ベアチップ CCD を用いたカメラヘッドの小型化技術

正会員 近 藤 雄[†], 梶 寄 隆[†], 斉 藤 雅 之[†]Miniaturization Technology for Camera Heads
Using Bare Chip CCDsYou Kondoh[†], Takasi Togasaki[†] and Masayuki Saito[†]

Abstract Recently, CCDs have shown remarkable improvements, mainly due to the popularity of home video cameras. With the spreading applications of these devices, CCD cameras have had to become smaller. The authors designed a structure to make CCD cameras as small as possible. The design uses a COG (chip on glass) -CCD module to attain the highest assembly density and the smallest CCD. The authors investigated the reliability of a new assembly technology to produce the COG-CCD module. This new technology was used to manufacture a sub-miniature CCD color camera. The diameter of this camera was 8 mm, its length approximately 30 mm, and its weight approximately 2 g. This new technology will improve the miniaturization of CCD cameras and spread their application to many fields.

1. ま え が き

固体撮像素子の主流を占める CCD は、超 LSI 技術の進歩に伴って、画素の高密度化、低価格化が実現し、家庭用 VTR を中心に大量に利用されるようになった。

一方、最近では固体撮像素子の応用分野は多様化の傾向にあり、従来の撮像管を用いたカメラにはない新概念のカメラが登場し、監視、検査、画像計測、医用などといった分野での応用が期待されている¹⁾。家庭用 VTR を含むこれら応用分野における固体撮像素子への主な技術的要求のひとつに小型・軽量化がある。

我々はこれらの要求に答えるため、カメラヘッドと

信号処理部を分離した超小型 CCD カラーカメラを開発し、FA 機器やロボットの視覚センサ、放送局における特殊撮影、歯科医用カメラなどの新しい応用分野を創造してきた²⁾³⁾。これらの応用分野において注目すべきは、特にカメラヘッド部への小型・軽量化の要求が高いことである。

カメラヘッド部の小型・軽量化のためには、キーデバイスである CCD の小型・軽量化が不可欠である。これには超 LSI 技術による CCD チップの小型・高密度化と並んで、CCD の実装技術が重要である。

今回、我々は CCD の小型・軽量化に最適な実装方法を仮想設計、検討し、新しい CCD モジュールの構造を提案した。また、これを実現するために必要な新

キーワード：CCD 超小型カメラ、実装技術、信頼性

1992 年 10 月 7 日受付

[†] 株式会社東芝 研究開発センター 材料・デバイス研究所 (〒210 川崎市幸区小向東芝町 1 番地, TEL 045-549-2165)

[†] Materials and Devices Research Labs., Research and Development Center, Toshiba Corp. (1, Komukai-Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki 210, Japan)

しい実装技術を開発するとともに、これらの技術の有用性を検証するため、実験用チップを用いて超小型 CCD カメラを試作した。

本稿では、これらの新開発技術の詳細、信頼性などについて述べる。

2. 基本構造の検討

2.1 CCD の実装構造

CCD の小型化を考える上で重要なのは、CCD の撮像面方向の細径化と薄型化である。特に細径化はレンズの小型化につながるため、カメラヘッド全体の小型・軽量化に大きく影響を与える。

従来のセラミックパッケージ CCD は図 1 に示すように、CCD チップ、セラミックパッケージ、カバーガラス、リードなどからなっており、チップとパッケージの接続はワイヤボンディングによりなされていた。このような従来の実装方法では小型・軽量化は原理的に困難であり、特に CCD の撮像方向の細径小型化という意味では不利である。

図 1 セラミックパッケージ CCD の構造
Structure of ceramic packaged CCD.

図 2 COG-CCD の構造
Structure of COG-CCD.

そこで我々は図 2 に示す COG (Chip On Glass) 構造の CCD 構造を提案した⁴⁾⁵⁾。この COG-CCD ではガラス基板上に配線し、CCD チップをパンプを介して直接この配線に接続している。さらに配線はガラス基板の側面に回り込んでおり、ここで別の回路基板と接続する。この方式によれば、CCD パッケージの外径はほぼ CCD チップの外径に等しくなる。

図 3 に、CCD のチップの面積が CCD パッケージの有効面積率に与える影響を示す。有効面積率は、CCD のチップ面積がパッケージを含めた CCD 全体の面積に占める割合である。点線は、現在の技術で達成が可能であると予想される最も小型のセラミックパッケージ CCD の有効面積率である。参考までに、現在製品化されているセラミックパッケージ CCD の値をプロットしてある。これによると、セラミックパッケージ CCD では、チップが小さくなるほど CCD の有効面積率は小さくなることがわかる。例えば、1/3 インチ撮像光学系 (以下 1/3 インチ系とする) CCD では、有効面積率は約 20% になっており、1/4 インチ系では 15% 以下になることが予想される。これに対して COG-CCD は実線で示したように、チップと実装後の CCD の大きさがほぼ等しく、その有効面積率は 1/4 インチ系でも 90% 以上になる。以上のことから、現在主流となっている 1/3 インチ光学系はもちろんのこと、今後さらに 1/4 インチ系、1/5 インチ系へと続くであろう CCD チップの小型化、高密度化によって、セラミックパッケージ CCD に比較して COG-

図 3 CCD チップのパッケージに対する有効面積率
Ratio of effective area of CCD chip against package area.

