

位相變化型 디스크에서 DVD 光디스크로의 전개 ②

지난 호에 이어서 太田威夫 박사(松下電器産業株式會社 光디스크開發센터)의 '光메모리' 강의(한·일 광학산업 기술협력 세미나)를 연재한다. 9월호에는 光메모리 매체의 역할, 光디스크 드라이브 시스템의 구성, 位相變化 光오버라이트 메모리의 原理, 位相變化材料를 다뤘다. 이번 호에는 位相變化 光디스크의 구성재료, 位相變化 光디스크의 오버라이트 특성, 位相變化 光디스크와 光磁氣디스크의 비교, DVD를 실현하는 기술 등을 소개한다.

(9월호에 이어서)

5. 位相變化디스크의 構成材料

5.1 高速結晶化 amorphous材料

오버라이트하기 위한 材料의 條件은, 그 結晶化 速度가 빠른 것이다.

예를 들면, 레이저光스포츠徑 $d=1\mu\text{m}$ 에, 디스크回轉의 線速度가 $V=10\text{m/s}$ 라면, 이 레이저光스포츠의 트랙上 記錄膜의 任意의 點에 대한 레이저光의 照射時間 t 는 $t=d/V=100\text{ns}$ 로 짧아진다. 이 時間으로 結晶化하여 消去할 수 있어서 비로소 오버라이트가 可能해진다. 이를 위해서는 結晶化 速度가 100ns以下인 高速結晶化 材料가 必要하다.

최초에 寺尾(테라오)氏 등으로부터 提案되었던 것은, In-Se-Tl-Co系 材料이다. 게다가 Ge-Te-Sb系의 $\text{GeTe-Sb}_2\text{Te}_3\text{-Sb}$ 에서 나타나는 材料에도 高速結晶化 材料가 발견되었다. 이 Ge-Sb-Te의 3元多成分系에 있어서, $g=\text{GeTe}/\text{Sb}_2\text{Te}_3$, $b=+\text{Sb}/\text{Sb}_2\text{Te}_3$, $t=+\text{Te}/\text{Sb}_2\text{Te}_3$ 라는 파라미터를 이용해서 (g值, b值, t值)로 材料特性相關이 調査되었다. 이 결과, t值가 제로가 아닌 組

成系에서는(過剩Te를 包含한 系列) 싸이클特性이 低下하는 것이 밝혀졌다. 그 결과 3元系 組成은, (g值, b值)라는 2개의 파라미터로 그 組成의 特性을 制御하는 것이 可能하게 되었다. Fig 13에서 $\text{GeTe-Sb}_2\text{Te}_3\text{-Sb}$ 의 3元 다이어그램과 各의 組成點의 結晶化 溫度를 보인다. 이 재료는 현재 위상변화 光디스크로서 實用化가 進行되고 있다. 이 組成系의 結晶化 速度 및 結晶化 溫度는 Sb에 의해 제어할 수 있어, 100ns에서 30ns로 되고, 結晶化 速度는 170°C 이상을 얻을 수 있다. Ge-Te-Sb系 位相變化材料의 加熱에 의한 狀態變化를 示差熱分析法 DSC(Differential Scanning Calorimeter)으로 測定한 결과(低速 加熱 $100^\circ\text{C}/\text{min}$) 3개의 發熱 혹은 吸熱溫度가 얻어졌다. 試料은 스페터法으로 형성한 膜(amorphous狀態)의 粉末이다. 加熱에 의해, 溫度 130°C 에서 최초의 發熱變化를 檢出한다. 이것은 amorphous에서 結晶化(面心立方構造 fcc)($a=0.59\text{nm}$)에의 변화이며, 220°C 의 작은 發熱變化는 더욱 高溫位相에의 結晶構造變化(六方晶構造hexagonal)($a=0.420\text{nm}$, $c=1.69\text{nm}$)

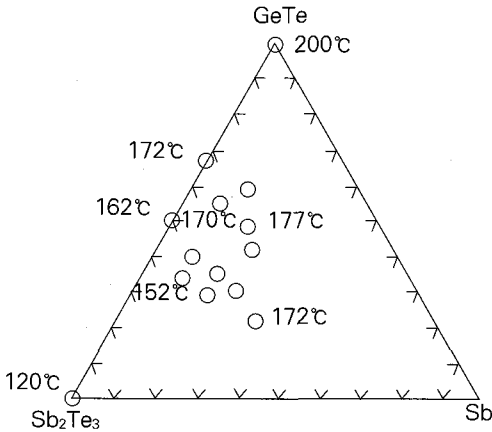


Fig. 13 GeTe-Sb₂Te₃-Sb 疑似3元系の 3角 다이어그램 과 結晶化溫度

에 對應하고 있다. 더욱 加熱하면, 600°C에서 큰 吸熱變化가 보이고 熔融에 이른다. 位相變化 光디스크에 있어서의 기록은 용융·急冷 amorphous化에 相當하고, 소거는 最初의 fcc構造에의 結晶化 變化에 대응하여, 高溫位相은 나타나지 않는다. 光디스크上에서의 結晶化 溫度는 短時間 高速가열에 의한 변화로서, 結晶化 온도는 400°C에서 高溫側에 移動한다.

5.2 位相變化 光디스크用 誘電體保護膜 材料

位相變化 光디스크의 基本構造는 Fig. 14에서 보이는 4層構造로서 레이저光스포트의 트래킹용의 홈을 형성한 폴리카보네이트 樹脂基板에 下誘電體保護層, 記錄層, 上誘電體保護層 그리고 金屬 反射層(Al合金)을 차례로 스페터법으로 형성하고 있다. 基板은 레이저光스포트의 트래킹용의 홈(groove)을 형성한 인젝션 成形 폴리카보네이트 수지이다. 下誘電體 및 上誘電體層은 ZnS-SiO₂ 混合材料이며, 기록막은 GeTe-Sb₂Te₃-Sb 混合膜, 反射層은 Al-Cr 혹은 Al-Ti合金이다.

이 誘電體保護層의 役割은 다음과 같은 機能이다.

