

實用化되는 垂直磁氣記錄 技術

Laser의 導入에 의한 DAD技術은 Audio 분야에 있어서 종래의 Tape나 Disc에 비해 革新的인 開發로 높이 評價되고 있는데, 이에는 비교할 수 없지만, Tape에의 水平磁氣記錄 技術을 垂直磁氣記錄 技術로 한 次元 提高시켜 單位 Tape 面積에 대한 記錄密度를 數十倍로 향상시킨 일은 불과 얼마전의 일이었다. 그런데 최근 이 技術의 實用化가 급진전되고 있어 머지않아 Audio技術을 다시한번 흔들어 놓을 것 같다.

최근 Sony中央研究所는 垂直磁氣記錄方式의 實用化를 진전시키기 위하여 高感度, 高分解 기능을 實現한 新構造의 單磁極 Head「WSP Head (W 形 單磁極 Head, W-shaped Single Pole Head)」, 또한 同 Head에 最適인 「2層 記錄媒体」를 試作하였다. 또한 同時에 이 新技術을 이용한 「垂直磁氣記錄方式 3.5inch Flexible Disc」를 試作하여, 線 記錄密度 65.5Kbit/inch, 轉送 Rate 5M bit/秒 (5.25inch Hard Disc와 동등), 記憶容量 4M Byte/片面이라고 나타나 있으며, Flexible Disc의 영역에서 세계 最高의 大記錄密度, 高速 轉送속도, 大記憶容量을 달성하였다.

이것은 大용량의 情報 記錄媒体로 이용되고 있는 Computer用 5.25inch Hard Disc와 비교해서 記錄容量이 數倍, 轉送속도는 동등이라고 하는 획기적인 고성능을 지니고 있는 것으로 밝혀져 주목되고 있다.

이 결과, 垂直 磁氣記錄方式 Flexible Disc는 금후, 점차로 大용량 情報축적, 고속처리가 필요로 하는 情報機器에 대해서 크나큰 Impact를 주는 동시에, 情報 記錄裝置로서 새로운 영역을

개척하게 될 것이다.

本橋에서는 주로 WSP Head, 媒体, 試作裝置에 대해 살펴보는데, 그에 앞서 垂直磁氣記錄의 성질과 특징에 대하여 간단히 알아본다.

1. 垂直磁氣記錄의 기본 性質과 특징

垂直磁氣記錄方式(이하, 垂直記錄方式이라함)은 76년에 日本 東北大學의 岩崎俊一 教授에 의해 提案된 기록방식으로, 圖 1에 표시한 것처럼 기록媒体面に 垂直의 方向으로 磁化해서 情報를 기록하는 것이다.

이것은 현재의 水平磁氣記錄方式(링 Head를 사용해서 기록 媒体의 走行방향(수평방향)의 磁化로써 情報를 기록하는 방식, 이하 水平記錄方式이라 함. 圖2 참조)에 비교해 볼 때 減磁效果가 原理적으로 적은 특징을 지닌, 高密度 기록에 적합한 기록방식으로 日本은 물론이고 세계 각국에서 연구개발이 추진되고 있다.

水平記錄에서는 媒体의 입접해서 겹쳐진 때에 正負 磁化의 境界에서 N極과 N極, 또는 S極과 S極이 서로 마주치게 되기 때문에, 媒体의 磁化는 강한 減磁作用을 받게 된다.

이 減磁作用은 기록 波長이 짧아지는 등의 현상으로 고밀도 기록을 저해하는 방향으로 움직인다.

한편 垂直記錄에서는 入접한 채 겹쳐진 때에 磁化의 境界에서 N極과 S極이 平行하기 때문에, 減磁作用이 감소되어 강한 殘留磁化가 保持될 수 있는 것이다.

