



透明ホログラム

山崎 哲司

大日本印刷(株)ビジネスフォーム研究所 〒335 蕨市錦町 4-5-1

1. ま え が き

エンボスホログラムの量産, さらに転写箔化の実用化により, レインボーホログラムなどのディスプレイ用ホログラムは各種カード, パッケージ, シールなどに広く使用されるようになった. これらのエンボスホログラムは, 干渉縞が表面凹凸で記録されたもので, 通常その複製品の凹凸記録面には金属反射層が設けられ, 反射光再生型で使用される. ホログラム自体は不透明で金属光沢の外観を呈する. 一方, 本題の透明ホログラムは, ホログラムを通してその後方にあるものが透視できればという要望から生まれたもので, このエンボスホログラムの反射層の変更により作られる.

以下, この原理, 特徴および応用について概説する.

2. 透明ホログラムの原理

エンボスホログラムは, フォトリソグランドなどの感光材料にホログラフィックな干渉縞を表面凹凸で記録し, 次にこれを基に作製した金型でその凹凸形状を樹脂材料にエンボス成型したものである. 透明材料に成型したものは基本的には透明なホログラムとなる. このホログラムは凹凸記録面で位相差を生じ, 透過回折光を生ずるとともに, ホログラム形成媒体と空気との屈折率の差から境界面では光が反射するため, 反射回折光も生ずる(図1). この形態では, ホログラムは透過光, 反射光のどちらでも再生可能なタイプとなる.

しかし, エンボスホログラムはその記録面の保護が必要であり, 通常, 記録面には接着剤または粘着剤を塗布し, 基材を保護層として役立て, 他の物に貼る形に加工して製品化することが多い(図2). この場合, 一般に樹脂の屈折率は1.4~1.6の範囲にあるため, 透明基材の凹凸記録面に直接接着加工を行なうと, 凹凸記録の境界面を構成する二つの材料間にほとんど屈折率の差がなくなる. その結果, 境界面では反射が起こらず, また透過光にも位相差が生じなくなるため, ホログラムからは反射, 透過のどちらの回折機能も消滅してしまう. このよ

うなことから, 一般のエンボスホログラムでは凹凸記録面に金属の反射層(通常はAlの蒸着膜)を設け, この面で強制的に光を反射させ, 反射回折光を得ている.

一方, 本透明ホログラムは, 基本構成は一般のエンボスホログラムと同様であるが, Alなどの金属に代る透明物質を反射層に使用して作られる. このホログラムで起こる光の反射は異なる屈折率をもつ透明物質の境界面に入射する場合のフレネルの反射係数を用いて記述できる. 図3に示す構成では, 薄膜の干渉効果に加わり, 光の反射率は次式で与えられる.

$$R = \frac{(\rho_A^2 + \rho_B^2 + 2\rho_A\rho_B \cos \gamma)}{(1 + \rho_A^2\rho_B^2 + 2\rho_A\rho_B \cos \gamma)} \quad (1)$$

ここで ρ_A, ρ_B はおのおのA面, B面における振幅反射率である. γ はA面反射光とB面反射光の位相差で, 光路差 Δ を用いて次式で表わされる.

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= (2\pi/\lambda)\Delta \\ \Delta &= 2nd \cos \theta \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

振幅反射率 ρ_A, ρ_B はS偏光, P偏光に対して次式で与えられる.

$$\begin{aligned} \rho_A(S) &= (n \cos \theta - n_1 \cos \theta_1) / (n \cos \theta + n_1 \cos \theta_1) \\ \rho_B(S) &= (n_2 \cos \theta_2 - n \cos \theta) / (n_2 \cos \theta_2 + n \cos \theta) \\ \rho_A(P) &= (n \cos \theta_1 - n_1 \cos \theta) / (n \cos \theta_1 + n_1 \cos \theta) \\ \rho_B(P) &= (n_2 \cos \theta - n \cos \theta_2) / (n_2 \cos \theta + n \cos \theta_2) \end{aligned}$$

(1)式は, $\cos \gamma = -1$, すなわち, そのときの光路に対し透明薄膜が $\lambda/4$ 膜の場合, 次式で表わされ $n > n_1, n_2$ または $n < n_1, n_2$ であれば最大の値をとる.

