

홀로그램을 이용한 文化財 展示 可能性

孫廷榮, 全炯旭

韓國科學技術研究院 情報電子研究部

The Possibility of Displaying Cultural Properties Using Holograms

Son, Jung Young and Hyung Wook Jeon

*Division of Electronics & Information Technology, Korea Institute of Science
and Technology, Seoul, 136-791, Korea*

□ ABSTRACT : As a result of the great attention to the historical and cultural heritage, the achievements of the natural sciences are finding their way into museums. The necessity of preserving the treasures of the artistic and cultural heritage has brought into being a new alliance, an alliance between science and culture. The most sciences of cultural properties pertain mainly to improvement of the methods of identifications, preservation and restoration of historical monuments. Recently a new physical method has appeared that, in a sense, possesses universal capabilities. That method is holography, which successfully combines unique features making it possible not only to create three-dimensional optical replicas of real three-dimensional objects practically indistinguishable from the original but also to study them. We shall deal in this paper with its scientific principle and application for displaying, as well as on other potential applications.

1. 序 論

박물관이나 유적지들은 관광객들이 가장 많이 찾는 장소 중의 하나이다. 박물관에 소장되어 있거나 유적지에 흩어져 있는 문화재들은 예술적 가치와 더불어 그 민족의 역사와 슬기를 동시에 볼 수 있게 하는 산교재로서 국민들에게 민족적 자긍심을 일깨워 주는 역할을 하므로, 모든 국민이 보고 느낄 수 있도록 잘 보존되고 전시되어야 한다. 그러나 이러한 문화재들은 희소하고 재현이 힘들어 문제시 다시 얻기가 어려운 것이어서, 보존과 전시를 위한 조건 충족이 어려우므로 많은 부분이 저장상태를 벗어나지 못하고 있으며, 또한 전시공간의 부족, 개인 소장가의 소유 그리고 특별 보호의 목적으로 일반 전시가 안되는 것도 많아 산교재로서 문화재의 역할이 충분히 발휘되지 못하고 있다. 또한 문화재의 이러한 희소성과 재현성은 문화재의 이동전시를 어렵게 하고, 출토지역 박물관에서 전시가 아닌 대형 박물관 위주의 전시만 가능하며, 또한 각국의 문화재를 한 자리에서 비교 감상할 수 있는 기회를 줄이고 있다.

선조들의 얼이 담긴 이 귀중한 문화재들을 분실이나 훼손없이 후대에 물려주며, 또한 국민 모두가 접촉하여 느낄 수 있도록 하는 새로운 보존 및 전시방법의 개발은 오늘을 살고 있는 우리들의 큰 임무이자 과제라고 할 수 있다. 첨단 과학과 문화의 접목은 이미 18세기 초반부터 시작되었으며,¹⁾ 그 이후 X-Ray나 탄소 동위원소 측정에 의한 문화재의 감정이나 연대 추정, 화학 약품을 이용한 문화재의 표면처리 그리고 최근 광의 간섭현상을 이용한 예술품의 보존 상태 측정이나 컴퓨터의 응용은 첨단 과학과 문화의 불가분함을 나타내고 있다.^{2,3)} 그러나 현재의 첨단 과학은 문화재의 보존

(Preservation)과 식별(Identification) 그리고 복원(Restoration)을 위주로 적용되어 왔으므로 전시를 목적으로 한 새로운 방법 모색에는 연구 노력이 미흡한 편이었다. 그러나 80년대 이후부터 홀로그래피(Holography)를 이용한 문화재 전시 방법의 개발이 구소련을 시작으로 프랑스, 영국, 미국 등지에서 행해 졌으며, 현재 벨기에와 남미의 콜롬비아에서는 자기나라 문화재의 홀로그램(Hologram)화를 국가적으로 추진하고 있다. 구소련에서 제작한 소련 문화재의 홀로그램은 미국, 프랑스, 일본 그리고 영국 등에 이동 전시되어 큰 호평을 받았다. 이는 홀로그램에 의한 문화재의 전시가 실물 전시와 같은 관객들의 호응을 받을 수 있음을 단적으로 나타낸다. 본 논고에서는 홀로그래피의 원리 및 특성 설명과 함께 문화재의 홀로그램화에 대해 기술한다.