그러나 기록 波長이 짧아지게 되는 등 이 減磁作用은 감소한다고 하는 본질적으로 高密度 기록에 적합한 성질을 지니고 있다. 이처럼 우

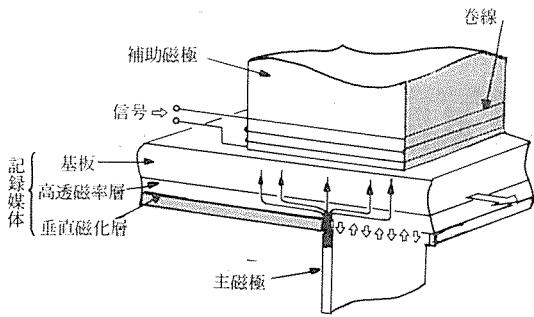


圖 1. 垂直磁氣記錄 (補助磁極勵磁形 Head)

수한 성질을 가지고 있는 垂直記錄을 실현하기 위해서는 媒体의 수직 방향으로 磁化하기 쉬운 媒体와 수직 방향에 磁界의 主成分을 지니고, 한편으로는 그 垂直磁界 분포가 예민하게 되어 있는 Head가 필요하다.

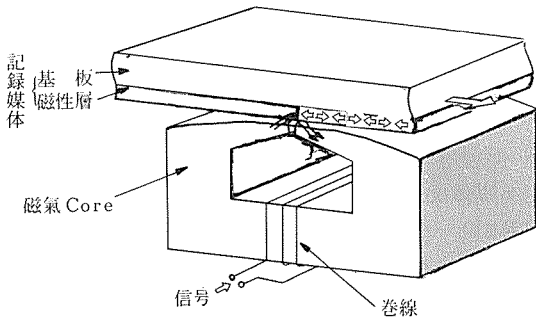


圖 2. 水平磁氣記錄

또 垂直記錄은 水平記錄과는 달리 흥미진진한 사항과 성질을 많이 갖고 있으며, 종래의 水平記錄에 구속되지 않는 兪想의 轉換이 필요하다.

2. 垂直記錄用 Head

垂直記錄用 Head로서는 東北大 岩崎 教授의 Group에 의해 개발된 補助磁極勵磁形 Head (圖 1) 이 좁은 垂直방향 磁界 分布를 지니고 있어 우수하다. 이것은 圖 2에 보인 바와 같이 短冊狀의 파말로이 등의 高透磁率 薄膜(두께 $1\mu\text{m}$ 이하)로 만들어진 主磁極을 媒体의 면에 대하여 수직으로 설치하고, 媒体의 이면에는 先端으로 卷線을 갖고 있는 보조磁極(두께 수백 μm)를 설치

한 것이다.

兩磁極의 사이는 $100\mu\text{m}$ 이하이다. 記錄時에는 보조磁極의 勵磁에 의해 主磁極이 磁化되어 主磁極의 근처에는 강한 垂直磁界가 집중한다.

이 磁界에 의해 媒体를 기록한다. 再生의 메카니즘은 媒体의 磁化로부터 생기는 磁界에 의해 主磁極 磁化되고 그 磁束이 보조 자극의 卷線에 電壓을 誘起시킨다고 보고 있다.

補助磁極勵磁形 Head는 좁은 垂直磁界분포를 지니고 있어 우수하지만 媒体 이면에 補助磁極을 갖고 있는 구조로서 결국 媒体를 主磁極과 보조磁極도 좁은 구조이기 때문에 應用面이 한정되는 것이다.

이러한 Hard Disc 장치나 VTR 등 記錄裝置 구성상 사용하기가 어렵다는 문제가 있다. 主磁極을 勵磁하는 Head 등 補助磁極을 필요로 하지 않는 媒体의 片側에 Head를 설치한 구조의, 여러가지 片側 배치형의 垂直記錄 Head도 提案되고 있지만, 高分解能이며(短波長 신호까지 기록 再生할 수 있는) 또한 기록 再生 모두가 高感度인 片側 배치형 Head는 實現되지 못하고 있다.

이러한 片側 배치형 Head로는, Head매체 磁氣의 상호작용도 포함해서 어떻게 補助磁極勵磁形 Head는 動作 기구를 類히하게 하는 것과 어떻게 主磁極에 가깝게 강한 垂直磁界를 발생시키는가 하는 것이 포인트가 되고 있다.

