

Pt/Co 人工格子多層膜의 磁氣特性에 關한 研究

金 燦 旭 · 大 西 厚*

日本 東京大學 生産技術研究所

*日本 콜롬비아(株) 研究開發部

Magnetic characteristics of Pt/Co modulated films

Chan Wook KIM and Atushi ONISHI*

Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Japan

*Research Center, Nippon Columbia Co., Japan

초 록 Pt/Co인공격자다층막($[Pt10.7\text{\AA}/Co2.8\text{\AA}] \times 12$)의 자기특성 및 기록특성이 시료제작시의 조건(sputtering gas압력, sputtering gas 종류, buffer층의 유부 및 etching)에 따라 어떻게 변화하는지를 알아보았다.

Pt/Co다층막의 자기특성은 Tb-Fe-Co계 아몰퍼스재료와 거의 동등한 특성이 얻어졌으며 이다층막을 이용한 광자기디스크의 기록특성은 kerr회전각, 1.23도, 기록power 특성, 36dB(레이저파장: 780nm)을 나타내어 Pt/Co다층막이 차세대광자기디스크용 재료로서의 실용화가능성을 보여주었다.

Abstract We have investigated how the magneto-optical and recording properties of Pt/Co modulated films vary with sample preparation conditions : sputtering at various gas pressures, sputtering with Xe instead of Ar, and etching the buffer layers, etc. The magneto-optical characteristics of Pt/Co multilayers was comparable with those of currently prevailing rare-earth transition-metal alloys(Tb-Fe-Co amorphous films). On a disk of $12 \times [Pt10.7\text{\AA}/Co2.8\text{\AA}]$ multilayer enhanced with 70nm silicon nitride, we have achieved a CNR of 36dB with a reading laser($\lambda=780\text{nm}$) power of 2.5-4.5mW for 720KHz carrier at 1.4m/s and the enhanced kerr rotation angle of 1.23° at 780nm. It is suggested that Pt/Co modulated films clearly are very promising magneto-optical materials for a commercially use.

1. 서 론

1985년, 듀폰사의 Carcia들¹⁾이 고주파스퍼터링법에 의해 제작한 다층막이 수직자화막임을 최초로 입증한 이래, kerr회전각이 bulk강자성금속박막보다 큰 재료가 발견되는 등²⁾, 귀금속/강자성금속계 인공격자다층막이 광자기디스크용 후보재료로서 부상되고 있다. 광자기디스크용 재료로서 현재 상업화되어 있는 희토류-철이금속계(이후 RE-TM계로 칭함) 아몰퍼스재료는 희토류산화물의 형성으로 자기특성이 나빠지는 단점을 갖고 있는 반면 귀금속/강자성금속계 재료는 내식성뿐만 아니라 광자기특성이 우수하기 때문에 RE-TM계 대체재료로서 유망하여 최근 귀금속/강자성금속

계 다층막재료에 대한 연구개발^{3~5)}이 진행되고 있다. 귀금속/강자성금속계 다층막, 특히 Pt/Co 인공격자다층막은 광자기디스크용 재료로서 갖추어야 할 필수조건인 수직자기이방성이 RE-TM계 아몰퍼스합금박막과 같은 정도이며 또한 RE-TM계 박막과 비견할 정도로 양호한 광자기특성을 갖추고 있어 차세대 광자기디스크용 재료로 주목되고 있다. 그러나, 이다층막이 강자성을 나타내기 때문에 자기광학특성을 향상시키기 위해 Co양을 증가시키면 포화자화가 크게 되어 이로인해 coercive force(Hc)가 작아지고 반자계가 증대하게 되어 기록특성이 나빠지는 등 문제가 발생되므로 실용화단계에 까지는 아직 이르지 못하고 있다.

본 연구에서는 단파장영역에 대응하는 광자기특성이 우수한 고밀도 광자기디스크의 개발을 위해 2원동시 magnetron sputtering에 의해 Pt/Co인공격자다층막을 제작하여 이다층막의 자기특성 및 광자기특성에 대해 검토하였다. 또한, 이와 병행하여 이다층막을 이용한 광자기디스크를 제작하여 여러 기록특성에 대한 평가를 함으로써 광자기디스크의 실용화가 가능한지도 알아보았다.

