

고화질 VCR용 복합 MIG HEAD

권상일

삼성전자 기술총괄

수원시 팔달구 매탄 3동 416번지, 441-742

(1995년 12월 12일 받음, 1996년 2월 21일 최종수정본 받음)

고밀도화, 광대역화하는 자기기록계의 요구에 따라 복합 MIG head를 개발하였다. head 동특성 측정기와 ME tape를 사용하여 기록 및 재생 특성을 SD VCR 포맷에 대해 검토한 결과, 기록 시 20 MHz에서 포화가 발생되지 않았고, 재생 시 우수한 상대효율의 주파수 의존성과 점동 잡음특성이 확보됨으로서 C/N 특성의 개선을 도모할 수 있었고 또한 ME tape에 대한 우수한 compatibility는 SD VCR 용 head로서의 적용을 유력하게 하고 있다.

I. 서 론

본 연구에서는 수년에 걸쳐 급속히 개발이 진행되고 있는 digital VCR과 같은 high vision multi media 시대의 고밀도, 광대역 기록재생계에 대응하는 복합 MIG (Metal In Gap) head를 소개하고, 자체 제작된 head를 이용하여 SD (Standard Definition) VCR 포맷에 대해 타사 head와 기록재생 성능을 비교, 검토하므로서 digital VCR로의 응용을 제시하고자 한다.

최근 hard disk 및 광 disk의 고밀도화, 대용량화가 급속히 진전됨에 따라 영상기록으로의 응용이 활발히 진행되고 있으며, 우수한 video disk의 보급도 급속히 진행되리라 예상되어진다. 한편 VCR은 장시간 고화질 기록 및 재생이 가능하고 편집 및 특수 재생이 가능한 매우 편리한 영상 기록장치로서 완성도가 높다. 또한 video tape는 단위 시간당 가격이 매우 싼 대용량 기록 media로서 보급되어지고 있다. 그러므로 VCR은 high vision multi media 시대에도 고속, 대용량 데이터 저장 장치로서 disk와 공존하면서 발전하리라 생각된다.¹⁾²⁾

종래 MIG head인 경우 normal 8mm NTSC, PAL과 같이 사용 주파수 범위가 7MHz 이하인 VCR계에 적용되어 성능이 양호하게 나타나고 있으나, hi-8mm VCR 이상의 광대역 VCR계에 적용 시 head core 재료인 MnZn 단결정 페라이트의 와전류 손실에 의해 고주파수에서 심각한 특성 열화가 초래된다. 특히 SD VCR인 경우 30MHz 까지 기록재생 특성이 확보되어야 하므로 종래 MIG head로서는 그 대응이 불가능하다. 반면 복합 MIG head인 경우 head core 재료로써 MnZn 단결정 / 다결정 접합 페라이트를 사용하므로서 우수한 고주파 기록재생 특성이 얻어질 수 있으며, 재생 시 tape와의 접촉으로 인한 점동 noise도 상당히 개선되어질 수 있다. ML

(metal laminated) head인 경우 고밀도용 tape인 ME (metal evaporated) tape에 적용 시 tape와의 compatibility 문제로 인한 심각한 특성열화가 초래된다.³⁾⁴⁾ 그 결과 복합 MIG head 보다 기록재생 특성이 열화될 뿐 아니라 제조단가가 3배 정도 비싼 단점이 있다.

여기서는 자체 제작된 복합 MIG head를 이용하여 SD VCR 포맷에 대해 일반 MIG head 및 ML 형 head와 기록재생 성능을 비교, 검토하므로서 digital VCR로의 응용을 제시하고, 그 일환으로 복합 MIG head에 대한 효율의 주파수특성, spacing 손실 및 점동 noise를 측정하고, SD VCR set 내에서 C/N(carrier to noise) 특성을 검토하였다.

II. 연구방법

1. 복합 MIG head의 원자재

복합 MIG head 제조에 사용된 원자재 제원을 Table 1에 나타냈다.