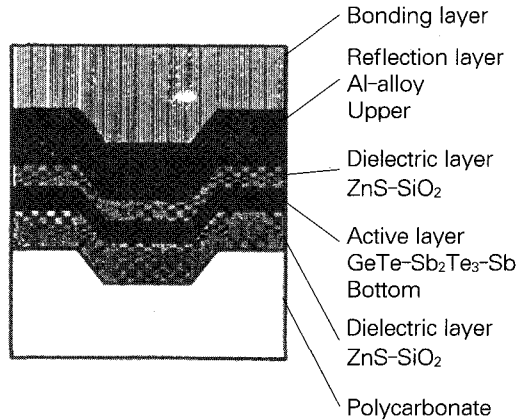


Fig. 14 基本4層構造 位相變化 光디스크 트랙部의 斷面圖 (Groove Track 形成基板, 下誘電體, 記錄膜, 上誘電體, 反射膜)

(1) 樹脂基板에의 斷熱保護 및 冷却速度制御
 (2) 多層膜의 多重干涉效果에 의한 디스크 反射率, 光吸收 感度 및 記錄前後의 反射率差 등의 光學特性制御

(3) 耐濕保護 및 熱膨脹變形保護

오버라이트 때의 記錄層은 照射레이저光에 의해 디스크上에서 融點 $T_m=600^{\circ}\text{C}$ 以上(記錄), 結晶化溫度 400°C以上(消去)의 높은 온도변화를 받는다. 이 때문에 폴리카보네이트 樹脂基板을 保護하기 위해, 내열성이 뛰어난 誘電體保護膜材料로서 ZnS-SiO₂의 混合膜이 개발되었다.

研究初期에 적용하고 있던 ZnS 單體膜과 新規로 개발한 ZnS-SiO₂ 混合膜을 透過型 電子顯微鏡(TEM)으로 관찰한 결과를 Fig. 15에 보인다. 誘電體保護膜으로서 ZnS를 適用한 경우, 記錄, 消去의 사이클 테스트를 실시한 結果, 서서히 記錄信號의 노이즈 레벨이 증대하는 劣化現象이 觀測되었다. 이에 비해서, ZnS-SiO₂ 混合膜을 適用한 位相變化 光디스크에서는 그런 노이즈레벨의 변화는 발생하지 않고, 사이클 특성을 飛躍적으로 向上시키는 結果가 얻어졌다. 이런 膜의 TEM에 의한 觀察結果에서는 ZnS膜에서 큰

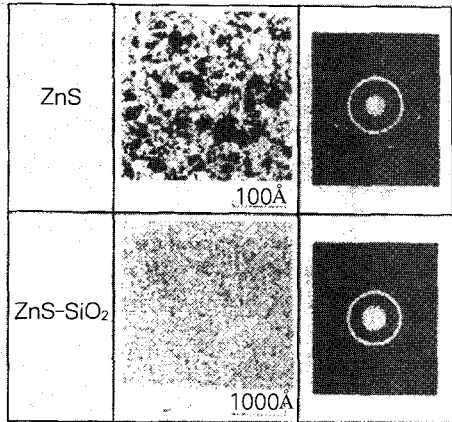


Fig. 15 誘電體保護膜의 透過 電子顯微鏡像과 電子線 廻折像의 ZnS(上)과 新誘電體 ZnS-SiO₂ 混合膜(下)의 比較

(50nm以上) 粒徑이 발견된 것에 대해, ZnS-SiO₂ 混合膜에서는 粒徑이 2nm로 작아, 均一한 微細構造의 膜이 되어있음을 알 수 있다.

또 700°C의 熱處理를 실시한 결과, ZnS 單體膜에서는 結晶粒徑의 成長이 보이는 데에 비해, ZnS-SiO₂ 混合膜에서는 變化가 發生하지 않는다. Fig. 16에 ZnS 單體와 ZnS-SiO₂ 混合材料의 열처리 前後의 粉末 X線 廻折法으로 測定한 結果를 보인다. 이 ZnS膜의 結晶粒徑의 熱處理에

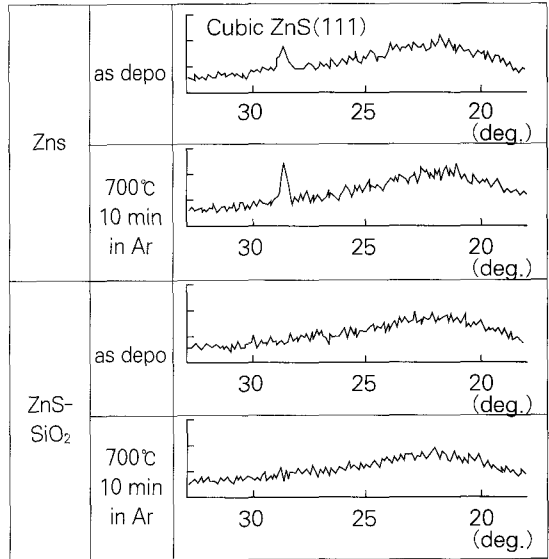


Fig. 16 誘電體膜mZnS(上)과 ZnS-SiO₂ 混合膜(下)의 熱處理前後의 粉末 X線 廻折(熱處理 700°C 10min)

다른 粒徑의 成長이 싸이클 테스트에서의 노이즈 變化의 原因이라 생각되어지고 있다. 이와 같이 新규로 개발된 ZnS-SiO₂는 耐熱性이 높고, 더욱이 均一한 微細構造로 인해 光學的으로 뛰어난, 또 싸이클 特性에 適合한 位相變化 光디스크用 誘電體保護膜으로서 實用化가 이루어지고 있다.