2. 실험방법

Pt/Co 인공격자다층막은 2원동시 RF Magnetron sputtering법을 이용하여 용도에 따라 glass기판 혹은 PC(Poly carbonate)기판상에 제작하였다. 2원 동시 RF Magnetron법의 개략도를 Fig.1에 나타낸다. 다층막은 그림에서

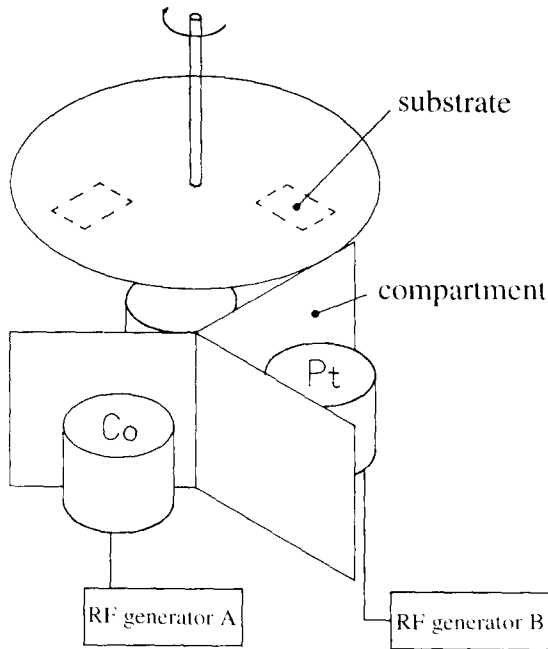


Fig. 1. Schematic diagram of RF co-magnetron sputtering method

보여주는 바와 같이 turn table상에 기판을 부착하여 Pt 및 Co가 교대로 적층하도록 하였다. 막적층시의 sputtering chamber내의 도날 진공도 및 Ar압력(혹은 Xe압력)은 각각 1×10^{-4} Pa과 0.3-2.0Pa로 했다. 투입전력은 300-600W, Pt 및 Co의 monolayer의 막 두께는 각각 2-5Å, 8-14Å로 하였다. 또한 임의의

각원자층의 두께는 기관회전수와 적층속도를 제어함으로써 얻어지도록 하였다.

제작한 막의 자기특성과 자기광학효과(Polar-kerr effect)의 측정은 각각 진동시료 자력계(VSM: Vibrating sample magnetometer, 최대 인가자장 16[KOe]) 및 kerr효과측정장치(kerr spectrometer)를 이용하여 측정하였다. 막의 조성은 X선 micro-analyzer를 이용하여 측정하였으며 또한 주사형터널전자현미경(STM: Scanning tunnel microscope)을 이용하여 다층막의 구조를 조사분석했다. 그리고 반사율의 측정은 분광광도계, 막의 두께는 접촉식단사측정기를 이용했다. 제작한 3.5인치광자기디스크의 기록재생은 반도체레이저(파장: 780nm)를 이용하여 자계변조방식에 의해 알아보았다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 Pt/Co다층막의 자기특성

Sputtering gas 압력 및 buffer층의 처리(etching) 효과가 Pt/Co다층막의 자기특성에

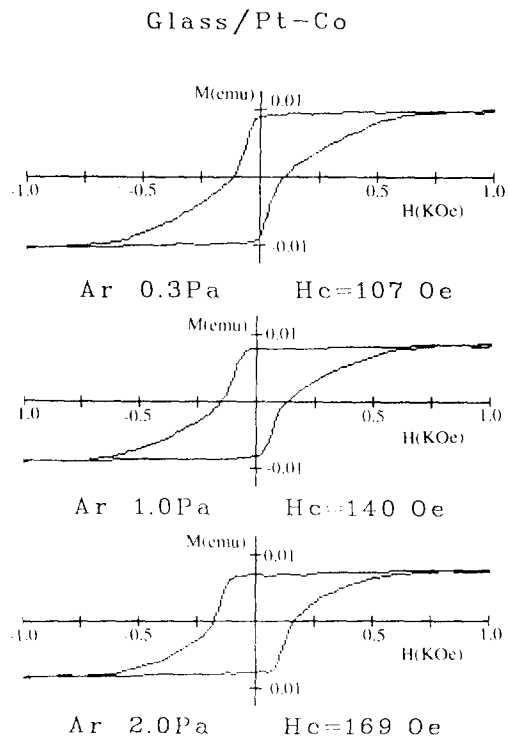


Fig. 2. Dependence of Ar pressure on magnetic properties of Pt/Co multilayers

미치는 영향에 대해 조사검토했다. Fig.2는 Ar압력을 0.3, 1.0 및 2.0Pa로 하여 제작한 각 시료에 대해 VSM에 의한 자기특성을 비교한 결과이다. 모든 시료가 수직자기이방성을 나타내나 Ar압력이 높을수록 Hc가 증대하며 또한 양호한 각형비(squareness)가 일어났다. Sputtering gas압력이 높을수록 양호한 자기특성이 얻어지는 것은 미세결정립생성에 기인하며 다음과 같이 설명이 가능하다. 즉, sputtering gas 압력이 높아지면 sputter원자와 Ar