이제는 Ring形 Head (圖 2)를 사용해서도 垂直記錄이 어느 정도 가능하게 되어 Sony는 82年의 日本應用磁氣學會에서 Ring形 Head와 Co-Cr膜 媒体의 결합을 통해, 線 記錄密度 53.0K bit/inch 의 Floppy Disc 장치 實用化의 가능성을 발표하였다.

그러나 Ring形 Head는 圖 2에서 보는 바와 같이 본래 垂直記錄에 있어서 有害가 큰 水平 성분(매체의 면에 평행한 성분)을 갖고 있기 때문에, 수직기록의 極限을 뒤쫓기에는 적당하지 않으며, Ring形 Head에 의한 수직기록은 한계가 있다.

3. WSP Head

여기서 Sony는 수직기록 Head의 動作機構

를 철저히 검토하여, 이번에 補助磁極을 필요로 하지 않는 新構造의 片側배치형 單磁極 Head인 WSP Head를 개발하기에 이르렀다.

이 Head는 圖 3 과 같이 W形 Core구조를 갖

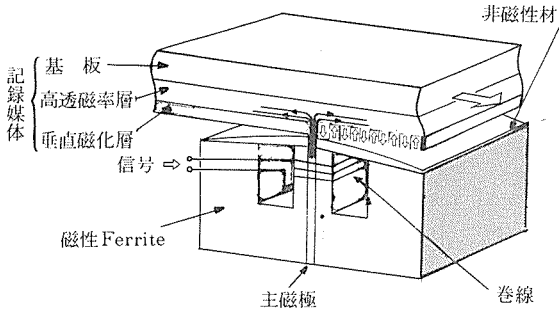


圖 3. 垂直磁氣記錄 (WSP Head)

고 있다. 기록 再生 特性을 향상시키기 위하여 Computer Simulation에 의해 Head의 形狀 및 磁氣 特性 등의, Head의 각종 Parameter最適化를 도모하는 것과 함께, Head 작성상의 容易도 고려해서 Head 구조를 결정하였다.

主磁極에는 高透磁率·高磁束密度의 Co-Zr Amorphous 磁性薄膜 또는 Co를 주성분으로 하는 Amorphous 磁性薄膜 材料를 사용하였다.

또한 대단히 높은 記錄密度로 사용하기 위하여 Head의 작성 精度는 대단히 높은 것이 요구되고 있으며, 이를 위한 薄膜 형성技術, 精密가공技術 등 Head의 精密작성 Process技術을 개발하여, 高分解 能力, 고신뢰성을 달성하고 있다.

圖 4 와 5는 Computer 有限要素法에 의한 Simulation에 의해 구해진 補助磁極勵磁形 Head와 WSP Head와의 磁束密度線 分포를 표시한 것이다.

兩者의 Head 外形이 다른 것은 圖 4(a)와 圖 5(a)에서 명확해진 것과 같이 Head 전체의 磁束密度線 分布는 당연히 다르다.

그러나 記錄再生 特性을 결정하는 主磁極 근방의 磁束密度線 分포는 圖 4(b)와 圖 5(b)를 비교하면 이해할 수 있듯이, WSP Head와 補助磁極勵磁形 Head와는 일치하고 있으며 예민한 磁界分포를 갖고 있다.

圖 6은 媒体 表面에 상응하는 위치의 Head에 있어서 垂直磁界 성분 H_y 의 水平 方向에 대한 分포를 표시하였다. 여기에서 강조하고 있는 것은, 主磁極을 좁게해서 양측에 있는 Ferrite Core部(勵磁 Core部 및 Return Pass部)가 主磁極보다도 매체로부터 보아서 후퇴하고 있는 것으로, 圖 6에서 밝혀진 바와 같이 Head의 磁界는 主磁極 근방에만 강한 磁界가 집중되어, 勵磁 Core部 및 Return Pass部의 磁界는 거의 Zero에 가까운 양호한 정도로 작게되어 垂直記錄에 악영향을 미치는 일은 없게 되는 것이다.