(Table 1) 位相變化 光디스크 構成材料(記錄層, 誘電體, 反射層)의 光學, 熱特性

構成材料	屈折率(830nm)	熱伝導率(Kcal/mKs)	熱膨張係數(K ⁻¹)
GeTe-Sb ₂ Te ₃ -Sb(amor) 2.0: 1.0: 0.5 amorphous	4.61+ix1.05
GeTe-Sb ₂ Te ₃ -Sb(cry) 2.0: 1.0: 0.5 crystalline	5.67+ix3.01	1.39×10 ⁻⁴	1.1×10 ⁻⁵
ZnS	2.4	6.01×10 ⁻⁴	7.5×10 ⁻⁶
SiO ₂	1.48	2.26×10 ⁻³	5.5×10 ⁻⁷
ZnS-SiO ₂	2.0	1.57×10 ⁻⁴	6.1×10 ⁻⁶
AlN	1.9	6.0×10 ⁻³	4.3×10 ⁻⁶
AlCr-alloy	1.9+ix6.9	5.13×10 ⁻²	2.2×10 ⁻⁵
Polycarbonate	1.58	5.33×10 ⁻⁵	7.0×10 ⁻⁵

위상변화 광디스크를 구성하는 各種材料(記錄膜, 誘電體膜, 反射膜, 폴리카보네이트 樹脂基板)의 특성을 Table 1에 보인다. 각각 屈折率, 熱膨脹係數, 熱傳導率 등에 特徵을 가진다. 位相變化 광디스크에 適用하기 위해서는 이런 特性에 追加해서 紀錄膜과의 接着性 등이 重要한 性質이 된다.

6. 位相變化 광디스크의 오버라이트 特性

6.1 位相變化 광디스크의 構造와 特性

位相變化 광디스크의 最大課題는 싸이클 特性이었다. 제1단계에서는 新規로 開發된 誘電體保護膜(ZnS-SiO₂)에 의한 改良이 行해졌다. 제2단계로 位相變化 광디스크에의 熱負荷를 작게하는 措置가 實施되었다. 이것은 記錄膜을 얇게(20NM) 해서 레이저光 吸收에 의한 發熱量을 적게하여 誘電體保護層의 熱變形을 減少시키는 薄膜디스크 構造이다. 新規誘電體와 記錄膜의 薄膜化에 의해 10만싸이클 以上이라는 特性이 實現되었다.

그 위에 實用化에는 폭넓은 레이저 파워 範圍에서 所定의 消去特性이 充足되어야 할 필요가 있었다. 때문에 冷却層(heat sink)에 相當하는 反射層과 記錄膜 사이의 誘電體層을 얇게한(20nm—60nm)인 디스크 構成이 검토되었다. 이것은 急冷構造 位相變化 광디스크로서, 이 구조에서는 消去 레이저스포트 照射時, 記錄層의 內面溫度傾斜가 작아지고, 加熱幅이 넓어지고, amorphous 마크를 넓게 結晶化할 수 있다. 이에 의해 記錄 및 消去의 파워 範圍를 넓히는 效果가 얻어지고 있다. 이런 新材料 및 新構造의 提案에 의해 비로소 位相變化 광디스크의 實用化가 可能하게 되었다.

位相變化 광디스크의 感度 및 싸이클 特性은 디스크의 構造에 의해 定해진다. Fig. 14의 4層 構造에서, 感度は 레이저光의 光吸收가 重要하

며, 이런 多層膜의 干涉設計에 의해 60% 程度의 값이 容易하게 얻어지고 있다. 다음으로 記錄層과 反射層 사이에 설계된 上誘電體層의 薄膜이다. 일반적으로 20nm에서 50nm程度의 두께이다. 두꺼울수록 冷却速度가 低下하고, 感度が 向上한다. 또 反射層의 두께에 의해서도 그 容積量의 影響으로 感도가 변한다. 싸이클 特性은 多層膜의 熱膨脹에 의한 變形과 거기에 따른 記錄膜成分의 미세한 移動에 의한 膜두께변화에 관계하고 있다. 多層膜의 熱膨脹은 각각의 막 두께에 의해 線膨脹의 大小 및 膨脹領域의 大小가 變化한다. 感도와 싸이클特性의 分析 結果, 이 兩面性은 반드시 trade-off(交換)의 關係는 아니라는 것이 發見되어 兩面性을 向上시키는 디스크 構造의 開發이 進行되었다. 그 方法으로서, 反射層과 記錄層사이 에 설치된 誘電體層의 膜 두께를 選擇하여 冷却速度와 熱膨脹을 制御하는 構造의 提案이 있어, 感도 및 싸이클特性, 兩方을 向上시킨 PD디스크의 商品化가 行해졌다. 最初에 商品化 된 位

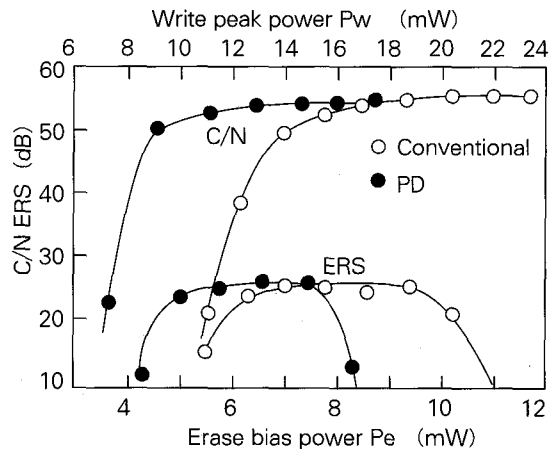
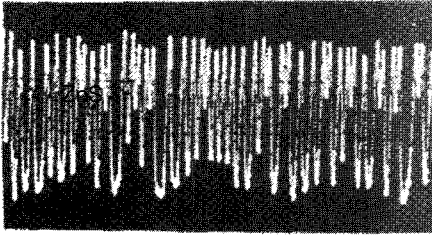


Fig. 17 位相變化 광디스크(從來構造, conventional)와 PD(高感度構造)의 오버라이트 感度特性의 比較(디스크 回轉 線速度 : 12m/sec, 光學條件 : $\lambda = 780\text{nm}$, $\text{NA} = 0.5$ 오버라이트 信號條件 : $f_1 = 8.25\text{MHz}$, $f_2 = 3.09\text{MHz}$)