중성원자의 충돌빈도수가 증가하여 sputter원자의 운동에너지가 감소하게 되므로 Pt와 Co 계면간의 원자간상호 mixing현상이 감소한다. Mixing현상이 감소하면 Pt원자와 Co원자간의 격자정수 및 구조의 차로 인한 mismatch로 Pt/Co계면근방의 원자면이 크게 변형되어 그로인해 미세결정립생성이 용이하여 결과적으로 양호한 자기특성을 나타낸다.

Fig.3에는 Ar압력을 2.0Pa로 하여 제작한 Pt/Co 다층막의 자기특성에 미치는 etching처

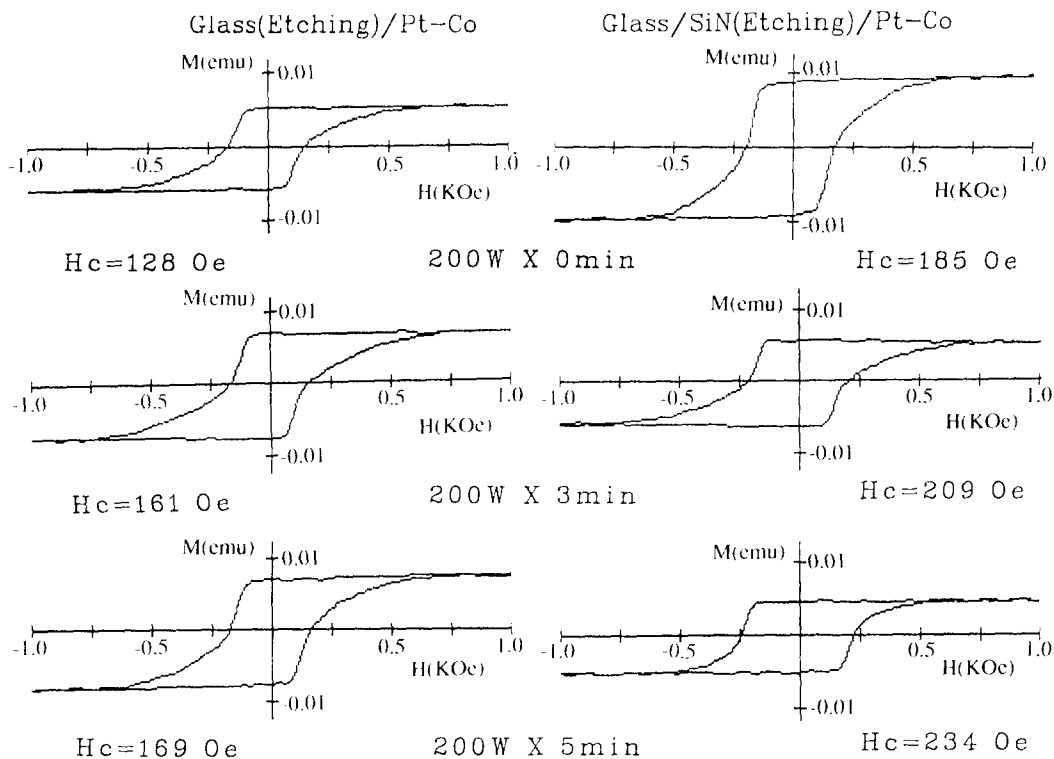


Fig. 3. Etching effect on magnetic properties of Pt/Co multilayers

리효과의 결과를 나타낸다. Glass상에 직접 증착한 시료보다 buffer층(SiN)상에 증착한 시료가 자기특성이 우수함을 보이고 있다. 이것은 Pt/Co다층막의 자기특성이 박막두께가 극히 얇기 때문에 buffer층의 유무가 그 계면 근방의 화학적성질 및 morphology에 크게 영향을 미치기 때문이라고 판단된다. 또한 etching 처리를 하지 않은 시료보다 etching처리를 한 시료가, 또 etching시간이 길수록 양호한 자기특성이 얻어져 etching처리가 각형비와 Hc를 개선시키는 효과가 있음을 입증하고 있다.

Etching처리에 의해 자기특성이 개선되는 것은 etching계면에 생성된 미세결정립이 존재하기 때문이라고 생각된다.