2. 홀로그래피란 무엇인가

홀로그래피란 3차원 사진술의 일종으로 우리의 눈에 시차(Parallax)만을 주는 입체 사진술(Stereo-Photography)과는 달리 상을 보는 방향에 따라 형태가 변하는 물체의 완전한 3차원 기록 및 재생방식이다. 홀로그래피(Holography)는 1940년대 후반 헝가리 출신의 영국 물리학자인 Dennis Gabor에 의해 고안된 것으로, 전체라는 뜻의 Holo와 방법이라는 뜻의 Graphy가 합쳐져서 된 단어로 전체를 기록하는 방법이라는 의미를 가지고 있다. 홀로그래피는 일반적인 사진술과는 달리 피사체에서 반사된 빛의 강약을 기록하는 것이 아니고 피사체에서 반사되는 빛의 위상을 기록한다. 일반 사진술(Photography)의 경우, 필름면은 피사체의 카메라 렌즈에 의한 상면에 위치하여 상의 한 단면을 기록하지만(Fig. 1), 홀로그래

피의 경우는 물체의 형태에 따라 주어지는 반사광의 파면에 있어 변화를 필름판 상에 기록하므로 (Fig. 2) 빛을 모으는 역할을 하는 렌즈가 필요

없고, 필름판 상에 기록된 것은 물체파(Object Wave)에 의해 피사체로부터 반사되는 빛과 필름판에다 직접 입사하는 빛인 기준파(Reference