(a) 오버라이트 레이저 파워 : 12mW/5.8mW

(a) after 5×10^5 cycles

(b) 오버라이트 레이저 파워 : 10.0mW/4.8mW

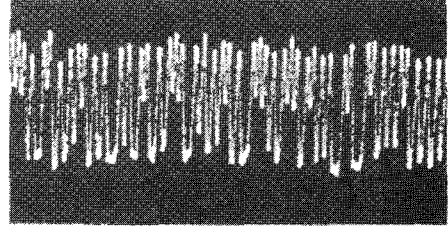
(b) after 5×10^5 cycles

Fig. 18 位相變化 광디스크 高感도PD의 50만 사이클 오버라이트 後의 信號再生波形

相變化 광디스크(感도21mW)와 高感도 PD디스크(感도12mW)의 感도比較를 Fig. 17에 보인다. 이것에 의해 PD디스크에서는 드라이브 設定 感도가 $P_w/P_e=12\text{mW}/5.5\text{mW}$ 가 되어 從來의 디스크($P_w/P_e=21\text{mW}/9\text{mW}$)의 約2倍로 向上했다. 이 냉각속도의 제어결과, 고감도 디스크에서는 誘電體 保護層의 熱變形을 分散시키는 結果가 얻어지고, 사이클性能의 向上이 同時에 實現되고 있다.

Fig. 18에 50만사이클 오버라이트後의 安定된 信號波形을 보인다. 신호는 (2,7)RLLC(Run Length Limited Code)의 任意의 두 데이터의 오버라이트이다. 높은 設定과워— $P_w/P_e=12\text{mW}/5.8\text{mW}$ 및 낮은 設定과워— $P_w/P_e=10.0\text{mW}/4.8\text{mW}$ 의 어느 것에 대해서도 安定된 사이클特性이 실현되어 있다.

또한 誘電體保護層의 熱變形을 減少시키는 方法으로서 熱膨脹係數가 작은(5.5×10^{-7}) SiO_2 층을 附加한 5層구조가 提案되어 100만회 이상의 高사이클特性도 實現되어 있다.

7. 位相變化 광디스크와 光磁氣디스크의 比較

Table 2에 再生專用 광디스크, 位相變化 광디스크, 光磁氣디스크의 基本的인 技術比較를 보인다.

位相變化 광디스크의 경우에는, CD 등의 再生專用 광디스크와 같이 마크部의 反射率 變化를 檢出하는 것에 대해서, 光磁氣디스크의 境遇에는 Kerr回轉을 檢光字를 통해서 檢出하는 部分이 큰 차이이다. 다만, 感도는 光磁氣膜의 퀴리(curie)溫度, 페리磁性的의 경우에는 補償溫度가 位相變化膜의 融點보다 낮고, 光磁氣디스크 편이 높은 特徵을 나타낸다. 오버라이트에 關해서는, 磁界變調의 磁氣헤드와 信號 再生用의 光픽업에 의한 MD(Mini-Disc)에서는 實現하고 있다.

한편, 位相變化材料는 波長應答範圍가 넓다는 特徵을 지니고 있다. 位相變化材料 Ge-Te-Sb系는 近赤外光(780nm), 赤色(650nm), 綠色(515nm), 青色(430nm)의 넓은 應答特性을 지니고 있다는 점이 TbFeCo 등으로 이루어진 光磁氣材料와의 커다란 差異이다.

位相變化 광디스크의 記錄마크部의 反射率 變化는 20%程度로 크고, CD의 反射率 變化(40%以上)과 同一한 整列이다. 이에 대해서, 光磁氣디스크의 變化는, 磁化方向이 反轉한 記錄마크部의 레이저光의 偏光面의 回轉變化가 0.3度로 壓倒的으로 작다. 때문에 光磁氣디스크에서는 偏光 빔스프리터를 使用하여 두 方向의 出力差分檢出法을 사용하고 있다. 이처럼 CD와는 다른 信號檢出法을 適用하여 처음으로 實用化가 이루어졌다.

〈Table 2〉 光디스크의 技術比較(再生專用 CD, 位相變化型, 光磁氣型 光디스크)

Term/ Media	CD Disk	Phase-change Disk	Magneto optical Disk
Write Mechanism	Emboss-Pit	Amorphous Mark	Magnetization Domain
Read Mechanism	Diffraction	Optical Constant Change	Polarization Change
Signal Detection	Reflectivity Change	Reflectivity Change	Kerr Rotation Change
Readout Amplitude Signal	1.0	1/4	1/80
(normalized by reflectivity)			
Disk Track Structure	$\lambda/4$ Emboss-Pit	$\lambda/8$ Pre- Groove $\lambda/8$ Emboss- Pit	$\lambda/8$ Pre- Groove $\lambda/4$ Emboss- Pit
Optical Path	P.B.S $\lambda/4$ -Plate	P.B.S $\lambda/4$ -Plate	B.S P.B.S Analyzer
Disk Materials Substrate Reflector layer Active layer Dielectric layer	Polycarbon- ate Al-alloy - - -	Polycarbonate Al-alloy Ge-Te-Sb ZnS-SiO ₂	Polycarbonate Al-alloy Tb-Fe-Co SiN
Function	Read-Only	Overwrite	Erase & Write

位相變化 光디스크의 境遇, 反射率의 變化量이 크기 때문에, 마크사이즈가 작아져도 檢出信號量은 크다. 이에 비해서, 光磁氣디스크에서는 원래 記錄에 대한 變化量이 작은데서 高密度化에 대한

여러 가지 아이디어가 提案되고 있다. 예를 들면, 超解象 MSR(Magnetic Super Resolution) 그리고 MAMMOS(Magnetic Amplifying Magneto-Optical System) 등이다. 이것들은 光磁氣 固有의 性質을 살린 뛰어난 아이디어라 할 수 있다. 前者는 크게 記錄하고 작게 읽어내는 超解象 技術이고, 後者는 작게 記錄하고 크게 읽어내는 技術이다. 따라서 MSR의 記錄密度는 작게 쓰는 記錄프로세스이며, 이 방식은 작은 마크로부터의 再生信號를 크게 하는 研究라 할 수 있다. 光磁氣디스크의 경우, 자계변조기극 방식이 있어, 이것은 磁氣헤드와 光헤드 양쪽을 使用하는 記錄으로 磁氣헤드로는 표면기록을 하며 트랙상에 짧은마크를 記錄할 수 있다는 利點을 가진다.