Fig.4의 a 및 b에는 buffer층의 유무가 결정구조에 미치는 영향을 STM관찰에 의해 확인한 결과를 나타낸다. Buffer층상에 증착한 시료가 직접 glass상에 증착한 시료에 비해 보다 미세하고 균일한 주상정구조를 갖고 있음을 보여 주고 있다.

Fig.5에는 sputtering gas로서 Ar 및 Xe을 사용하여 etching처리없이 제작한 시료의 자

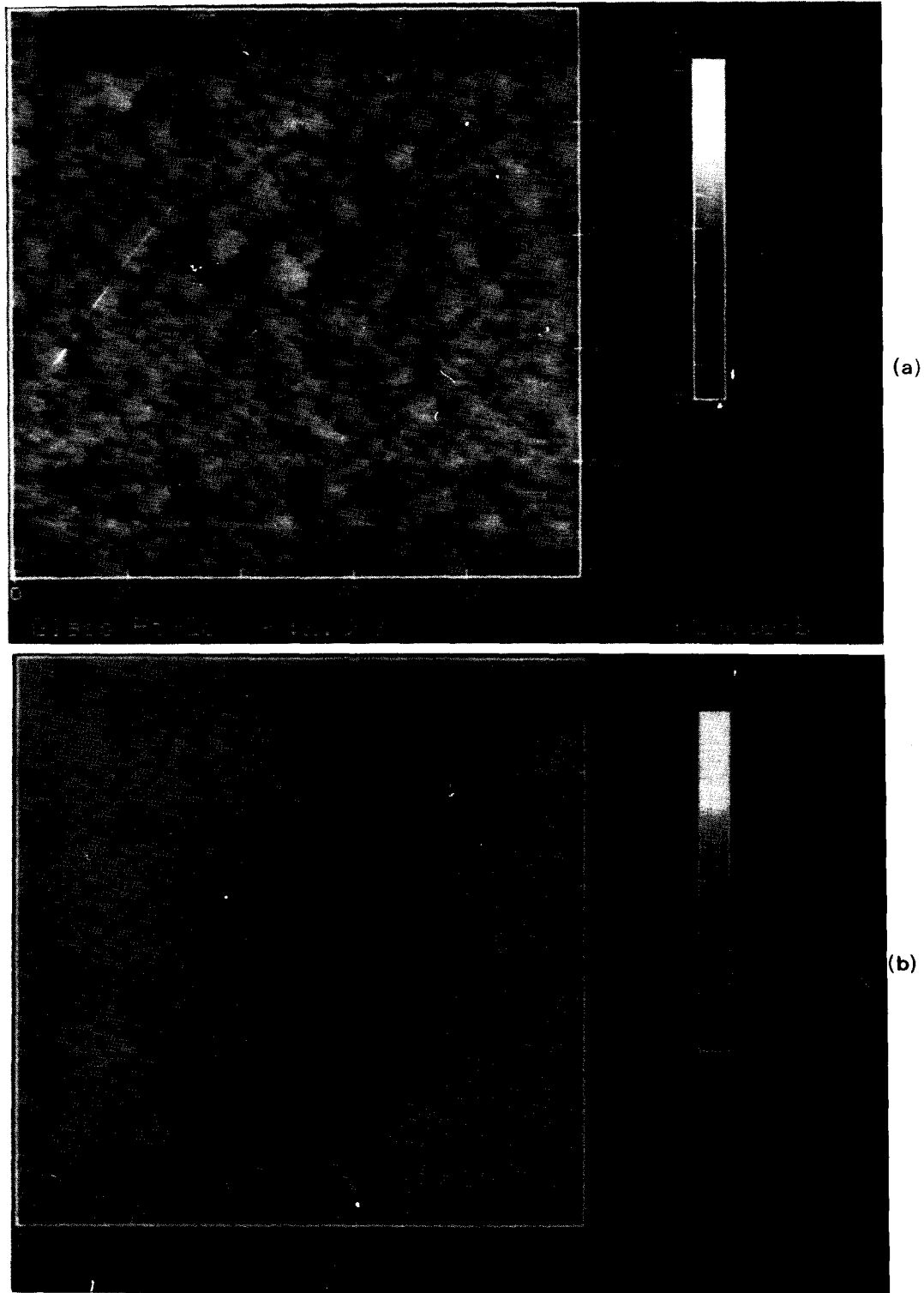


Fig. 4. STM views of Pt/Co multilayers