Table I. Magnetic properties of raw materials for the composite MIG head.

Items	Magnetic properties
Sendust	B_s : 9500 Gauss H_c : 0.45 Oe
MnZn ferrite (single X-tal)	B_s : 4700 Gauss μ (5 MHz) : 530

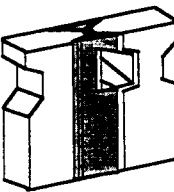
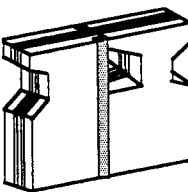
2. 실험에 사용된 tape 및 head

실험에 사용된 tape 및 head의 종류를 Table. II에 나타냈다.

Table II -a. Parameters of test tape.

Types	ME	MP
Parameters	-. Matsushita -. Hc : 1500 Oe -. Br : 4000 Gauss -. DLC coating -. Mag. layer : 0.2 μm	-. Maxell -. Hc : 1500 Oe -. Br : 2700 Gauss -. Mag. layer : 2 μm
Uses	SD VCR	Pro-VCR

Table II -b. Parameters of test heads.

Types	MIG	ML
Shapes		
Uses	8mm VCR, D-VCR	S-VHS, pro-VCR

3. 측정 방법

자기 head의 정특성인 효율 및 저항성 noise를 측정하기 위해 network / spectrum analyzer (Hp 4195A)를 사용하여 주파수 0.2MHz에서 40MHz까지 범위에서 impedance를 측정하였다. 이 때 측정전류는 1mA 였다.

Head와 tape의 기록재생 특성은 Beldex 산 FR Master (BX-D3375)를 사용하였으며, 측정계의 block 도는 Fig. 1과 같다. 회전 드럼에 감기어진 자기 tape에 대해 head를 적정하게 접촉시키고 SD VCR의 포맷에 준해 상대속도 10m/sec로 측정하였다. 이 때 측정 주파수 범위는 0.1MHz에서 40MHz였다.

III. 결과 및 고찰

1. 복합 MIG head의 소개

일반적인 MIG head 제조 공정을 적용하고, head core 재료로써 JVC 산 MnZn 단결정 / 다결정 접합 페라

이트를 사용하였으며, 자성박막은 Hitachi 산 Sendust (Fe-Si-Al 합금) target을 사용하였다. Table. III에는 기존의 MIG head와 복합 MIG head를 비교하였다.

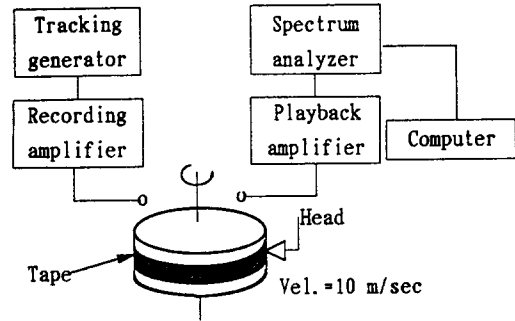
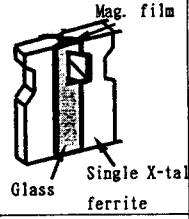
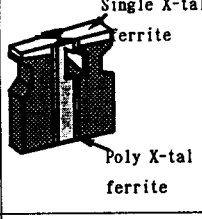


Fig. 1. The block digram of recording & PB measuring system.

Table III. Comparisions of a normal MIG & a composite MIG head.