이 외에 강조하고 싶은 것은, 이 WSP Head는 補助磁極勵磁形 Head와 같이 강한 Head 매체 磁氣的 상호작용을 갖고, 이 상호작용이 Head 磁界를 강하게 하며, 바로 그 磁界分포를 예민하게 하는 것이다.

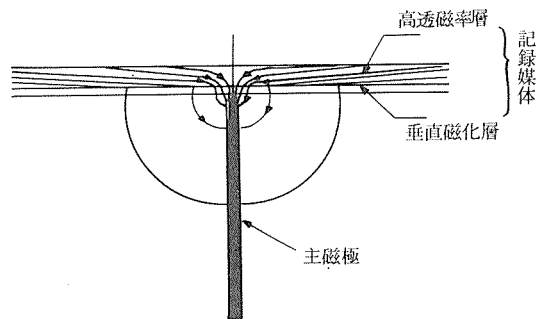
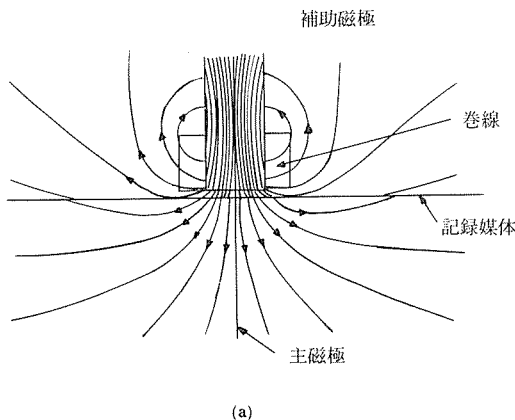


圖 4. 補助磁極勵磁形 Head의 磁束線 分布

즉, 매체가 Head에 접근해서 그 자체가磁化되면, 매체 표면에는 逆極性的의 極荷를 만들어, 主磁極의 減磁界를 약화시켜서, 主磁極 先端의

圖 8은 補助勵磁形 Head 및 WSP Head의 主磁極과 매체의 磁氣的 상호작용을 모델化해서, 이론적으로 해석한 결과를 표시하였다.

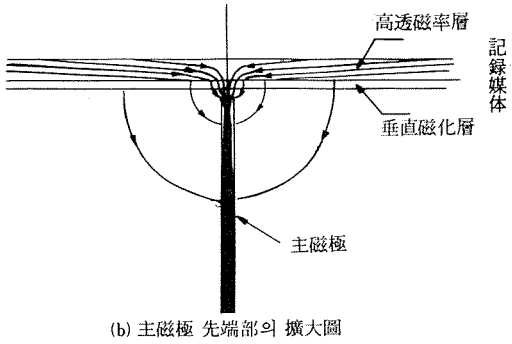
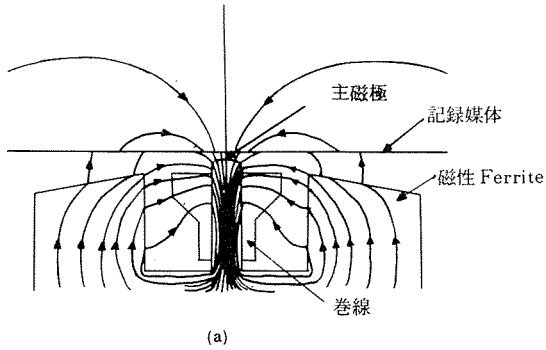


圖 5. WSP Head의 磁束線 分布

磁化를 강화시킨다.

이 磁氣的 상호작용을 적극적으로 이용하기 위하여 실제의 媒体에서는, Co-Cr의 垂直磁化膜과 基板과의 사이에 파마로이 등의 軟磁性膜을 형성시킨 2層 구조로 하고 있다.

軟磁性層이 Head에 접근하면(s/a 가 작아지면) 主磁極 先端이 강하게 磁化되어 기록 磁界가 증대되고, 또한 분포가 아주 예민해져서 이것이 양호한 垂直記錄을 달성하게 해주는 요인이 되고 있다.