(a) Ar sputtering without buffer layer

(b) Ar sputtering with buffer layer

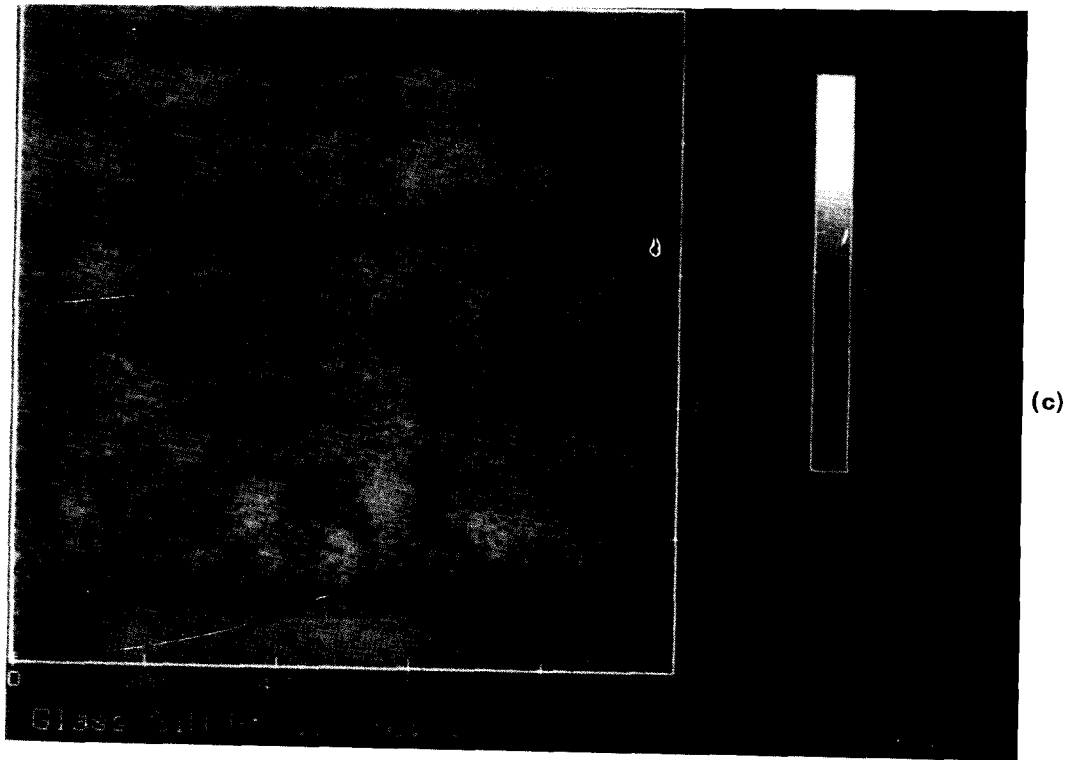


Fig. 4. STM views of Pt/Co multilayers
(c) Xe sputtering with buffer layer

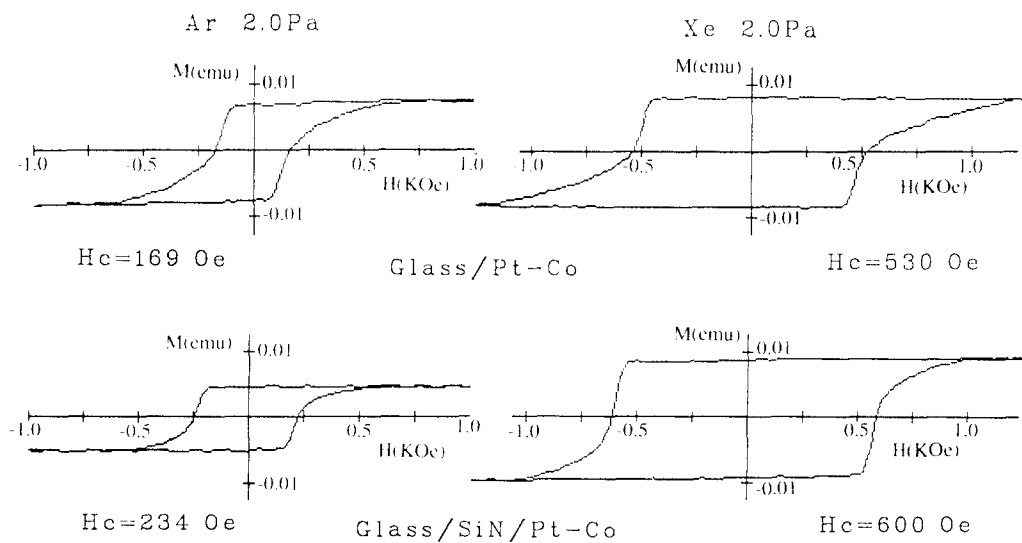


Fig. 5. Magnetic properties of Pt/Co multilayers prepared by Ar and Xe sputtering