종류	Normal MIG head	Composite MIG head
형상		
특징	-. 고 출력 -. 고 Hc tape 대응 -. Head 마모: 페라이트 head와 동등 수준	-. 고 출력, 고 C/N -. 고 주파수 특성 우수 -. 고 Hc tape 대응 -. Head 마모: 페라이트 head와 동등 -. Rubbing noise 거의 없음. -. 저항성 noise 감소
	-. 고 주파수 특성 열화 -. Rubbing noise 있음.	-. 제조원가 상승
용도	-. 8mm VCR, S-VHS	-. D-VCR, Hi-8mm VCR

2. 기록특성

기록재생계의 고밀도화는 tape의 고 보자력화와 head gap의 감소를 필수적으로 수반한다. 그 결과 기록시, 신호발생기에 의해 가해진 기자력 (magnetic motive

force = NI)이 head를 통해 tape로 전달될 때 head gap 주변이 충분히 큰 포화자속밀도의 자성재료로 형성되어 있지 않을 경우 head의 최적전류에 도달하기전에 자기적 신호의 포화현상이 발생하여 기록재생 출력의 저하가 초래된다. Sendust 합금을 gap 주변에 형성하고, SD VCR 포맷에 준해 제작된 복합 MIG head의 기록특성을 Fig. 2에 나타냈다.

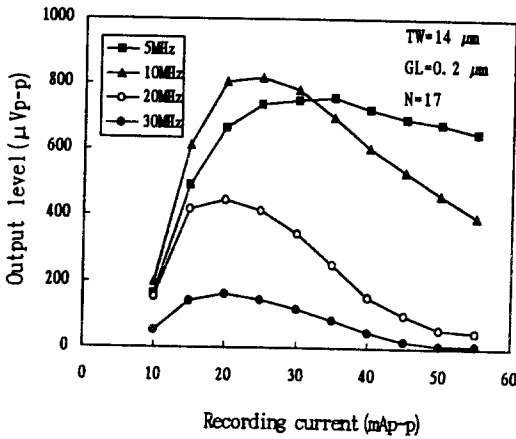


Fig. 2. The recording characteristics of a composite MIG head for SD VCR.

SD VCR 용 Matsushita 산 ME tape를 사용하고 상대속도 10m/sec인 경우, SD VCR의 최대기록재생 주파수 20MHz($\lambda = 0.5 \mu\text{m}$)에서 거의 완벽하게 기록신호의 포화현상을 극복하였다. 이와같은 결과로 미루어 볼 때 Sendust 합금박막을 채용한 MIG head로도 SD VCR의 사용 주파수에서 우수한 기록특성을 확보할 수 있음이 확인되었다.⁵⁾

3. 상대효율의 주파수 의존성

Head의 효율은 정특성(static characteristics)으로서 head의 core 손실을 의미하며, head의 상대효율의 주파수 의존성은 head inductance 측정에 의해 구해질 수 있다. (식 1)

$$\epsilon = \frac{L' \times g}{4\pi \times N^2 \times Tw \times Gd} \times 10^9 \quad (1)$$

여기서

$$L' = L_{\text{head}} - L_{\text{head}}^{\text{sat.}} \text{ (henry)}$$

- N 권선수
- g 갭길이 (cm)
- Tw 트랙폭 (cm)
- Gd 갭깊이 (cm)

Fig. 3은 동일한 치수로 제작된 복합 MIG head와 일반 MIG head에 대한 상대효율의 주파수 의존성을 나타낸 것이다. 일반 MIG head인 경우 주파수 증가에 따라 상대효율이 급격하게 감소하였고, SD VCR의 최대 기록 재생 주파수인 20MHz에서의 상대효율은 1MHz에 비해 30% 정도 열화되었다. 반면, 복합 MIG head인 경우 주파수 증가에 따라 상대효율이 완만하게 감소하였고 1 MHz에 대한 20MHz의 상대효율 감소가 15% 정도 열화되므로 일반 MIG head 대신 복합 MIG head를 사용할 경우 기록재생 출력을 15% 정도 개선시킬 수 있다.

