3 板カメラ撮像ブロックの密着一体化実装

熱 田 裕 史[†], 正会員 片 野 光 詞[†]
 富 田 孝 明[†] 内 田 真 司[†]
 米 澤 武 敏[†]

1. ま え が き

固体撮像素子の性能向上に伴い、3 管カメラとの置換えを狙って、3 板カメラの開発が活発に行われてきた。3 板カメラ撮像ブロックは、色分解プリズムと 3 個の固体撮像素子からなる簡単な構成であり、固体撮像素子の装着方法について、各社多少の違いはあるものの、技術的には一見確立した感がある。しかし高画質テレビ時代を迎え、画質、信頼性、製造性の向上要求はますます高くなっている。従来の 3 管カメラの延長でなく、固体撮像素子の特質を充分生かした、従来とは発想の異なる 3 板カメラ撮像ブロックの開発が望まれる。

こうした観点に立ち、3 板カメラ撮像ブロックの密着一体化実装について検討した。ここでの密着一体化とは、色分解プリズム入射面から RGB 各固体撮像素子の受光面までの経路を、空隙なく密着接合し、完全に中実構造(ソリッド)にすることをいう。具体的には、ギャップレス式色分解プリズムと、密着式パッケージの固体撮像素子を用いる。解析検討し、試作評価した結果、レジストレーション安定性、フレア特性、固体撮像素子の放熱性、組立性などについて有効性を確認した。本稿ではそれらについて、実用化するうえでの課題と対策をまじえて報告する。

2. 密着一体化の利点

3 板カメラ撮像ブロックの代表的な構造は、色分解プリズム方式、色分解プリズムへの固体撮像素子の装

着方式、および、固体撮像素子のパッケージ方式により、図 1 のように分類できる。従来、色分解プリズム方式とパッケージ方式は、一般に図 1 に示すように、エアギャップ式色分解プリズムと中空式パッケージの固体撮像素子を使用する構造がとられてきた。また、固体撮像素子の装着方式は、レジストレーション安定性重視の点から、現在、プリズム装着式が多く採用されている¹⁾²⁾。これは、色分解プリズムの出射面近傍に、取付部材であるホルダや連結部材である接合ピースを接合して、固体撮像素子を装着する方式である。ハウジング装着式は、3 管カメラで用いられた方式であり³⁾、色分解プリズムの周囲にハウジング筐体を設け、そこに固体撮像素子を装着する。側板装着式は、色分解プリズムの側面に接合した側板⁴⁾に固体撮像素子を装着する。

それらに対し、図 1 に点線で囲って示すように、ギャップレス式色分解プリズムと密着式パッケージの固体撮像素子を使用し、さらに、素子をプリズム出射面に直接接着する方法を用いて、撮像ブロック全体の密着一体化を図る方式を考える。密着一体化の利点としては、

- (1) レジストレーションの温度安定性の向上
- (2) 反射面の除去、フレア特性の向上
- (3) 固体撮像素子の放熱性の向上
- (4) 強度、耐震性、耐久性の向上
- (5) 防塵性、耐汚れ性の向上
- (6) 遮光性の向上
- (7) 組立工程の単純化
- (8) 部品の減少、反射防止コートの減少
- (9) 小型化、光路長の短縮

があげられる。これらは、固体撮像素子が元来、幾何学歪みを生ぜず小型軽量であり、色分解プリズムの形態に制約がなくなること、寿命が半永久的であり、チ

[†] 松下電器産業株式会社 中央研究所

"Package and Assembly for Solid Construction of 3-CCD Camera Imaging Block" by Hiroshi Atsuta, Mitsunori Katano, Takaaki Tomita, Shinji Uchida and Taketoshi Yonezawa (Central Research Laboratories, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Osaka)

チップ受光面の密着実装が可能となることなどの、固体撮像素子の持つ特質を十分に生かすものである。

3. 色分解プリズムのギャップレス化

従来から色分解プリズムには図2(a)のように、赤色撮像光を全反射させるエアギャップが設けられる⁵⁾。しかしエアギャップはレジストレーション安定性を低下させる一因となり¹⁾、その対策を含めて、エアギャップの存在は好ましいことではない。