기특성을 나타낸다. Buffer층의 유무에 관계 없이 Ar보다 Xe를 사용하여 제작한 시료가

보다 양호한 자기특성을 나타내 원자량이 큰 쪽이 유효함을 알 수 있다. STM관찰결과에

있어서도 Fig.4b 및 4c에서 보는 바와 같이 sputtering gas로서 Xe을 사용하여 제작한 시료의 결정구조가 보다 미세한 구조를 갖고 있음을 알 수 있다. Sputtering시의 탄성충돌이론에 의하면 타겟원자와 sputtering gas의 질량차가 sputter원자의 에너지(기관에 도달하는 순간의 에너지)를 좌우한다⁶고 알려져 있다. 따라서 Xe이 Ar보다 타겟과의 질량차가 적으므로 적층계면에 도달하는 sputter원자의 에너지가 적어지기 때문에 위에 설명한 바와 같이 자기특성이 개선된다고 사료된다.

3.2 Pt/Co다층막의 자기광학특성

Kerr spectrometer에 의해 자기광학특성을 측정된 결과 측정파장을 780nm로 한 경우(기관측입사), Pt/Co다층막은 kerr회전각이 Tb-Fe-Co계재료⁷에 비해 2배이상인 0.79도였다. Kerr회전각도 Hc와 마찬가지로 Co층이 두꺼울수록 또한 Ar가스압이 높을수록(즉 Hc가 큰 시료) 증대하는 경향을 보였다. 실제로 광자기디스크를 Fig.6과 같은 구조([Pt10.7/Co2.8]×12)로 제작하여 kerr회전각을 측정된 결과 1.23도로 상당히 양호한 수치가 얻어졌다. 따라서 kerr회전각 증강층의 두께 혹은 막의 종류를 변경하는가 디스크구조를 잘 설

정으로 감소됨을 알 수 있다. 반면 Pt/Co다층막에서는 파장 400nm에서 측정된 kerr회전각이 800nm에서 측정된 것에 비해 약 103% 증가하였다. 이러한 결과로부터 알 수 있는 바와같이 Pt/Co다층막은 파장 850-400nm의 광범위에 걸쳐 양호한 자기광학특성을 보임에 따라 기록밀도를 향상시키기 위해 레이저의 단파장화에 대응할 수 있는 광자기 디스크재료로서의 가능성을 보여주고 있다.

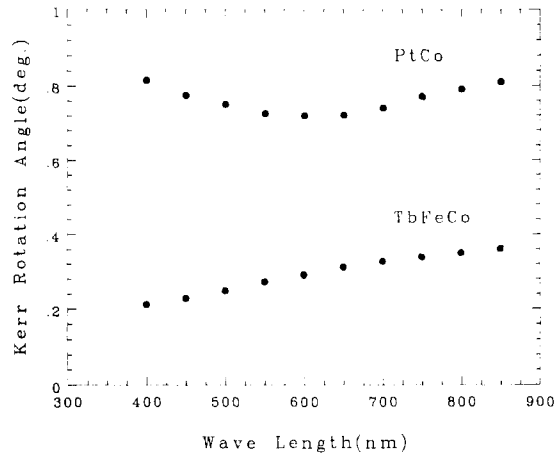


Fig. 7. Wavelength dependence of kerr rotation angle for Tb₂₃Fe₅₂Co₁₅ amorphous alloy and Pt/Co multilayers

Hc=246 Oe
θk=1.23°

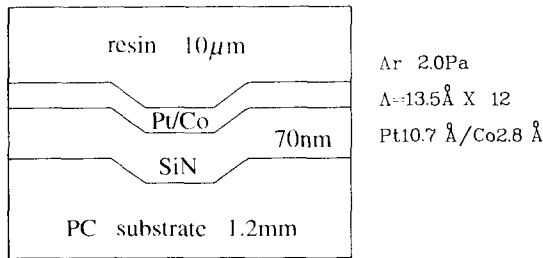


Fig. 6. The scheme of magneto-optical disk

계함으로서 kerr회전각을 더욱 향상시킬 수 있는 가능성이 있다고 생각된다.