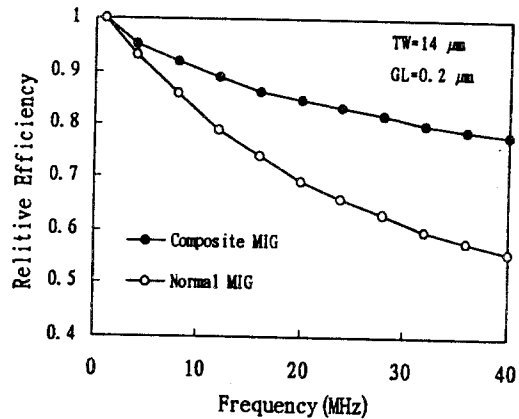


Fig. 3. Frequency dependence of relative efficiency for composite MIG head and normal MIG head.

4. 저항성 noise

전기적 신호를 인가할 때 head core 투자율의 허수부에 의해 발생된 head 내부의 열적동요(thermal agitation)는 식(2)와 같은 noise 전압을 발생시킨다.⁶⁾

$$V_{\text{noise}} = \sqrt{4KTBR} \quad \text{volts} \quad (2)$$

여기서

- K = Boltzmanns 상수
= $1.38 \times 10^{-23} \text{ J / } ^\circ\text{K}$
- T = $273^\circ + t$
- B = bandwidth (Hz)
- R = resistance (Ω)

식(2)에 나타난 바와 같이 head core의 손실저항은 정적인 noise를 발생시킴으로서 VCR의 전반적인 S/N (signal to noise ratio) 특성을 열화시킨다. 특히 고주파수 광대역 기록재생계인 경우 S/N 특성에 미치는 저항성 noise의 영향은 심각하다.

1MHz에서 40MHz의 주파수 범위에 대해 impedance analyzer를 사용하여 측정한 head의 손실저항에 대한 주파수 의존성을 Fig. 4에 나타냈다. Head의 손실저항은 주파수의 증가에 따라 급격하게 증가하는 추세를 나타내고 있으며, 20MHz에서는 복합 MIG head가 일반 MIG head 보다 30% 정도 작은 손실저항 값을 나타냈다. 이는 복합 MIG head core의 대부분을 이루고 있는 다결정 페라이트의 비저항 값이 일반 MIG head core의 단결정 페라이트 비저항 값 보다 월등히 크기 때문에 와전류에 의한 손실저항이 감소한 것에 기인한다. 한편 복합 MIG head를 SD VCR에 적용할 경우 고주파수에서 저항성 noise의 저감에 의한 C/N 특성의 개선도 도모할 수 있다.

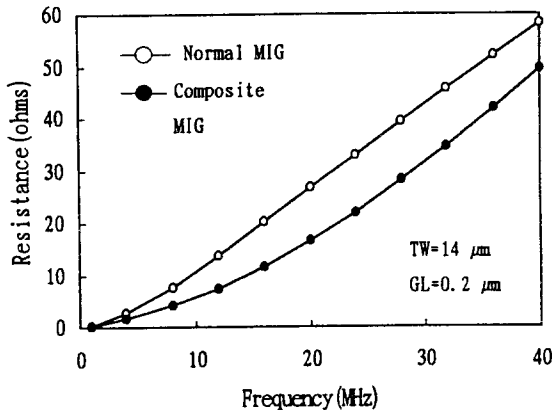


Fig. 4. Frequency dependence of resistance noise for composite MIG head and normal MIG head.

5. Head 형상

일반 MIG head와 동일한 제조공정을 적용하고 단/다결정 MnZn 복합 페라이트 가공조건 확립과 협갭 (narrow gap) 품질을 향상시킨 복합 MIG head의 tape 접촉면 형상을 Fig. 5에 나타냈다.

6. 주파수 특성의 modeling

제작된 복합 MIG head와 ML 형 head의 주파수 특성 비교는 물론 그와 관련된 손실을 해석하기 위해

Wallace 식(식 3)을 이용하였으며 전자변환 특성 측정치와 비교하였다.⁷⁾ 이 때 측정에 사용된 tape는 자성층 두께가 0.2μm인 Matsushita 산 ME tape였으며, 측정 속도는 10m/sec 였다. Wallace 식에서 head의 효율, 간격 손실 및 갭 손실은 각 head의 치수 및 전자기적 특성의 측정에 의해 구하였다.