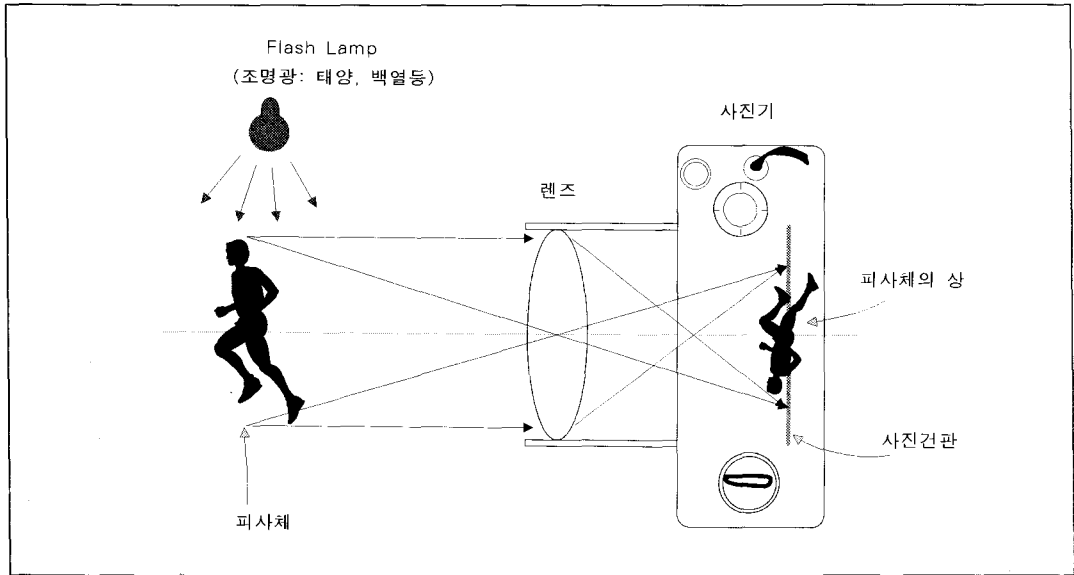


Fig. 1. 사진술의 원리

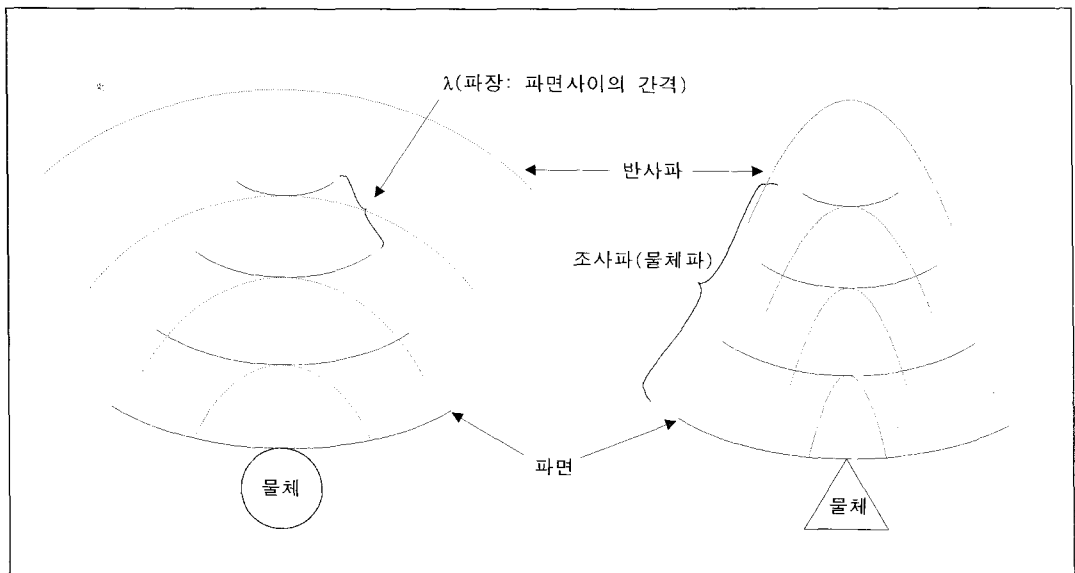


Fig. 2. 물체의 형상에 따른 반사파면의 변화

Wave)와의 간섭에 의해 주어지는 Fig. 3과 같은 간섭무늬이다. 이 간섭무늬의 기록을 위해서는 먼저 물체파와 기준파는 동일 광원에서 분기되어야 하며, 그 파면(Wavefront)이 시간(Temporal)과 공간(Spatial)에 있어 일정하게 유지되는 소위 Coherent 광이어야 하며, 촬영시 기준파와 물체파 사이의 경로차가 광원의 Coherent 특성이 유지되는 거리보다 짧아야 하고, 촬영 시스템의 구성 부품에 있어 진동도 없어야 한다. 구성 부품

에 있어 진동은 기준파나 물체파의 파면 간격을 제멋대로(Random) 변화시키므로 피사체의 형태에 의한 위상변화만을 기록할 수 없으므로 촬영시간 동안은 촬영 시스템을 무진동 상태로 유지해야 한다. 특히 현재 시판되는 홀로그래피용 필름판은 폴리에틸렌 수지 또는 유리판에다 감광유액을 수 μm 에서 수 십 μm 의 두께로 바른 것으로 일반 사진 필름에 비해 감도가 낮아 긴 노출 시간을 필요로 하므로 촬영 시스템을 무진동 상태로 유지하기 위