CCD が、小型化という点ですます有利になることが予想される。

2.2 CCD カメラヘッドの構造

カメラヘッドと信号処理部を分離した CCD カメラ

図 4 形態による実装密度の変化
Variation of assembly density by structure.

図 5 COG-CCD モジュールの構造
Structure of COG-CCD module.

図 6 COG-CCD カメラヘッド部の構造
Structure of COG-CCD camera head.

においては、その出力に低インピーダンス駆動回路を設ける必要がある。この回路は数点のチップ部品からなっているが、小型化のためには CCD と共にモジュール化する必要がある。具体的には COG-CCD のガラス基板側面に接続した回路基板上にチップ部品を搭載するが、これに加えて信号伝送のためのケーブルを複数本、接続するためのパッドが必要となる。

図 4 は 1/3 インチ以下の CCD において、複数の回路基板を用いることで部品の実装面数を増やした場合、部品の充填率にどの程度影響するかを示したものである。部品の充填とは、空間に対してチップ部品等が占める体積の割合であり、高密度実装を評価する目安となる。なお、チップ部品は 1005 系、伝送ケーブルは外径 0.5 mm を想定している。この結果、部品実装面を 4 面以上にすることで、実装密度が飛躍的に上がることがわかった。

以上の検討結果から、我々は図 5 に示すような COG-CCD モジュールが CCD の小型・軽量化に最適であると考えた。この構造では、CCD チップを接続したガラス基板と FPC (フレキシブルプリント基板) をガラス基板側面で接続し、さらにこの FPC にチップ部品や伝送ケーブルを接続したセラミック基板を同様に側面で接続している。

図 6 に COG-CCD モジュールを用いたカメラヘッドの構造を示す。モジュールの前面に光学フィルタ、レンズが収められている。

この COG-CCD 構造は、現在のところ、少なくとも 1/3 インチ系以下の CCD において、いずれの CCD に対しても実装密度的に有利であり、カメラヘッドと信号処理部を分離した超小型 CCD カメラにおいて、最小のカメラヘッドを実現できると思われる。

3. 実装技術

3.1 樹脂封止技術

COG-CCD 実装では、CCD チップをガラス基板に搭載した後、その間に樹脂を充填する。これは機械的な補強のためと、CCD チップを外気から遮断し、信頼性を向上させるという目的がある。また、樹脂の充填を CCD の搭載後に行うのは、パンプに樹脂が付着して接続抵抗が増加するのを防ぐためである。

COG-CCD では、入射光はガラス基板と共にこの樹脂中を通過して、CCD チップの撮像エリアに達する。このため、封止樹脂の光学的な性質が画像に直接影響を与える。したがって、封止樹脂には次の 2 つのような性質が要求される。

- ① CCD チップとガラス基板の間隙に容易に充填で

図 7 樹脂粘度と流入時間の関係
Relation between resin viscosity and inflow time.

き、しかも気泡の発生がない。

- ② 樹脂自身の透過率が可視光領域で十分に大きく、また光の波長に対してもフラットである。

そこでまず、硬化前の樹脂の粘度に着目して粘度の異なる A, B, C, D, E, F, G の 7 種類の樹脂を用意し、ガラスとシリコンチップの間に流入させる実験を行った。間隙はバンプの高さと同等の 50 μm とし、4 mm 角のエリアに完全に充填されるまでの時間を測定した。

図 7 に樹脂粘度と流入時間の関係を示す。樹脂粘度が 3000 cp 以下のものは流入時間が 2 分未満で、気泡の発生もなかった。3000 cp 以下の粘度の樹脂では、特に工夫がなくとも毛細管現象によって比較的容易に充填できることがわかった。また、6000 cp 以上の樹脂では流入時間が 2 分以上で、気泡が残る確率が高かった。

そこで次に、実用的と判断される樹脂 A, B, C について可視光領域付近の透過率を測定した。図 8 に光の波長と透過率の関係を示す。可視光領域の下限である 360~400 nm から、上限である 760~830 nm まで 95% 以上のフラットな透過率特性を示したのは樹脂 C であった。以上の結果から封止には樹脂 C を選択した。

3.2 COG ボンディング技術

CCD チップをバンプを介してガラス基板に接続するために、COG ボンディング実装技術を新たに開発した⁶⁾⁷⁾。

図 9 に COG ボンディングプロセスを示す。CCD チップは高分子のカラーフィルタを持つため熱に弱い。そこで、ボールボンディング法によって 150°C 以

図 8 樹脂の光学特性
Optical characteristic of resin.

図 9 COG ボンディングプロセス
Process of COG bonding.