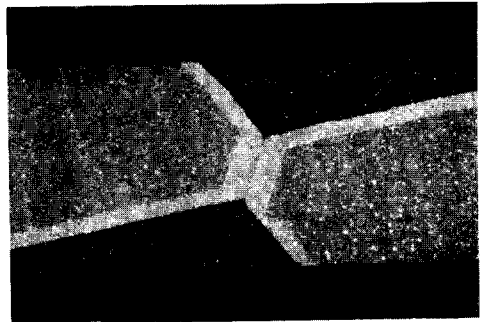


Fig. 5. The rubbing surface of a composite MIG head.

$$V = -N \cdot \epsilon \cdot TW \cdot Br \cdot \omega \cdot \delta \cdot Ld \cdot Lg \cdot Lt \cdot \cos\omega t \quad (3)$$

여기서

N 권선수

ϵ 효율

TW 트랙 폭(m)

Br Tape의 잔류자속밀도 (Tesla)

ω 각 주파수 ($2\pi f$)

δ 기록층의 두께(m)

$Ld = e^{-(2\pi d/\lambda)}$: spacing loss

$Lg = \sin(\pi g/\lambda) / (\pi g/\lambda)$: gap loss

$Lt = (1 - e^{-(2\pi t/\lambda)}) / (2\pi t/\lambda)$: coating thickness loss

$\cos\omega t$ 실효치

g 갭 길이(m)

d Head와 tape 간의 간격(m)

λ 기록파장(m)

Fig. 6에는 복합 MIG head에 대한 기록재생 출력의 주파수 특성을 Wallace 식으로부터 구해진 계산치와 전자변환 특성 장치로부터 얻어진 측정치로써 나타내었다. Modeling에 의한 계산치와 측정치가 잘 일치하고 있음을 확인할 수 있다.

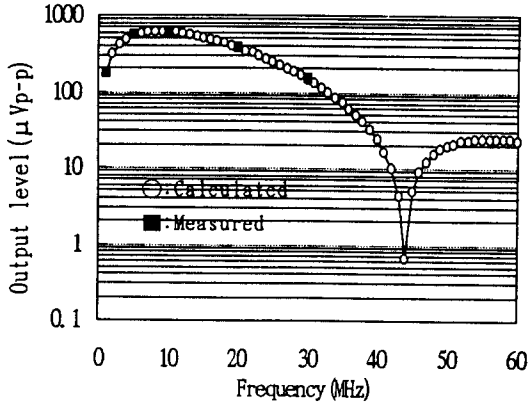


Fig. 6. The output spectrum of a composite MIG head.

7. 기록재생 특성

SD VCR 포맷에 대해 자체 제작된 복합 MIG head 및 ML head의 전자기적 변환 특성 측정 결과를 Table. IV에 나타내었다. 현재 SD VCR에서 채용하고 있는 Matsushita 산 ME tape 사용시, 복합 MIG head의 경우 ML head 보다 최대 기록재생 주파수인 20MHz에서 3dB 이상 기록재생 출력 값이 높게 나타났다.

반면에 MP (metal particulated) tape를 사용할 경우 ML head가 복합 MIG head보다 우수한 기록재생 출력의 주파수 특성이 나타났다. 이와 같은 결과는 ML head가 ME tape에 대해 compatibility가 나쁘기 때문으로 생각된다.

Table. IV에서 구한 기록재생 출력 값으로부터 복합 MIG head와 ML head의 주파수 특성을 SD VCR의 포맷에 준해 측정된 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 측정 주파수 40MHz 이하의 범위에서 복합 MIG head가 ML head 보다 3dB 정도 우수한 기록재생 특성을 나타내고 있으며, 이는 복합 MIG head가 SD VCR에 적용 시 사용 주파수 대역인 30MHz 이하 영역에 대해 우수한 C/N 특성이 확보되어 질 수 있음을 의미한다. 다음 장의 재생손실 분석을 통해 복합 MIG head와 ML head의 기록재생 특성을 고찰 하고자 한다.