8. DVD를 實現하는 位相變化 光디스크

8.1 光學系에 의한 高密度化와 薄型基板 DVD光디스크

光디스크의 記錄密度는 最小記錄마크長 MI에 의해 定해지고, 이것은 레이저光의 스포트徑으로 定해진다. 스포트徑은 광학계의 레이저 波長 λ 와 렌즈의 開口數值 NA에 의한 빔 팩터 Bf($Bf = \lambda / NA$)에 比例한다. 따라서 레이저 波長 λ 의 短波長化와 렌즈 開口數值 NA를 크게 함으로써 記錄密度가 增大한다. 빔 팩터 Bf를 작게함으로써 原理적으로 高密度記錄·再生은 가능하게 되지만, 實用的에는 새로운 課題가 發生한다. 이는 光디스크가 폴리카보네이트 등의 樹脂基板을 採擇하고있기 때문에 디스크의 變形, 휨 현상 등이 일어나기 쉽고, 그 때문에 收差가 發生하여 레이저스포트光의 強度分布의 對稱性이 低下하는 것이다. 이 問題를 解決하기 위하여, 佐藤(사또오)氏 등은 薄型基板技術을 提案했다. 이것은 從來의 CD-ROM의 基板이 1.2mm 두께인 것에 비해서 새로이 0.6mm 두께의 基板을 제안하는 것이다. 디스크 基板의 휨, 傾斜(Tilt)角度와 信號再生의 인접 트랙으로부터의 크로스토크(cross

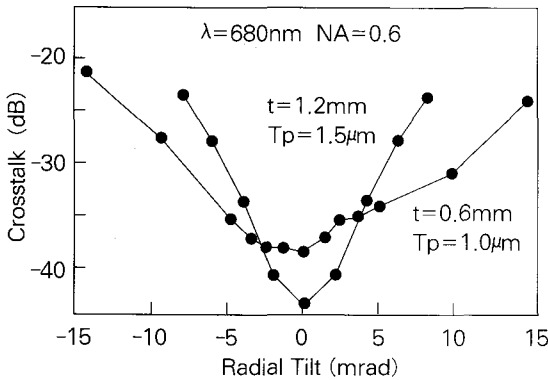


Fig. 19 디스크 傾斜(Tilt)와 트랙간 再生信號의 크로스토크의 디스크 基板두께에 의한 차이
 基板두께 : 從來基板 1.2mm(트랙 피치 $T_p=1.5\mu\text{m}$)

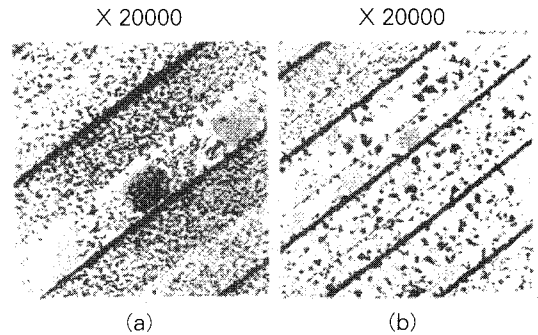


Fig. 20 記録마크의 透過電子顯微鏡像(TEM)(x20,000)
 (a) 從來基板 : 基板두께 1.2mm, 레이저 波長 830nm, $NA=0.5$, $T_p=1.5\mu\text{m}$
 (b) 薄型基板 : 基板두께 0.6mm, 레이저 波長 680nm, $NA=0.6$, $T_p=1.0\mu\text{m}$

talk : 雜音, 混信)의 對應을 Fig. 19에 보인다. 薄型基板에서는 從來의 두꺼운 基板에 비해서 디스크 傾斜에 대한 크로스토크의 増大量이 적어지고 있다. 傾斜가 없는 경우의 크로스토크가 두꺼운 基板에서 작아지고 있는 것은, 트랙피치가 $T_p=1.5\mu\text{m}$ 로 크기 때문이다. Fig. 20에 이 薄型基板을 利用하여 高密度 記録한 마크의 모양을 從來의 디스크의 마크와 比較하여 보인다. 透過電子顯微鏡(TEM)의 배율은 어느 것이나 20,000배이고, 薄型基板을 利用한 高密度 記録의 효과가 마크 칫수에 나타나 있다.

位相變化 光디스크의 高密度化 技術開發은 1992년에 發足한 位相變化 光디스크 워크샵이라는 조직으로 加速되었다. 이 가운데 생겨난 새 技術인 薄型基板 技術과 赤色레이저 技術은 位相變化 光디스크의 國際標準化 規格으로 發展했다.

8.2 DVD경쟁과 DVD-RAM

멀티 미디어는 퍼스널 컴퓨터, 디지털 데이터 壓縮技術, 그리고 統一된 포맷에 의해 오디오·비디오 데이터에서 컴퓨터 데이터에 이르기까지

統一적으로 取扱할 수 있는 폭넓은 媒體이다. CD, CD-ROM의 다음에 登場하는 媒體로서, 大容量, 고품질 光디스크 DVD競爭이 1992년頃부터 開始되었다. 멀티 미디어를 겨냥한 DVD 光디스크는 오디오 用途로 스타트한 CD와는 狀況이 다르며, 다음의 세 業界의 要望과 合意가 必要하고, 동시에 이 일은 DVD비즈니스의 크기를 나타내는 것이기도 하다. 그들 業界의 要望이라 함은, 컴퓨터 業界, 映畫業界 그리고 電子業界로부터의 要望을 충족시키는 性能이다. 특히 映畫業界로부터의 要望은 著作權, 違法 복사, 海賊版 對策이 實行 可能할 것이다.

當初, DVD競爭으로서 MMCD(Multi Media CD)를 밀고있는 Sony, Philips, HP陣營과 SD(Super Dencity Disk)를 밀고있는 東芝(도시바), 松下(마쯔시타), 日立(히타치), Time Warner의 技術競爭이 있었다.

MMCD陣營은 CD技術의 延長 上의 大容量화 포맷으로 CD디스크 基板(基板두께 $t=1.2\text{mm}$)을 維持한 提案이다. 한편, SD陣營은 위상변화 光디스크開發에서 제안, 實行된 新 技術, 薄型디

스크基板에 의한大容量화 포맷提案이다.