エアギャップのない色分解プリズムは、図2(b)のような形態になる。この場合、第2のダイクロイック反射面の入射角増加のため、偏光とシェーディングの特性が悪化し⁶⁾、色再現性を損ねるという問題が生じる。解決策として、色分解プリズムの前方に水晶位相フィルタを配置する、また、シェーディング補正回路を設けるといった方法が可能であるが、光学多層膜自体の特性改善も重要である。また、色分離の順番を変更することも、有効な解決策となる。第1の反射面で緑色撮像光を反射させれば、第2の反射面より入射角が減少するため、青色と緑色の分離、および緑色と赤色の分離における特性は改善しやすくなる。

偏光やシェーディングを含めた色分解プリズムの分光特性の良否は、膜材料の高屈折率化と多層膜構造の最適化設計に依存するところが大きい。ギャップレス化によって基本的には入射角条件が不利になるため、最適化設計は難しくなるが、検討の結果、かなり実用的な特性が得られた。図3に、固体撮像素子の感度特性を含めた総合分光感度特性の設計例を示すが、エアギャップ式に比べ遜色のない特性が可能である。分光特性は、出射面に設けるトリミングフィルタや前方に設ける赤外カットフィルタの特性とも関連する。カメラ仕様と製造コストに合わせて、光学系全体の構成と特性の選択を行う必要がある。

4. 固体撮像素子の密着一体化

撮像ブロックとして完全な中実構造とするため、密着式パッケージの固体撮像素子を検討した。これは固体撮像素子のチップ受光面とガラス基板とを、紫外線硬化樹脂などで接着して中実化を図るもので、従来の中空式パッケージのようなガス封止は行わない。チップへの導通方法としては、図4(a)のようにワイヤボンディングする、あるいは、図4(b)のようにフィルムキャリアを用いてバンプボンディングする、あるい

図1 3板カメラ撮像ブロックの構造分類

Classification of construction on 3-CCD camera imaging blocks.

図2 色分解プリズムの構成

Composition of color separating prisms.

(a) Air gap type, (b) Gapless type.

図3 総合分光感度特性

Spectral responses of total systems.

はガラス基板に電極パターンを設けるなど、種々の方法が可能である。フィルムキャリアの使用や構成の簡素化により、組立中のチップの動作チェックが容易で、かつ、パッケージのコストダウンの図れる経済的な実装工程とすることができる。また、チップと密着

(a) ワイヤボンディング式

(b) パンプボンディング式

図4 密着式パッケージの構成例
Examples of sticking type CCD packages.
(a) Case of wire-bonding, (b) Case of bump-bonding.

図5 撮像ブロックのフレア率
Flare rate of an imaging block.

させるガラス基板には、遮光フィルタパターンを蒸着して使用できる。

このような密着式パッケージの固体撮像素子を、先のギャップレス式色分解プリズムの出射面に、紫外線硬化樹脂で接着して組立てる。その際、RGB各固体撮像素子は、レジストレーション調整と呼ばれる6軸相対位置合わせ調整を行う。各固体撮像素子間の光路長誤差と傾き誤差を、接着層の厚みで吸収できるような機械的精度を管理する。ギャップレス式色分解プリズム、密着式パッケージのどちらも密着構造のため、精度管理は容易になる。

密着一体化実装によって、レジストレーション安定性以外にも多くの利点が生じることはすでに述べた。図5は、撮像ブロックにおいて、受光面近傍の反射面3面（パッケージガラス入射出面と色分解プリズム出

図6 撮像ブロックの温度分布 (有限要素法)
Temperature distribution in an imaging block.
(a) Customary type, (b) Solid construction type.

射面)の有無によるフレア率の違いを、多重反射から計算⁷⁾した結果である。色分解プリズム前方の結像レンズや光学フィルタを除いた、撮像ブロックのみのフレア率を示す。従来実装では反射防止コート品質への依存度が高いが、密着一体化実装ではそうした問題はなくなり、低フレア化が容易に行える。

また、図6は固体撮像素子のチップ発熱による撮像ブロック内部の温度分布を、有限要素法により解析した結果である。図は半断面を示し、上部が固体撮像素子、下部が色分解プリズムである。エアギャップ式色分解プリズムと中空式パッケージの固体撮像素子を使用した従来実装に比べ、密着一体化実装の方が色分解プリズムへの放熱性が良好になることが、両者の温度分布の違いからわかる。つまり、図の(b)の方が、色分解プリズム内の下端(室温)へ向かう温度勾配が大きく、固体撮像素子からの伝熱量は多い。これによりチップの温度は1/3程度下げられる。

5. 試作実験

試作した撮像ブロックの外観写真を写真1に示す。図7に画面垂直方向のレジストレーション温度安定性の実験結果を示す。従来から色分解プリズムが垂直方向に非対称であるため、垂直方向は水平方向に比べ不安定になりやすかった。試作した密着一体化実装の撮像ブロックでは、垂直方向も水平方向と同様、測定限界に近い高い安定性が得られた。もちろん従来実装においても、改良の程度によっては、高い安定性は不可能とはいえず、特性の良否を一概に断定することはで

写真 1 撮像ブロックの外観写真
Photograph of an imaging block.