8. 재생손실

VCR 기록재생계의 C/N 특성을 확보하기 위해 head 및 tape 관련 손실의 저감이 필수적이다. 특히 head의 core 손실, gap 손실 및 spacing 손실은 head 설계 및 제작능력에 의해 좌우 된다. SD VCR용으로 준비된 복합 MIG head와 ML head인 경우 head의 갭이 거의

0.2μm 근방으로 제어 되었으므로 갭 손실은 거의 동일하며, 동일한 tape을 사용하였으므로 coating thickness 손실 또한 같다.

측정에 의해 구해진 head의 inductance 및 head와 tape간의 간격으로부터 core 손실 및 간격손실을 구하였다.

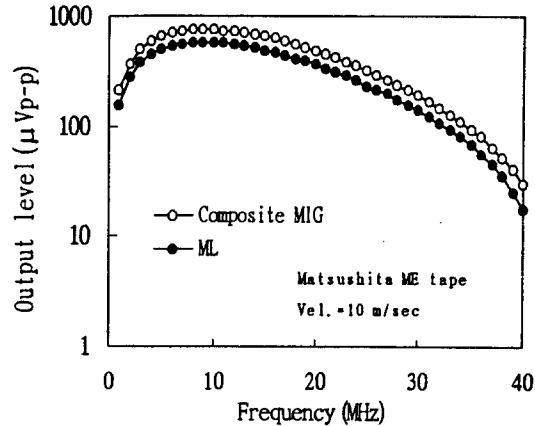


Fig. 7. The frequency response of a composite MIG head and a ML head for SD VCR.

Table IV. The mechanical & electrical properties of a composite MIG head and ML head for SD VCR.

Types		Composite	Metal
Items		MIG	laminated
Track width (μm)		14.0	14.0
Eff. gap length (μm)		0.21	0.20
Gap depth (μm)		10	11
L @ 10 MHz (μH)		0.65	0.65
Output level (μVp-p)	1 MHz	268 (278)	181 (238)
	5 MHz	758 (510)	545 (443)
	10 MHz	818 (425)	582 (384)
	20 MHz	447 (165)	304 (175)
†. Vel. = 10 m/sec. , ORC recording †. Tape : Matsushita () : Maxell Unihl MP			

8. 1. Core 손실

Head core의 손실은 정특성으로서 주파수 의존성을

가지며, head의 효율을 의미한다. Head 상대효율은 head inductance의 주파수 의존성과 일치한다.

Fig. 8에는 SD VCR 용으로 제작된 복합 MIG head와 ML 형 head에 대한 상대효율의 주파수 의존성을 나타내었다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 복합 MIG head인 경우 복합 페라이트를 core 재료로 사용하였으므로 우수한 상대효율의 주파수 의존 특성이 확보되었다. 한편 ML 형 head인 경우 복합 MIG head 보다 우수한 상대효율의 주파수 의존성을 나타냈으며 이는 ML 형 head 제작시 각층간의 우수한 절연층 형성과 multi layer 설계에 기인한다.

ML 형 head인 경우 SD VCR의 최고 기록재생 주파수 20MHz에서 복합 MIG head에 대해 약 5% 정도 상대효율이 개선되었다.

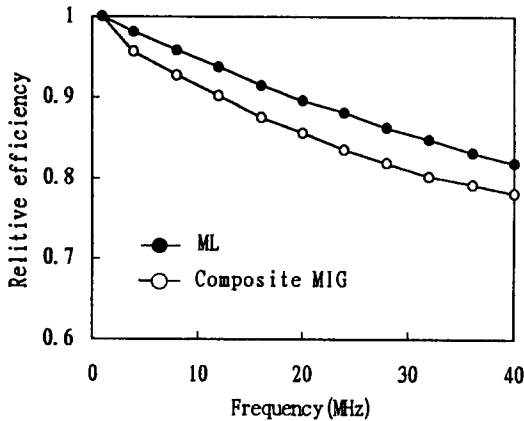


Fig. 8. The frequency dependence of relative efficiency a composite MIG head and a ML head.