이런 것들에 대하여 1995년에 개최된 ODS '95(Optical Data Storage Conference 1995, San Jose)의 公開討論場에서 8瀬자 技術, 製造 技術에 관해서 데이터에 基礎한 열띤 討議가 이루어졌다. 그 결과, 아래의 사실이 분명하게 되었다.

(1) 薄型디스크基板에 의한 信賴性 높은 大容量化

(2) 薄型디스크基板, 접붙인 디스크構造의 높은 生産性, 信賴性.

(3) 薄型디스크基板(0.6mm)와 CD디스크基板(1.2mm)의 互換再生光픽업技術의 實現

以後 SD陣營의 技術적 優位性이 認定되어, DVD는 통일되고, 1996년/末부터 DVD-Movie의 商品化, 1997년에는 DVD-Rom의 商品化가 시작되었다. 그 後, 이런 것들과 互換性을 가진 再記錄型DVD의 포맷競爭이 始作되고, DVD-RAM, DVD-RW, +RW의 제안이 이루어져 왔다. 모두가 위상변화 科디스크가 採用되고 있다. 再記錄型DVD에 대해서 특히 重要的 技術은 著作權保護, 違法 複寫에 대한 機能이다. 이런 要望에 대하여 現在 規格化가 完了되어 있는 것은 DVD-RAM이며, 이미 1998년 5월부터 第1世代의 片面 2.6GB容量 DVD-RAM의 商品化가 이루어지고 있다. 第2世代인 片面 4.7GB容量 DVD-RAM에 관해서는, 1999년 5월에 松下電氣로부터 開發發表가 되고 있다.

9. 位相變化 光디스크의 將來展望

9.1 位相變化 光디스크의 短波長레이저 應答性和 記錄密度의 擴張

位相變化 光디스크 DVD-RAM은 薄型디스크 基板(0.6mm), 高NA렌즈($NA=0.6$), 赤色 半 導體레이저(波長 $\lambda=650\text{nm}$) 등의 새 技術에 의해 大容量化가 이루어지고 있다. 게다가, 렌즈/

그루브記錄의 採用 및 記錄變調方式을 PPM(Pit Position Modulation)에서 PWM(Pit Width Modulation)으로 變更함으로써, 보다 大容量化를 企圖하고 있다. 第1世代는 片面 2.6GB/120mm로서 DVD-RAM에 規格統一되었다. 레이저波長은 650nm , $NA=0.6$ 으로 記錄密度는 1.9Gbit/in^2 이다. 片面 $4.7\text{GB}/120\text{mm}$ DVD-RAM에서는 記錄密度가 3.4Gbit/in^2 이다. 더욱 大容量화를 기도한 片面 $5.2\text{GB}/120\text{mm}$ 의 비디오 取材用 시스템 MMVF(Multi Media Video File)의 位相變化 光디스크가 岩永(이와나가)氏 등으로부터 提案되고 있다. 여기서는 PRML(Partial Response Most Likelihood)의 再生技術의 導入에 의해 한층 더 高密度記錄 3.8Gbit/in^2 를 實現하고 있다.

短波長 레이저에 관해서는, 靑色레이저를 窒化 갈륨GaN 結晶으로 日亞化學(株)의 中村(나카무라)氏 등이 처음 發振에 성공하고부터, 急速한 技術의 도약을 보이고 있다. 올해 1999년 1월에는 5,000時間의 室溫連續發振의 GaN半導體 靑色레이저의 샘플出荷가 開始되어, 巴야흐로 희망찬 시대의 開幕시기를 맞이하고 있다. 한편으로 加藤(카토오)氏 등으로부터는 2次高周波를 利用한SHG(Second Harmonic Generation)技術에 의한 波長 950nm 의 半導體 레이저의 SHG波, 425nm 의 靑色레이저의 提案도 있다. 더욱이 렌즈 開口數值NA의 증대는 스탠포드大의 Prof. G.S. Kino 등이 提案한 SIL(Solid Immersion Lens)에 의해, CD의 $NA=0.45$ 에서 1.0이상의 값까지 가능하게 하는 技術의 實驗이 행해지고 있다.

位相變化 光디스크의 記錄膜材料인 칼코젠材料는 光學定數의 波長依存性은 작고, 可視光의 短波長 領域까지 應答性이 넓어져 있다. Table 3에 $\text{GeTe-Sb}_2\text{Te}_3\text{-Sb}$ 膜의 複素屈折率 $N=n+ixk$ 波長과의 對應을 보인다. 어떤 波長에 대해서도 非晶質(amorphous)狀態와 結晶狀態의 光學定

〈Table 3〉 位相變化材料 GeTe-Sb₂Te₃-Sb 의 光學定數의 波長依存性

Wavelength	Refractive index	
	Amorphous	Crystal
830nm	4.61+1.05i	5.67+3.01i
780nm	4.47+1.40i	5.07+3.42i
680nm	4.39+1.53i	4.84+3.53i
580nm	3.86+1.93i	4.04+3.43i
430nm	3.08+2.40i	3.75+2.44i

數의 屈折率n의 變化는 거의 20%程度로 크다. 따라서 記錄膜材料로서 GeTe-Sb₂Te₃-Sb膜을 적용한 位相變化 光디스크에서는 材料를 바꾸는 일 없이 短波長 對應의 高密度 光디스크를 實現할 수 있다는 것을 알았다.

最初로 製品化 된 第一世代의 位相變化 光디스크는, 130nm의 兩面디스크로서 1GB/兩面의 용량으로, 레이저波長은 $\lambda=830\text{nm}$, $\text{NA}=0.5$ 로서 記錄密度는 0.4Gbit/in^2 이다. 다음에 PD디스크에서는 용량 650MB/120片面디스크로서, 레이저波長은 $\lambda=780\text{nm}$, $\text{NA}=0.5$ 이며 記錄密度는 0.6Gbit/in^2 이다. CD互換시스템用 PD디스크는, 高感度(9mW), 高싸이클(50萬以上)을 實現하고 있다.