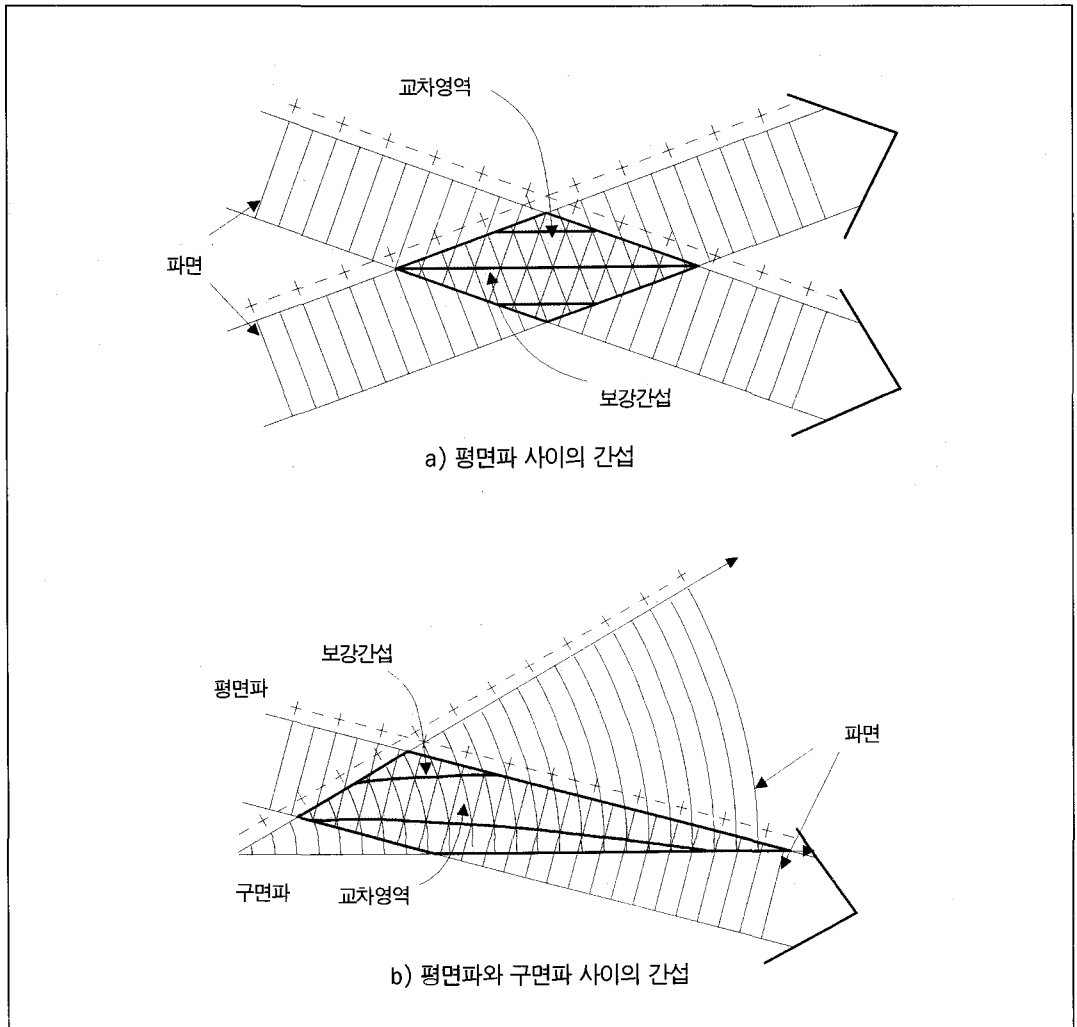


Fig. 3. 간섭무늬의 형성

해서는 시설적인 지원이 요구된다.

현재 Coherent 광원으로는 레이저(Laser)밖에 없다. 레이저 빔의 Coherent한 정도는 Coherent 길이로 나타내는데 그 길이는 레이저빔을 분기시켜 다시 결합시켰을 때 생기는 간섭무늬가 소멸되는 두 빔 사이의 최대 경로차(Path-length Difference)로 표시한다. Table 1은 현재 많이 사용되고 있는 홀로그래피용 레이저의 특성을 비교해 놓았다. Coherent 길이는 홀로그래피에 의해 촬영 가능한 물체의 깊이를 결정하는 레이저의 중요한 특성이다. Table 2는 홀로그래피와 사진술의 특성을 비교한 것이다.

3. 홀로그래피에 있어 상의 재생

홀로그램은 레이저로 촬영하여 현상된 홀로그래피 필름판으로 촬영 방법에 따라 여러 가지 명칭을 가지고 있으나 기본적으로는 투과형과 반사형으로 나누어 진다. 투과형과 반사형의 차이는 필름판을 중심으로 한 물체파와 기준파의 상대적인 입사 방향에 의해 정해 지는데, 투과형의 경우

물체파와 기준파가 동일 방향에서, 반사형의 경우는 서로 반대 방향에서 입사한다(Fig. 4). 투과형과 반사형 홀로그램의 근본적인 차이점은 상의 재생에 있다. 투과형의 경우 상의 재생에는 촬영시 필름판에 입사하는 기준파의 입사각도로 기준파와 동일 파장의 레이저로 홀로그램을 조사함에 의해 피사체의 원래 위치에 피사체의 3차원 상이 재생되지만(Fig. 4), 반사형의 경우는 태양광이나 특수 조명광하에서도 상의 관측이 가능하다. 홀로그램도 복제가 가능하며, 복제된 홀로그램은 원판 홀로그램과 달리 레이저 이외의 조명광으로도 상의 관측이 가능하다. 홀로그램은 상의 복제시에 사용된 기법이나 사용하는 감광제의 종류에 따라서도 특성이 다른 여러 가지 홀로그램의 제작이 가능하다. Table 3에 여러 가지 홀로그램과 그 특징을 비교해 놓았다. 홀로그램과 사진을 비교한 또다른 특징은 사진의 경우 일부가 파손되면 그 부분의 정보를 잃어 버리지만 홀로그램의 경우는 나머지 부분으로도 전체상의 재생이 가능하므로 기록매체로서의 우수성도 가지고 있다.