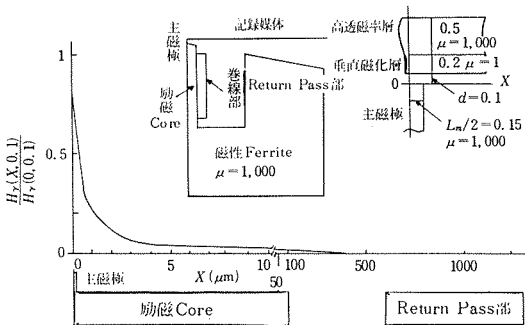
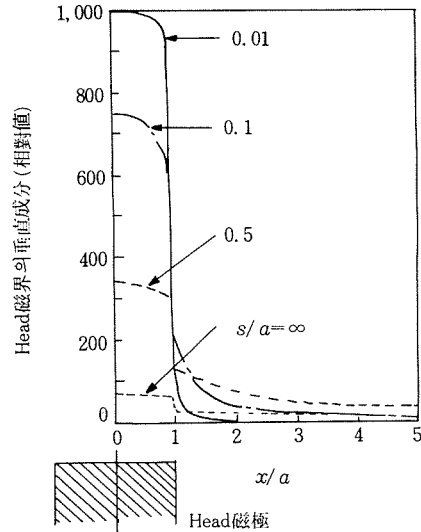


圖 6 WSP Head의 磁界 分布

이 2層 구조에 의해 매체의 垂直磁化層이 마치 軟磁性層 같이 置換되어, 軟磁性層이 主磁極에 근접해 있는 것과 마찬가지로의 효과를 갖는다. (圖 7)



x : Head 磁極 중심으로부터의 媒体 走行방향 거리
 $2a$: Head 磁極 두께
 s : Head 磁極 先端으로부터 媒体高 μ 層까지의 거리

圖 8. 垂直Head의 磁界 分布

이상에서 살펴본 Head의 動作機構로부터 고려해 보면 主磁極은 高磁束密度에서 高透磁率의 磁性薄膜 재료가 바람직 한 것이다.

이와 같이 WPS Head는 主磁極 근방에서만

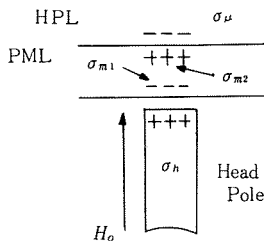


圖 7. 媒体 Head 상호작용의 모델圖

수직 방향의 강한 磁界 분포를 갖고 있으므로 해서, Ring形 Head를 이용한 垂直記錄과는 달리, 기록 특성을 劣化시키는 記錄減磁이 본질적으로 작다고 하는 單磁極 Head의 특징을 갖고 있다.

이 WSP Head는 前述에서처럼 Head形狀의 最適化, 磁氣 특성이 우수한 磁性材料, Head작성 Process 등의 개발에 의해 補助磁極 勵磁形 Head와 동등하게 예민한 磁界 분포를 가지고, 또한 종래에 보고되었던 각종 垂直기록용 Head에 비해서 記錄 再生 모두 感도가 높다고 하는 우수한 특성을 지니고 있는 것이다.

그리고 종래, 磁氣 Head중에서 제일 高感度였던 Ring形 Head에 비해서 기록과 재생 모두의 感도가 同等 이상(이러하면 主磁極 두께가 $0.3\mu\text{m}$ 라고 하는 高分解 능력형임에도 불구하고 포화기록 起磁력이 0.3AT Zero Peak, 單位 Track 폭, 單位 Impedance當의 再生電壓은 Ring形 Head의 $0\sim+6\text{dB}$)이 되고 있다.

圖 9는 이WSP Head로 기록 재생할 때의 入出力 특성 및 再生電壓(E_r)의 波長 특성을 나타낸 一例이다. 기록 電流는 矩形波이며, Track 폭은 $50\mu\text{m}$, 主磁極 두께는 $0.4\mu\text{m}$, 卷稱數는 30 turn, 媒体와 Head의 상대속도는 3m/sec 이다.