Fig. 21은 位相變化 光디스크의 記錄密度를 보이고 있다. 橫軸에 最初에 製品化된 位相變化 光디스크에서 規格化한 빔 팩터Bf比의2乘, 縱軸에 그 記錄密度를 보이고 있다.

Fig. 21 가운데에 플롯(plot)된 ■ 은 상품화 및 규격화가 이루어지고 있는 것으로, 表2의 제품 의 記錄密度 등이다. 赤色레이저로부터, 더욱이 短波長레이저를 적용함으로써, □로 나타내는 實驗提議이 행해지고 있다. 靑色波長 $\lambda=430\text{nm}$ 이며 기록밀도는 11Gbit/in^2 , 용량15GB/120mm 片面에의 擴張性이 예상되고 있다.

보다 大容量化하기 위해서는 나노미터 記錄密度가 要望된다. 任田氏 等은 AFM(Atomic

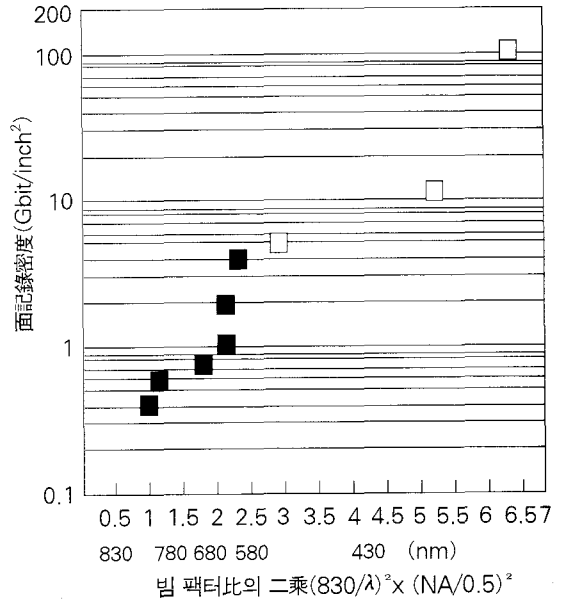


Fig. 21 位相變化 光디스크의 記錄面密度와 光學系 빔 팩터의 對應(단, 100Gbit/inch^2 은 AFM 프로브 記錄)

Force Microscopy)의 技術을 適用하여, AFM 프로브에 의해 位相變化記錄膜에의 可逆메모리의 가능성을 보이고 있다. 마크 치수는 $30\text{nm}-10\text{nm}$ 인 나노미터記錄이며, 信號檢出은 전류로 하고 있다.

9.2 그 밖의 位相變化 光디스크 大容量化 技術(從來光學系 互換方式)

〈再記錄型 位相變化 2層 디스크〉

容量 擴張으로서는 基本的인 方法으로서 記錄 마크의 微小化, 즉 高密度化 記錄의 어프로치가 있다. 더욱 記錄層을 複數로 하는 方法, 즉 첫層의 記錄과 첫層層을 통해서 둘째層에도 記錄再生하는 方式이 長田(나가다)氏 등으로부터 제안되고 있다. 이것은 말하자면, 體積메모리의 形態의 하나로도 생각할 수 있다. 이 方法은 표면, 裏面의 2層 記錄과는 전혀 다른 技術이며, 同一 레이저 方向에서 2層의 記錄·再生을 行하는 것이

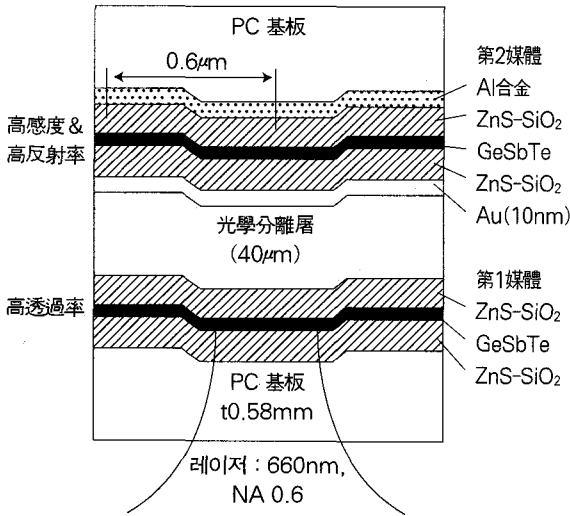


Fig. 22 再記錄型 位相變化 2層디스크의 基本構成의 斷面圖

다. Fig. 22에 2層 位相變化 디스크의 基本構成을 보인다. 片面으로부터의 記錄再生方式이며, 이것은 DVD와 같은 光學系로 記錄再生이 可能하여 DVD-RAM의 8.5GB에의 大容量化를 可能케 하는 技術이다.

〈位相變化 멀티레벨記錄〉

位相變化材料를 사용한 電氣的 스위칭素子인 오보닉素子(Ovonic memory)로는, Dr. S.R.Ovshinsky로부터 招請講演으로 1997년에 第9回 位相變化記錄심포지움(1997)에서, 16레벨의 멀티레벨 메모리의 提案이 이루어졌다.

位相變化 光디스크에서는 記錄信號레벨이 크고, 記錄마크(amorphous 상태)와 消去狀態(結晶狀態)의 反射率差는 20%程度 얻어진다. 따라서 位相變化 光디스크에서는 信號C/N比도 용이하게 55dB 以上을 얻을 수 있어, 현재의 2值記錄(binary recording)에 대해서, 多值記錄의 可能性을 가진다.

ISOM/ODS'99合同學會에서 太田(오오타)氏 등은 位相變化 光디스크의 멀티레벨記錄의 基本 데이터(4值記錄)의 提案을 하고 있다.

9.3 位相變化 光디스크의 데이터 轉送의 高速化

〈고속화의 필요성〉

퍼스널 컴퓨터 성능의 진보는 빠르고, 光디스크를 그 외부메모리로 사용하는 경우, 데이터 전송레이트가 중요하게 된다. 퍼스널 컴퓨터의 프로세서의 내부 크록주파수는 96연도에는 100MHz台, 97년에는 200MHz—300MHz가 되고 98년에는 450MHz의 프로세서도 시장에 나오기 시작했다. 이는 동화나 음악의 리얼타임(실시간)처리를 가능케 하는 것이다. 예를 들면, 극장레벨의 고품질 동화를 실현하기 위해서는 MPEG2(Moving picture 2)에서 평균압축 레이트를 3.5Mbps로 하고, 오디오, 기타의 정보를 넣은 경우DVD(Digital Versatile Disk)에서는 4.7Mbps의 데이터 전송레이트가 필요하다. 따라서, 미디어의 메모리 용량은 영화 130min당 4.7Mbps x 130min=4.7GB가 필요하게 된다. 미디어에 관해서는, 평균 3.5Mbps로서 最大는 10Mbps 정도의 데이터 速度가 요망된다.