홀로그램에 의한 상의 재생은 아무 것도 없는

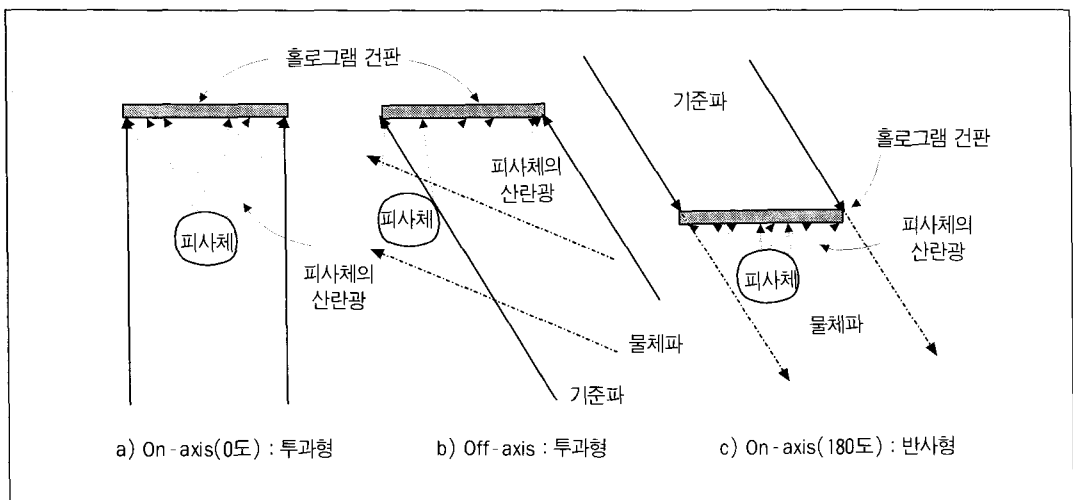


Fig. 4. 기본적인 홀로그래피 구성방법

Table 1. 홀로그래피용 레이저

종 류	파 형	파장(nm)	출력(최대)	Coherent Length	펄 스 폭	
기 체	He - Ne	CW	632.8	100mW	수 m	
	Ar ⁺	CW	488, 514.5	12W	수 cm	
	Ar ⁺ (With Etalon)				수 10m	
	Kr ⁺	CW	647,676	수 W	수 10m	
		펄스		수 J	수 10m	
He - Cd	CW	442	수 10mW	수 10m		
고 체	Ruby	펄스	694.3	~ 25J	~ 10m	25ns ~ 100s
	Nd : YAG	펄스	1,064	~ 5J	~ 50m	
		펄스	532 (제 2 고조파)	~ 3J	~ 50m	15ns ~ 5ms
반도체	GaAs	CW	780, 830	~ 수 10mW	1m	

Table 2. 홀로그래피(Holography)와 사진술(Photography)의 비교

구 분	홀 로 그 래 피	사 진 술	비 고
기록 정보	3차원(Depth)	2차원	
해 상 도	500 lines /mm	100 lines /mm	
광 원	레이저 (가시범위)	자연광, 백색광	
노 출 시 간	수 마이크로 초	수 백 마이크로 초	물체크기, 광량에 따라
촬 영 조 건	특수조명, 무진동	실내조명	
촬 영 원 리	물체파와 기준파의 간섭	피사체로부터 반사광	
기 록 방 식	간섭무늬	피사체의 광량분포	
Emulsion Grain 크기	10 ~ 50 mm	수 마이크로 이상	
필름 종류	파장에 민감	전 가시영역	