8. 2. Spacing 손실

Head와 tape 간의 spacing 손실은 tape의 조도 및 head의 tape 접촉면 조도, head의 tape 접촉면 형상 그리고 head에 가해지는 tape의 tension 등에 의해 좌우된다. 여기서는 특성 평가에서 얻어진 정보를 이용하고 Wallace 식을 이용하여 head와 tape와의 간격을 구한 결과 composite MIG head와 ML head 모두 0.06 μ m 정도로 나타났으며 Fig. 9에서 보는 바와 같이 각 head의 간격 손실은 복합 MIG head가 다소 적게 나타났으나 측정 주파수 범위 내에서는 5% 이내의 차이를 나타냈다.

8. 3. Gap 손실

Fig. 10은 Matsushita ME tape을 사용하고 상대속

도 1.9m/sec로 측정된 복합 MIG head의 출력 spectrum으로서 실효 gap이 약 0.21 μ m를 나타냈다. 또한 2차 고조파(harmonic)가 명확히 나타난 것에 근거하여 head 제조시 gap의 모서리 및 면이 손상되지 않고 일정하게 유지되고 있음을 고찰할 수 있다. 이와 같은 일정한 gap 유지는 head의 또 하나의 손실인 gap 불균일 손실이 복합 MIG head에서는 배제될 수 있음을 입증한다.

한편 ML head의 실효 gap은 Table. IV에서 나타난 바와 같이 0.20 μ m로서 복합 MIG head의 gap 손실과 거의 동일하다.

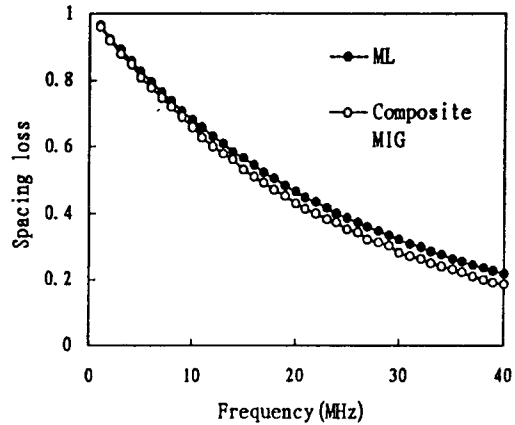


Fig. 9. The spacing loss of a composite MIG head and a ML head.

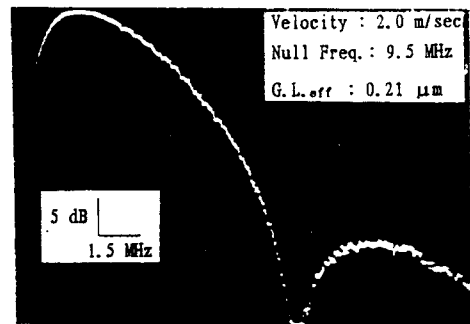


Fig. 10. The output spectrum of a composite MIG head.

