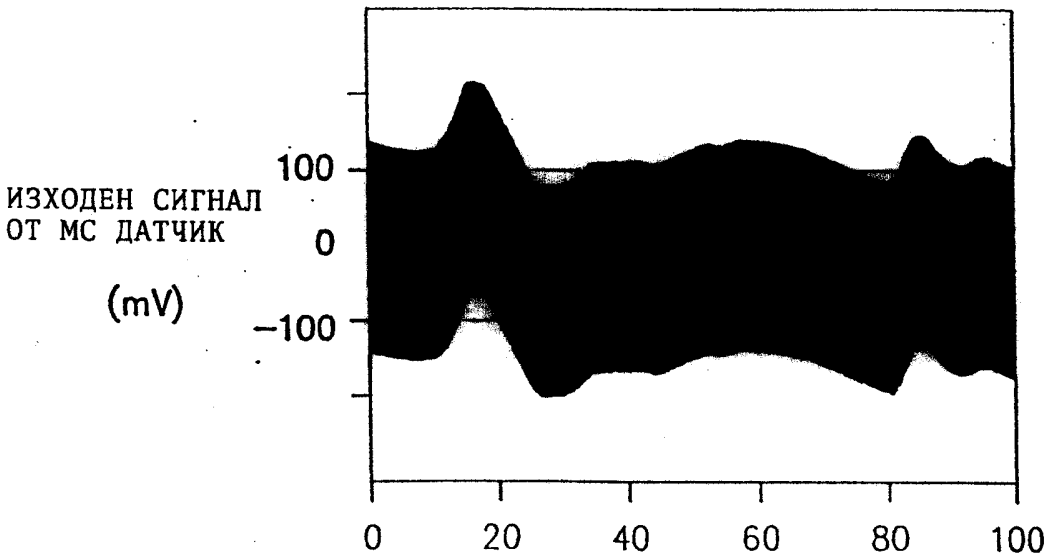
УВЕЛИЧАВАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА МС ДАТЧИК В ЗАВИСИМОСТ ОТ ПРЕДНАМАГНИТВАЩИЯ ТОК

ФИГ. 9



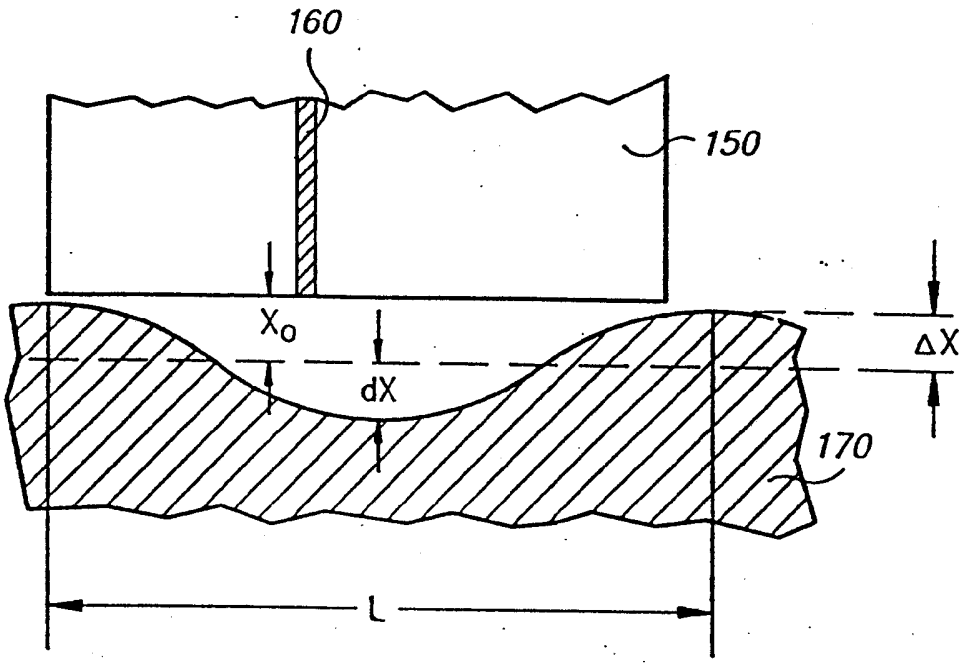
ИЗТРИТА ПЪТЕКА С ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

ФИГ. 11

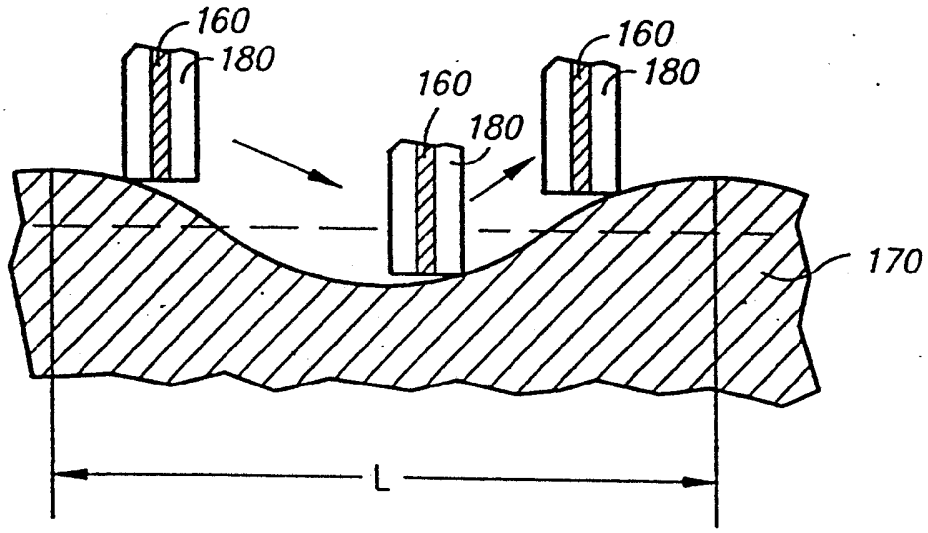


13.5 MHz ЗАПИСАН СИГНАЛ

ФИГ. 12



ФИГ. 13



ФИГ. 14