Table 3. 홀로그램의 종류

종 류	특 징	응 용 및 용 도
투 과 형 홀 로 그 램	<ul style="list-style-type: none"> - 물체과와 기준과가 필름판을 중심으로 좌 또는 우측에 있다. - 레이저에 의해서만이 상이 재생된다. - 잡음에 의해 어떤 거리 이상은 보이지 않는다. - 시야각이 제한 (약 30도) 되어 있다. 	<p>복사를 위한 원판 홀로그램으로 사용</p>
반 사 형 홀 로 그 램	<ul style="list-style-type: none"> - 물체과와 기준과가 필름판을 중심으로 좌우에서 입사 - 백색광에 의한 상 재생 가능 - 관측 시야가 투과형보다 넓다 (약 120도) - 색상 선택능력을 가지고 있다. 	<p>박물관 등에 전시용으로 응용</p>
무 지 개 홀 로 그 램	<ul style="list-style-type: none"> - 투과형 홀로그램을 원판으로 사용 - 백색광에 의해 재생 - 눈을 위아래 또는 좌우로 움직이면 무지개 색상이 재생 - 슬릿에 의한 색상의 분산 - 슬릿과 평행한 방향으로서는 시차가 없다 	<p>예술, 광고, 실내장식 등에 이용</p>
엠 보 싱 홀 로 그 램	<ul style="list-style-type: none"> - 포토레지스터에 의한 패턴 기술로 제작 - 니켈 도금된 금형을 사용하여 플라스틱 필름에 인쇄 (Emboss) - 대량 제작이 가능하나 대형화가 어렵다. - 해상도와 깊이감이 떨어짐 	<p>책, 잡지표지, 보안용으로 사용</p>
스 테 레 오 홀 로 그 램	<ul style="list-style-type: none"> - 한 개의 필름판을 분할하여 한 물체의 여러 방향에서의 상을 기록 - 슬라이드 필름이나 물체의 회전을 기록 - 대형화가 어렵다. - 보는 방향을 변화시키면 물체가 회전함 	<p>디자인, 광고, 실내장식, 영화</p>
DCG 홀 로 그 램	<ul style="list-style-type: none"> - 자외선으로 감광 - 100%에 가까운 회절효율 - 감광 감도가 낮아 크게 제작하기가 어려움 	<p>액세서리, 광학부품</p>
컴 퓨 터 로 제 작 된 홀 로 그 램	<ul style="list-style-type: none"> - 가상 물체의 간섭무늬 패턴을 컴퓨터로 제작 - 광학적으로 영상의 재생 	<p>광학부품, 특수상 생성, 3차원 TV</p>

공간에 상을 재현시키며, 그 재생된 상이 순수한 무지개빛 색상을 가질 수 있고, 또한 별도의 세계를 동시 생성 가능하므로 전시매체(Display Media)로써 홀로그래프의 가능성은 아주 뛰어 나다. 홀로그래프를 이용한 문화재의 전시는 특별 조명하에서 유리관내에 놓여지는 실제 문화재의 전시와 같은 분위기를 창조할 수 있으므로 박물관의 용도로 홀로그래프의 이용 가치는 아주 높다.

4. 홀로그래프를 이용한 문화재의 전시

이미 앞에서 언급된 것과 같이 문화재 전시의 가장 큰 문제점은 전시공간과 보존 조건의 충족이다. 홀로그래프는 일종의 특수 코팅된 유리판이므로 보존이 쉽고, 상 재생을 위한 설치가 간단하므로 전시공간이 많이 요구되지 않는다. 문화재의 홀로그래프화는 대용전시 가능성 때문에 문화재의 보존 측면이 강하고 또한 각국 문화재 교류의 용이, 세계 문화재 비교전시 및 연구, 지역 박물관의 지역성 유지, 손상 받기 쉬운 문화재의 홀로그래프화에 의한 복원 가능 등 여러 가지 장점이 있다. 홀로그래프에 의해 재생되는 상이 놓여지는 위치는 복제과정에서 조작에 의해 유리판의 전후로 그 상대적인 위치를 가변시킬 수 있으므로 실제 박물관 전시실에서 관람하는 것보다 더 가까운 거리에서 관람객이 문화재를 관찰할 수 있게 하므로 지각적인 효과가 크다. Photo 1에서 6은 여러 가지 유물의 홀로그래프를 사진화한 것이다. Photo 1은 스키타이 유물 중에서도 유명한 황금 목걸이의 홀로그래프이다. 홀로그래프를 가까이서 보면 목걸이의 미세한 부분까지 관찰할 수 있음을 알 수 있다. 이 홀로그래프는 홀로그래프에 의해 기록된 상의 정확성을 나타낸다. Photo 2는 한국의 하회탈 홀로그래프를 3방향에서 쳐다 본 것이다. 보는 방향에 따라서 상