Ar2.0Pa의 sputtering조건으로 제작한 Pt/Co다층막과 기존의 Tb-Fe-Co계아몰퍼스재료(Tb₂₃Fe₅₂Co₁₅)에 대한 kerr회전각의 파장의존성을 Fig.7에 도시한다. Tb-Fe-Co계 재료가 단파장화함에 따라 kerr회전각이 점차 저하하여 파장 400nm에서는 800nm와 비교해 60%

3.3 Pt/Co다층막의 기록특성

제작한 광자기디스크(Fig. 6참조)의 기록재

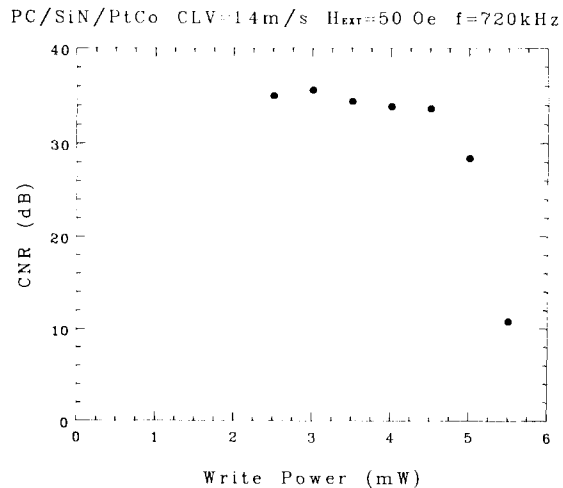


Fig. 8. Writing power dependence of CNR for a disk of ([Pt10.7Å/Co2.8Å]×12) multilayers

생은 파장 780nm의 반도체레이저를 사용하여 자계변조방식(overwrite가능)에 의해 선속도 (CLV)1.4m/s, 주파수720KHz의 기록조건으로 평가를 행하였다.

Fig.8에 CNR의 기록 power특성을 나타낸다. 외부자계 50[Oe], 기록 power2.5-4.5mW에서 36dB이상의 CNR(Carrier to noise ratio)이 얻어졌으며 5mW이상이 되면 CNR은 급격히 저하한다. 외부자계의존성을 조사한 결과 Fig.9에 보여주는 바와 같이 외부자계 50[Oe]

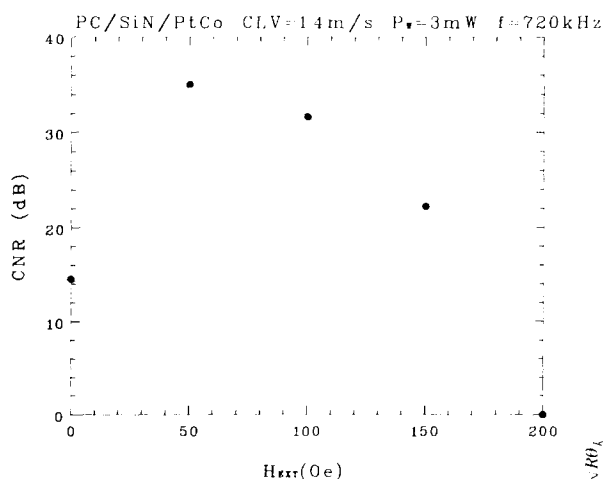


Fig. 9. Field dependence of CNR for a disk of ([Pt10.7Å/Co2.8Å]×12) multilayers

가 최적치이며 그 보다 벗어나면 CNR은 급격히 작아짐을 알 수 있다. 이것은 기록막의 Hc가 상당히 작기 때문에 외부자장의 영향만으로 자화 switching이 생기기 때문이라고 생각된다. 또한 Fig.10에는 위에서 설명한 바와 같이 최적의 기록power(3mW), 외부자장(50 [Oe])하에서의 주파수의존성을 나타낸다. 단 파장화함에 따라 CNR이 다소 직선적으로 감소하는 경향은 있으나 전영역에서 거의 일정한 CNR치를 나타내고 있다.