位相變化方式에서는, 데이터의 속도를 제한하는 요소로서는 結晶化에 필요한 속도가 있다. 1968년 당시에는 이 속도가 10msec 정도였다. 다만, 오버라이트의 성능을 실현하기 위하여, 그 후 高速結晶化材料가 등장하여 현재에는 10ns 정도의 재료가 발견되어 있다.

PD 및 DVD-RAM에서는 MPEG2, 10Mbps의 기록재생이 이루어질 수 있다. 더욱이 고속 데이터 전송속도의 位相變化 光디스크는 山田(야마다)氏 등에 의해 디지털동화상 편집용 디스크로서 제안이 행해지고 있고 40Mbps의 오버라이트를 실현하고 있다. 또 실험적으로는 50m/s의 디스크 線速度로의 오버라이트 特性에서 200Mbps의 기록·재생의 가능성이 얻어지고 있다. 高速때의 消去特性은 結晶化特性보다도 오히려 記錄때의 낡은 마크와 새로운 마크를 덮어쓰는 重書部의 記錄마크의 歪曲에 起因한다는 것이 명백해 졌다. 이 때문에 낡은 마크

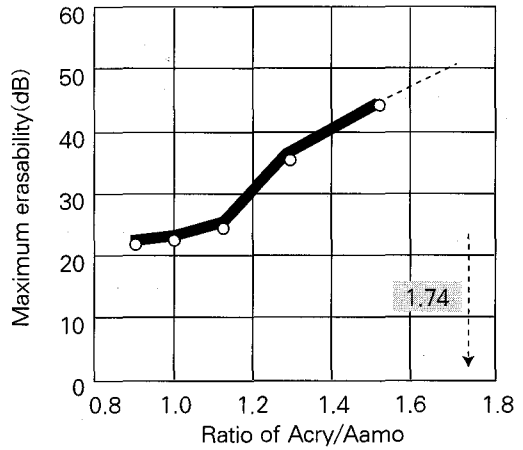
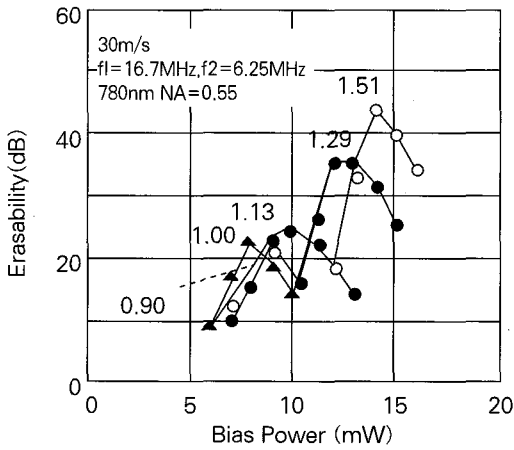


Fig. 23 amorphous部(낮은 마크部)의 光吸收 Aa와 結晶部(消去部)의 光吸收 Ack의 比 Ac/Aa와 消去特性

(amorphous部)의 光吸收特性Aa(amorphous)와 결정부의 光吸收特性Ac(結晶)의 비율 Ac/Aa를 개선하는 방법이 제안되고 있다. Fig. 23에 高Ac/Aa의 값을 消去比의 관계를 보인다.

10. 맺음

位相變化型 光디스크는 싸이클성능의 약진에 의해 이미 상품화가 이루어지고 있다. 이 技術은 심플한 오버라이트 및 DVD 콘텐츠미디어 호환 기능에 의해 멀티미디어 PD 그리고 DVD-RAM을 실현하고 있다. 位相變化材料의 넓은 波長應答特性은 靑色 短波長 레이저의 적용 15GB/120mm·면에의 확장성을 지닌다. 데이터 전송 레이트는 當初의 DVD-RAM에서 14.6Mbps이며, 고속동화 편집용에서는 40Mbps의 製品化도 이루어지고 있다. 실험레벨에서는 200Mbps의 데이터 전송레이트의 제안도 행해지고 있다.

記錄容量에 관해서는 位相變化 光디스크에서는 큰 신호, 넓은 波長應答特性이라는 材料와 방식의 고유성질과 주변기술(레이저의 短波長化等)의 진보와 서로 잘 어울려 特殊한 기술을 도

입하는 일없이, 종래의 光픽업으로 下位互換 가능한 멀티레벨의 記錄, 다층기록을 포함한 고밀도화의 가능성을 가진다.

光픽업만에 의한 기록재생이며, 같은 光픽업으로 2層기록에 의한 片面 2배 容量, 게다가 3層, 4層기록 등, 소위 本積메모리의 方向에서의 대용량화가 기대되고 있음과 함께 멀티레벨 位相變化 光디스크 기록의 가능성도 기대되고 있다. 더욱이 位相變化 記錄膜은 AFM프로브에 의한 나노미터 마크의 再記錄 實驗結果도 있어 테라바이트 메모리의 21세기에서의 개화가 예상되고 있다.

(끝)

지난 7월 한국광학기기협회 주최로 열린 '한·일 광학산업 기술협력 세미나'에서 太田威夫박사가 강의한 내용을 번역해서 2회에 걸쳐 소개했습니다. 앞으로도 '지상세미나'에 여러분의 많은 관심을 바랍니다. 게재를 원하는 내용이 있거나 소개하고 싶은 국내의 논문, 기술자료 등이 있을 때는 언제든지 '광학세계' 편집부로 연락 주시기 바랍니다.

여러분의 참여는 국내 광학산업계 및 연구계를 발전시키는 밑거름이 될 것입니다.