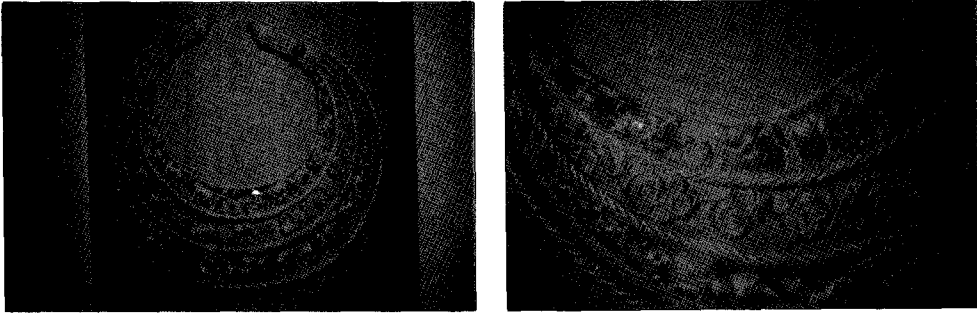
이 달라 보임을 알 수 있다. 실물을 쳐다 보는 것과 같은 감을 준다.

5. 結 論

우리 나라는 반 만년의 역사를 지닌 문화재의 부국으로 많은 유물들을 가지고 있다. 이러한 유물들의 홀로그래프화는 우리 문화의 외국 소개 용이 는 물론 외국에 흩어져 있는 우리 문화재의 재 소 집 의미도 가지고 있다. 현재 홀로그래피 기술에 의한 재생 가능 색상은 흰색, 금색, 갈색 등으로 제한되어 있으나 앞으로 연구 결과에 따라 이러한 제한이 없어질 것이다. 우리 나라가 소장하고 있는 많은 유물 등이 금으로 만들어진 것들이므로 이러한 유물들의 홀로그래프화는 남미의 콜롬비아에서 추진하는 콜롬비아 골드(Gold)의 홀로그래프화 와 같이 그 나름대로 우리 문화재의 보존과 전시 에 큰 의미가 있다고 사려된다.

參考文獻

1. V. B. Markov, G. I. Mironyuk, and I. G. Yavtushenko, *Holography and its applications in museum work*, in studies and documents on the cultural heritage vol. 5, UNESCO, (1984).
2. C. F. Bridgman and H. L. Gibson, "Infrared luminescence in the photographic examination of paintings and other art objects", *Stud. Conserv.* 8, 77 (1963).
3. H. Jaffe and M. Orchin, *Theory and application of ultra-violet spectroscopy*, New York, Willey, (1962).