9. Rubbing noise와 C/ N 특성

Head의 rubbing noise는 재생시, head에 가해지는

무늬음된 자성 tape의 tension에 의한 것으로서 head의 tape 침투량과 head core 재료의 결정자왜 상수(λ_s)에 의해 나타난다. 일반 MIG head와 같이 core 재료가 단결정 페라이트인 경우 결정자왜 상수에 의해 rubbing noise가 심각하게 나타나고 그 결과 C/N 특성의 열화가 초래된다. 자체 개발된 SD VCR 용 MIG head의 실장 평가에 의한 C/N 측정결과를 Fig. 11에 나타냈으며 carrier 주파수 20.92 MHz에 대한 C/N은 51dB를 나타냈으며 전체 noise에서 전기적 noise를 뺀 rubbing noise인 경우 주어진 측정조건에서 거의 나타나지 않았다. 이는 복합 MIG head의 core 대부분이 단결정 페라이트에 비해 무시될 정도로 작은 다결정 페라이트로 이루어졌기 때문이다.⁸⁾

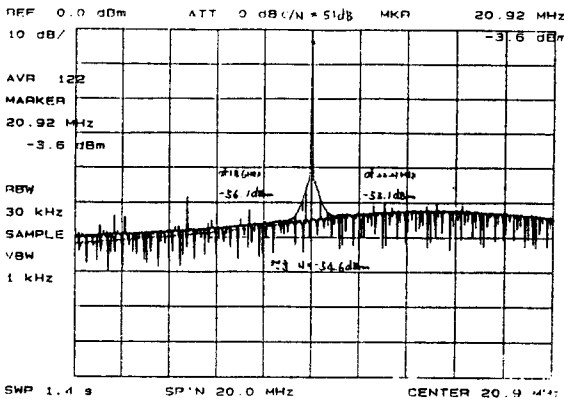


Fig. 11. The C/N Characteristics of a Composite MIG Head in a SD VCR.

IV. 결 론

고밀도, 광대역 VCR계 대응 head의 일환으로 SD VCR 용 복합 MIG head를 자체 개발했다. SD VCR 포

맷에 준해 정특성 및 동특성을 측정된 결과 종래의 MIG head에 대해 우수한 상대효율의 주파수 의존성과 개선된 저항성 noise 특성을 나타냈고, 기록 시 최고 기록재생 주파수에 대해 기록 신호의 포화가 발생되지 않았다. 또한 측정 주파수 구간에서 ML 형 head 보다 기록재생출력이 3dB 정도 우수하게 나타났는데, 이는 ML 형 head가 측정 tape인 ME tape에 대해 compatibility가 떨어지기 때문으로 생각된다.

한편 set 평가에서도 복합 MIG head인 경우 rubbing noise가 억제되므로써, 약 51dB의 C/N 특성을 나타냈다.

감사의 글

Head 제작에 아낌없는 지원을 해 주신 삼성전기(주) head 부 가족에게 감사를 드립니다.

참고문헌

- [1] H. Ohshima, 신학기보, **MR94-74**, 9(1995).
- [2] Y. Nakamura, 신학기보, **MR94-72**, 37(1995).
- [3] H. Yoshida, H. Ohata, T. Murakami, M. Odagiri, 신학기보, **MR94-31**, 7(1994).
- [4] M. Murai, K. Takahashi, M. Odagiri, K. Kuwahara, K. Shinohara, 신학기보, **MR94-30**, 1(1994).
- [5] F. Jeffers, IEEE, **74**, 1540-1556(1986).
- [6] F. Jorgensen, The Complete Handbook of Magnetic Recording, TPR, 3rd Edition(1988) p. 232.
- [7] H. N. Bertram, IEEE, **74**, 1494, (1986-11).
- [8] M. Torii, U. Kihara, I. Maeda, Ferrites, 717(1980-10).

Composite MIG Head for High Definition VCRs

S. I. Kwon

Corporate Technical Operations, Samsung Electronics Co.,

416 Maetan-3 Dong, Paldal-Gu, Suwon, 441-742, Korea

(Received 12 December 1995, in final form 21 February 1996)

According to demands of high density and wide band magnetic recording systems, a composite MIG head was developed.

This head has the sufficient performance for use of a SD VCR : its characteristics are a good recoding performance, a low rubbing noise, a good frequency dependence of efficiency, and a good compatibility with ME tape. In a SD VCR system, the C /N value of a composite MIG head at 20.92MHz was 51 dB.