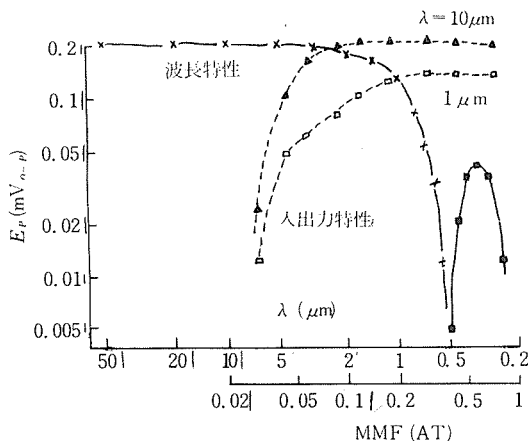


圖 9. 入出力 특성 및 波長 특성

그 외에, 이 Head는 기록 재생의 分解 능력을 결정짓는 再生波形的 Peak Shift가 Ring形 Head에 의한 再生에 비해서 우수하다.

또 Over Wright 특성이 Ring形 Head에 의한 수직기록보다도 우수하다. 이러한 것들은 單磁極 Head와 Ring形 Head의 磁界분포의 차이

에도 관계되는 일도 고려되고 있다.

Peak Shift 특성 및 Over Wright 특성이 양호한 것은 單磁極 Head의 특징인데 이하에 기술한다.

이 WSP Head에 관한 定量的 Data에 대해서는 「垂直磁氣 기록용 主磁極勵磁形 Head(83年 4月 電通學會 綜合大會 論文)」을 참고하는 것이 좋을 것이다.

4. 記錄 媒体

記錄媒体(Disc)에는 WSP Head에 제일 적합한 Co-Cr과 Ni-Fe의 2層 記錄매체를 개발하여 高分子 Film에 Sppater法으로 磁性膜을 형성하였다. Sony의 개발팀은 매체의 각 磁性層의 磁氣 특성과 두께에 관해서 WSP Head에 最適한 조건을 확립시켰다.

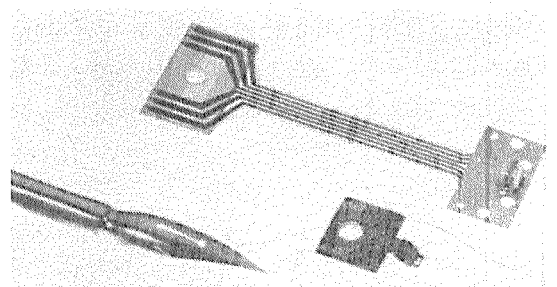
또한 고밀도 Flexible Disc에 알맞는 磁性膜을 표면에 균일하고 高精度로 형성하는 技術을 확립하였다.

개발한 매체의 一例로서, Co-Cr層이 두께 $0.2\mu\text{m}$, Hc가 $1,300\text{Oe}$ 전후, Ni-Fe層이 두께 $0.5\mu\text{m}$ 이다.

5. 垂直記錄 Flexible Disc 裝置

記錄密度를 대폭적으로 높이기 위해서는 기록 매체와 Head를 양호하게 접촉시킬 필요가 있으며, 이것에 알맞는 기록 매체의 機械 특성 및 기록매체/Head 支持방식, 그 위에 高精度인 Head/기록 매체 위치 결정 技術 등이 요구된다.

Sony 팀은 WSP Head, 2層 기록 매체에서 하결음 나아가 기록 매체/Head 支持 방식, 高



寫眞 : 垂直磁氣 기록방식 3.5inch Floppy Disc System

精度 Head/기록 매체의 위치 결정 技術 등의 종합 技術에 의하여 일례를 들자면, 3.5inch 垂直磁氣 기록 방식 Flexible Disc를 試作하였다.

이 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 新開發의單磁極 Head인 WSP Head를 채용. 主磁極勵磁形 Head를 채용한 Flexible Disc의 개발은 세계 最初의 일이다.