a) 스키타이 황금 목걸이

b) 목걸이 홀로그램의 일부를 확대하여 본 것

Photo 1. 스키타이 황금 목걸이의 홀로그램



Photo 2. 하회탈의 홀로그램

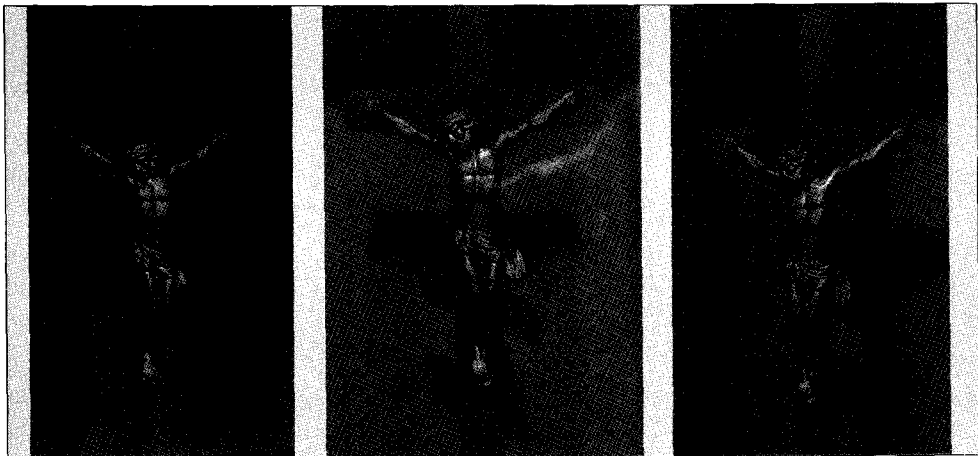


Photo 3. 예수상의 홀로그램

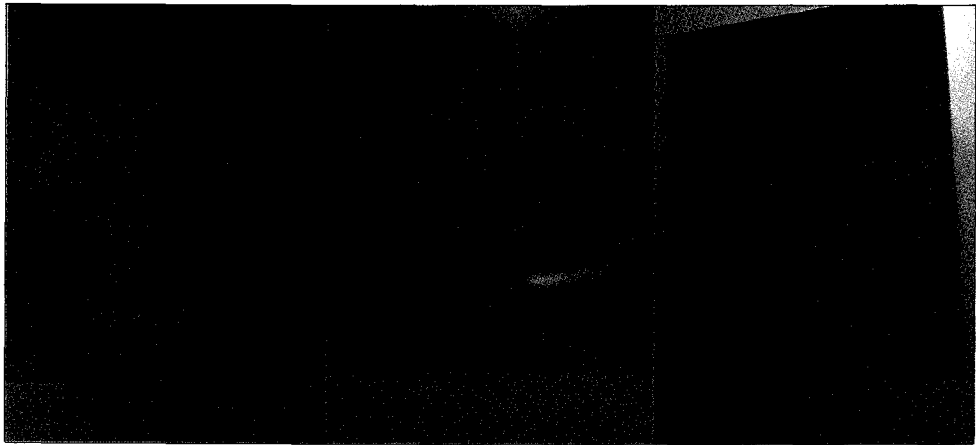


Photo 4. 토기잔의 홀로그램

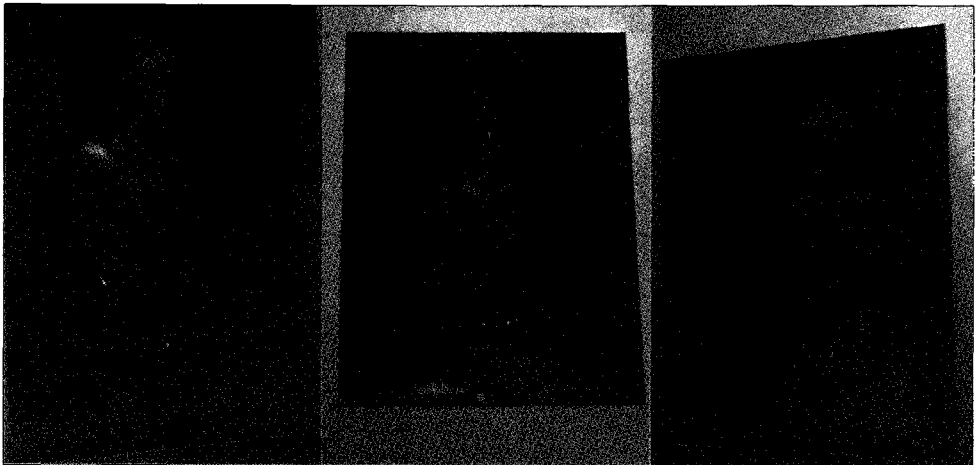


Photo 5. 불상의 홀로그램

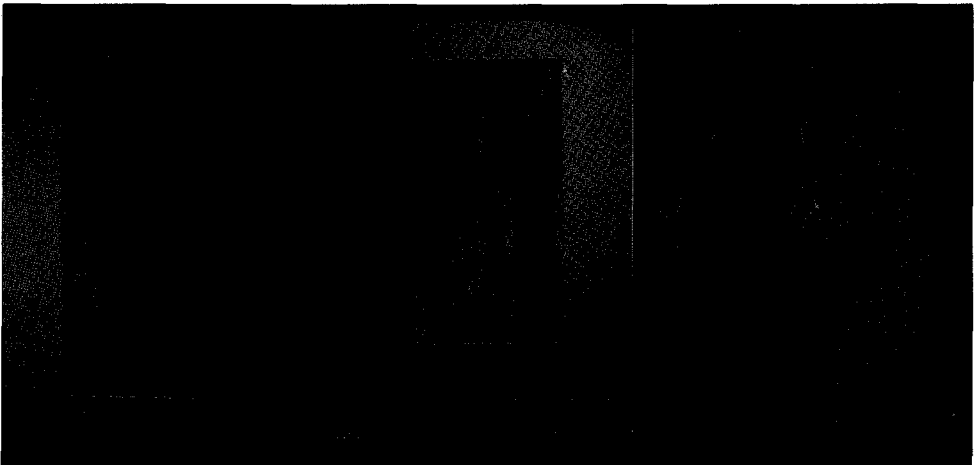


Photo 6. 유럽 문화재의 홀로그램