$$R = (\rho_A - \rho_B)^2 / (1 - \rho_A\rho_B)^2 \quad (3)$$

一般に入射角がそれほど大きくない場合の ρ_A, ρ_B の値は小さく, したがって(3)式より透明薄膜はそれをはさむ両側の物質との屈折率差が大きいほど高反射率が得られる. ここで, 透明薄膜材料が低屈折率である場合には, 大きな屈折率差を得ることは困難であり, 実際にはこの材料は高屈折率の物質が用いられる. このような目的に適合する高屈折率をもつ物質は, 無機化合物(酸化物や硫化物など)のなかから選択できる. たとえば図3で n が2.5, n_1, n_2 が1.5の材料で構成された薄膜か

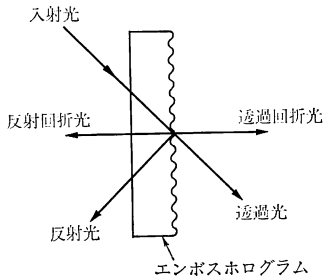


図 1 透明基材のエンボスホログラム

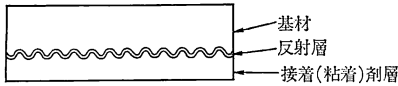


図 2 エンボスホログラム製品の基本構成

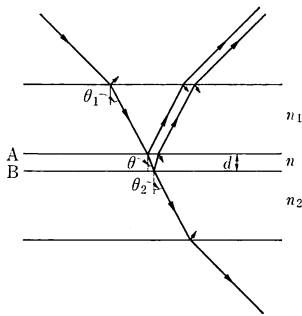


図 3 透明薄膜における光の反射

らは θ_1 が 30° の場合約 30% の反射率が得られる。このような構成でエンボスホログラムを形成すれば、十分観察可能な透明ホログラムが作製できる。

なお、透明薄膜がホログラムの凹凸記録形状に沿った平行膜である場合、透過光に位相差が生じないため、透過光再生には効果がない。ただし実際には、ホログラムを構成する各層間の繰返し反射によってホログラムからは像が多少再生される。

3. 透明ホログラムの特徴と応用

透明ホログラムは商品化されて日も浅く、まだその特徴を生かして効果的に利用された例は少ない。しかし、透明ホログラムは従来のエンボスホログラムにはない効果が得られ、エンボスホログラム全体の応用分野を拡大するうえで有効である。以下、透明ホログラムの主な特徴とその利点、応用について考えてみた。

3.1 透明性

たとえば印刷物の上に透明ホログラムを貼れば、印刷画像は元のまま見え、適当な照明を行なったときにホログラムの再生像が観察できる。転写溶化したものはきわめて薄い透明な膜にでき、元の物品の外観を損わずにホ



図 4 透明ホログラムの応用製品 (試作品)

ログラムを付けることができる。このことは、すでに流通している物品のデザインを変更せずにホログラムによる新たな意匠を追加できる利点となる。ホログラムはカードなどの偽造防止にも利用されているが、この特徴はこのような分野には有用である。

3.2 外 観

一般のエンボスホログラムは、その再生視域外からはホログラムが鏡のように輝き、これが時として外観的に違和感を与え商品デザイン上使用しにくいことがある。透明ホログラムではそれほど強い反射は起こらず、このような問題は少ない。

また、ホログラムはその回折光の色彩的な美しさから装飾品にも応用されている。透明ホログラムは回折光の美しさのほかに透明性が加わりより高い装飾効果が得られる。商品化の例として、ホログラムのフィルムを合わせガラス加工したものも開発されており、ガラスの透明性を失わず、装飾用ガラス建材として利用価値は高い。小さなものでは、ペンダント、時計などにも利用できる(図 4)。

3.3 光学的特性

ホログラム自体が透明で、かつ反射光再生型である点で、透明ホログラムはリップマンホログラムと似ている。リップマンホログラムは、回折効率、波長選択性などの点で優れた特性があり、最近ではヘッドアップディスプレイなどの光学素子としての利用がなされている。この点、現状の透明ホログラムは性能的に不十分であり、光学素子として実用レベルにするにはさらに改良が必要である。しかし、透明ホログラムにはリップマンホログラムでは困難な量産性に優れる利点があり、また回折効率、波長選択性の問題は、透明反射層の多層膜化、特殊な凹凸形状の記録による改良も考えられる。将来このような方面への応用も期待できる。

(1988 年 3 月 14 日受理)