図 7 レジストレーションの温度特性
Registration drift against ambient temperature.

きない。しかし密着一体化実装により、撮像ブロックの構成がより簡素化でき、極めて高いレジストレーション安定性を容易に実現できるという利点は大きい。

その他、フレア特性、放熱性についても実験評価し、従来実装を上回る良好な結果を得た。また接着剤の選定とも関連させ、耐湿性、耐久性などについても検討し、実用性を確認した。

6. む す び

3板カメラ撮像ブロックにおいて、固体撮像素子の特質を十分に生かすという観点から、密着一体化実装を提案した。

この方式は簡素な構成で高いレジストレーション安定性を実現でき、フレア特性、耐震性、防塵性などにも有利であり、より合理的な方式といえる。ただし、

ギャップレス色分解プリズムにより、裏返し像が発生することも忘れてはならず、固体撮像素子に逆読み出し機能を付加するか、回路的反転手段を設ける必要がある。後者の場合、デジタル信号処理カメラであれば対応しやすいことも、今後の展開に考慮したい。

最後に、日頃御指導を戴く当社オーディオ・ビデオ研究所の方々、本研究の機会を与えて戴いた中央研究所の南出グループマネージャに感謝致します。

(1989年3月10日受付, 1989年4月17日再受付)

【参 考 文 献】

- 1) 鈴木, 塚田, 芳賀: "S-VHS 対応カラーカメラ", テレビ学技報, 11, 13, TEBS 87-14, pp. 13-18 (Aug., 1987)
- 2) 坂下, 浅井田, 中嶋: "DXC-3000 の技術特徴", MOVEMENT, 6 (ラジオ技術別冊), pp. 122-127 (1986)
- 3) 新井, 神田: "テレビジョンカメラのプリズムハウジングの熱解析", テレビ誌, 38, 2, pp. 125-130 (1984)
- 4) 野口, 田中ほか: "3板式 MOS 形固体カラーカメラ", テレビ学技報, ED524, pp. 7-12 (Sep., 1980)
- 5) H. de Lang, G. Bouwhuis: "Colour Separation in Colour Television Cameras", Philips Tech. Rev., 24, 9, pp. 263-271 (Aug., 1963)
- 6) 日本放送協会: "カラーテレビジョン", 放送技術双書, 第5章 (1961)
- 7) 龍岡: "テレビカメラ用レンズの光学的性能の評価および測定", NHK 技術研究, 20, 5, pp. 321-373 (1963)

あつた ひろし
熱田 裕史 昭和 48 年, 舞鶴工業高等専門学校機械工学科卒業。同年, 松下電器産業(株)に入社。同社中央研究所に勤務し, 現在に至る。映像, 情報機器, デバイスの研究開発に従事。

かたの みつり
片野 光詞 昭和 49 年, 大阪府立工業高等学校機械工学科卒業。同年, 松下電器産業(株)に入社。同社中央研究所に勤務し, 現在に至る。映像, 情報デバイスの研究開発に従事。正会員。

とみた たかあき
富田 孝明 昭和 46 年, 茨城県立土浦工業高等学校機械科卒業。同年, 松下電器産業(株)に入社。同社中央研究所に勤務し, 現在に至る。映像, 情報デバイスの工法の研究開発に従事。

うちだ しんじ
内田 真司 昭和 59 年, 神戸大学大学院生産機械工学科修了。同年, 松下電器産業(株)に入社。同社中央研究所に勤務し, 現在に至る。光薄膜デバイスの研究開発に従事。

よねざわ たけとし
米澤 武敏 昭和 43 年, 大阪大学工学部精密工学科卒業。同年, 松下電器産業(株)に入社。同社中央研究所に勤務し, 現在に至る。映像, 情報デバイスの研究開発に従事。