(2) 線 기록밀도는 65.5K bit/inch(MFM) 과 Flexible Disc로서 최고의 기록밀도를 달성. 이것은 Sony 3.5inch Micro Floppy Disc의 8배, 5.25inch 표준 Floppy Disc의 11배.

(3) 面 기록밀도는 3.5inch Micro Floppy Disc의 8배, 5.25inch 표준 Floppy Disc의 31배.

(4) 기억용량은 3.5inch 길이 Disc의 片面に 4 M Byte를 실현. 이것은 3.5inch Micro Floppy Disc의 8面, 5.25inch 표준 Floppy Disc의 16面分に 相當하는 것이며 5.25inch Hard Disc의 2.5面分に 相當하는 大容量이다.

(5) 기록밀도의 대폭적인 增大에 對應해서 회전수를 종래의 Floppy Disc裝置보다도 높게하여(750rpm), 5M bit/Sec(5.25inch Hard Disc와 같음)이라고 하는 高速 Data 傳送 속도를 달성하였다.

(6) Peak Shift 특성은 10%이내, Over Wright 특성(중첩해서 기록하는 特性)은 30dB 이상, C/N 특성은 50dB 이상(30KHz 帶域 폭)

(7) Peak Shift가 20%이하((Soft Error 가 10^{-12} 이하)의 경우에는 기록밀도 82K BPI(MFM) (3.5inch Micro Floppy 10배, 5.25inch Floppy의 14배), 기억용량 5M Byte/3.5inch 片面(3.5inch Micro Floppy의 10面分 또는 5.25inch Floppy의 20面分, 또는 5.25inch Hard Disc의 3面分에 해당)을 달성하고 있다. Over Wright는 30dB 이상이다.

(8) 이 試作機에 채용한 線記錄密度 65.5Kbit/inch를 5.25inch, 8inch Floppy Disc에 적용

한 경우는 5.6M Byte, 7.7M Byte(각 片面)의 기억용량이 가능하다.

(2), (3), (4), (7)에서 비교한 5.25inch Floppy Disc는 48Track/inch, 片面250K Byte, 線記錄密度 5,876bit/inch의 것이다.

圖10은 각종 Floppy Disc, Hard Disc 및 垂直記錄 Flexible Disc의 기억용량을 비교해 놓은 것이다. 이 圖에서 나타난 바와 같이 이번

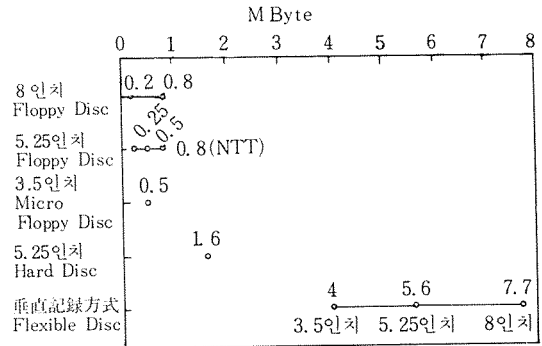


圖 10. Disc裝置의 記憶容量

개발된 垂直記錄 Flexible Disc는 大記憶容量이며 高 Data 傳送 속도를 갖기 때문에 종래의 Floppy 및 Hard Disc의 영역과는 전혀 다른 Data Storage의 새로운 영역을 개척하는 것으로 평가되고 있는 것이다.

이번에 개발한 WSP Head는 高感度·高分解 능력을 지닌 片側 배치형 Head이기 때문에 각종 磁氣記錄裝置에의 응용도 가능하다. 일련의 垂直記錄技術은 垂直記錄方式의 實用化를 추진시키기 위한 것과 함께 그 응용 분야를 확대시킨다는 크나큰 의미를 지니고 있는 것으로 업계는 평가하고 있다.

종래의 水平記錄 방식에서 한 단계 進一步한 垂直記錄 방식이 線記錄密度는 물론 관련 技術에 대한 파급 효과는 자못 클 것으로 기대되고 있다.