Pt/Co다층막은 결정성재료이기 때문에 기록매체의 노이즈영향이 클 것으로 예측되었으나 noise level은 아몰퍼스재료계인 Tb-Fe-Co와 거의 같은 정도였다. 그러나, carrier level은 성능지수로부터 예측되는 수치와 비교해 상당히 낮은 것으로 분석됐는데 이것은 막의 Hc가 작기 때문에 기록 bit가 불안정한 자화 상태로 존재하기 때문이라고 사료된다. Fig.11

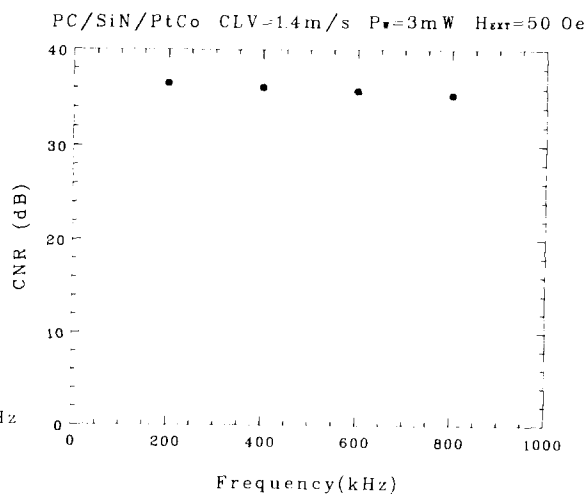


Fig. 10. Frequency dependence of CNR for a disk of ([Pt10.7Å/Co2.8Å]×12) multilayers

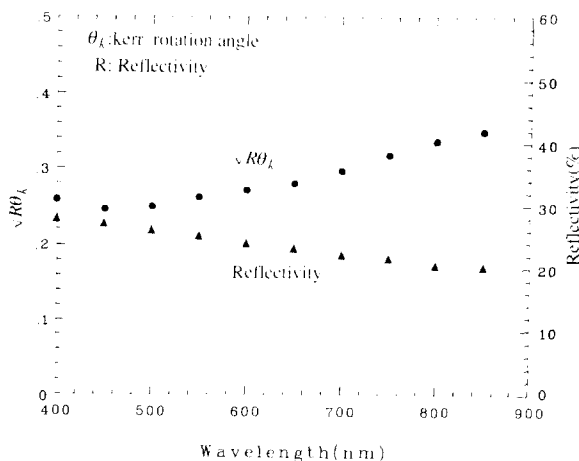


Fig. 11. Frequency dependence of recording performance($R^{1/2}\theta_k$) and reflectivity(R) for a disk of ([Pt10.7Å/Co2.8Å]×12) multilayers

에 Pt/Co다층막의 성능지수($R^{1/2}\theta_k$) 및 반사율(R)을 나타낸다. 또한 재생과정의 분석에서도 디스크내의 자기특성의 편차는 거의 없는 것으로 나타났다. Overwrite실험을 행한 결과, Tb-Fe-Co계재료와 거의 같은 overwrite특성이 얻어져 Pt/Co다층막이 광자기디스크용 재료로서 실용가능성을 보여주었다.

4. 결 론

2원동시 sputtering법에 의해 제작한 Pt/Co

([Pt10.7Å/Co2.8Å]×12)다층막에 대해 자기 특성 및 기록특성을 알아보았다. 동일조성에 대해 (1) 높은 sputtering gas압력 (2) sputtering gas로서는 Ar보다는 Xe (3) buffer층 (SiN)의 삽입 및 etching처리 등이 Hc를 증가시키는 데 유효했으며 상기조건 모두 막의 결정입계를 미세화하는 요소로 작용했다. 또한 기록특성에 있어서도 Tb-Fe-Co계 아몰퍼스재료와 같은 정도의 기록특성이 얻어져 Pt/Co다층막이 단파장레이저를 이용한 차세대 광자기디스크용 재료로서 극히 유망한 재료로 평가된다.

그러나 실용화하기 위해서는 광자기특성을 나쁘게 하지 않으면서 sputtering조건, modulation주기, 적층수 등을 변화시킴으로써 Hc를 증가시키는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

1. P. F. Carcia, A. D. Meinhaldt and A. Suna, Appl. Phys. Lett., 47, 178(1985)
2. T. Katayama, H. Awano and Y. Nishihara, J. Phy. Soc. Jpn., 55, 253(1986)
3. F. J. A. den Broeder, D. Kuiper, A. P. van de Mosselaer and W. Hoving, Phys. Rev. Lett., 60, 2769(1988)
4. P. F. Carcia, J. Appl. Phys., 63, 5066 (1988)
5. W. B. Zwper, F. J. M. Greidanus, P. F. Carcia and C. R. Fincher, J. Appl. Phys., 65, 4971(1989)
6. R. Resnick and D. Halliday, Physics for Students of Science and Engineering, Part1, pp. 182, J. Wiley, New York, (1960)
7. C. W. Kim, Doctoral Dissertation, Uni. of Tokyo, pp.20, (1992)