下で CCD チップ上に金ボールバンプを形成する。ガラス基板にはインジウム合金バンプを形成し、両者を位置合わせし、加熱・加圧して接合する。この時のボンディング条件を表 1 に示す。従来の半田バンプを用いたボンディングプロセスでは不可能であった 150°C 以下のプロセスを実現した。また、パッドに加える 1 バンプあたりの圧力も一般のボールボンディング並みで、チップにダメージを与えることはないと思われる。

表 1 COGボンディング条件
COG bonding condition.

温 度	150°C
圧 力	40 gf/bump
時 間	15 sec

表 2 ACF 圧着接合条件
ACF connecting condition.

温 度	170°C
圧 力	40 kgf/cm ²
時 間	60 sec

表 3 ACF 圧着接合サンプルの仕様
Specification for ACF connecting sample.

電極材料	金厚膜/金めっき銅箔
圧着総面積	5 mm ²
最小ピッチ	300 μ m
接続粒子数	12~18 個/端子

試驗項目	条 件	經過時間 (h)				
		50	100	200	500	1000
高溫放置	85℃	○	○	○	○	○
低溫放置	-25℃	○	○	○	○	○
高溫・高濕 放置	60℃/90%R.H.	○	○	○	○	○
熱 衝 擊	85℃/-25℃ (cyc/h)	○	○	○	○	
評估基準	接統抵抗	◎：40mΩ 未滿				
		○：50mΩ 未滿				
		×：50mΩ 以上				

R.H. : Relative humidity (相対湿度)
サンプル数 : $n=10 \times 4$

図 10 COG ボンディングの信頼性試験結果
Reliability test results of COG bonding.

図 11 ACF の圧着接合プロセス
Process for ACF connecting.

次に、樹脂 C を用いたテストサンプルによって COG ボンディングの信頼性を評価した。図 10 に実施した信頼性試験の項目と条件、そして結果を示す。いずれの試験においても接続抵抗は 50 m Ω 未満で安定しており、十分な信頼性を有していることが判明した。

3.3 ACF 圧着接合技術

COG-CCD モジュールを実現するには、図 5 に示したようにガラス基板やセラミック基板をその側面で FPC と接続する必要がある。これには従来の半田付け等の技術では対応できない、以下のような特徴が要求される。

- ① 少なくとも CCD チップ側面では 150°C 以上に温度の上昇しないプロセスであること。
- ② 最小で 300 μ m ピッチの面接続が可能であること。

これらの特徴を満たす技術として、ACF (異方性導電接着フィルム) を用いた圧着接合による接続法を選択した。図 11 に ACF 圧着接合プロセスを示す。接着剤層の中に導電粒子が分散しており、圧着によってこれが潰れて導通が得られるものである。

表 2 に ACF の圧着接合条件を示す。実測によれば、ACF 部分は 170°C に加熱されるが、ガラス基板や封止樹脂の熱抵抗が高いため、CCD チップ表面は少なくとも圧着時の 1 分間は 150°C 以下に保たれる。

ところで、ACF 圧着接合の信頼性は、接続に関与する導電粒子数に依存しており、十分な信頼性を得るには 10 個以上の粒子が必要であるとされている⁸⁾。また、一般に ACF を用いた圧着接合は液晶パネルの実装に最もよく用いられており、その場合、実績のある標準的な圧着接合面積は 30 mm² 以上である⁹⁾。一方、COG-CCD モジュールの小型化のためには、ガラス基板やセラミック基板を可能な限り薄くする必要がある。

今回のサンプルでは以上のことを考慮して、現状で考えられる最も微小な面積での接続を行った。表 3 に ACF 圧着接合サンプルの仕様を示す。

次にテストサンプルを試作し、信頼性試験を行った。図 12 に信頼性試験の項目と条件、そして結果を示す。いずれの試験においても接続抵抗は 20 m Ω 以下で安定していることから、現状では最も小さいと考えられる接続面積においても十分な信頼性を有していることが判明した。

試験項目	条 件	経過時間 (h)
		50 100 200 500 1000
高温放置	85℃	○ ○ ○ ○ ○
低温放置	-25℃	○ ○ ○ ○ ○
高温・高湿放置	60℃/90%R.H.	○ ○ ○ ○ ○
熱 衝 撃	85℃/-25℃ (cyc/h)	○ ○ ○ ○ ○
評価基準	接続抵抗	◎ : 10mΩ 未満
		○ : 20mΩ 未満 × : 20mΩ 以上

サンプル数 : $n=10 \times 4$

図 12 ACF 圧着接合の信頼性試験結果
Reliability test results of ACF connecting.

4. 超小型 CCD カメラの試作

今回開発した実装技術の有効性を検証するため、イメージサイズが 1/4 インチ系相当の実験用 CCD チップを用いて、カメラヘッドと信号処理部を分離した超小型 CCD カラーカメラを試作した。写真 1 に試作した COG-CCD モジュールとそれを組み込んだカメラヘッドを示す。これまで、COG ボンディング、ACF 圧着接合などの今回開発した実装技術については個別に信頼性を評価してきたが、さらに、モジュールとしての総合的な信頼性を確認するため、この実機モジュールを用いて信頼性試験を行った。表 4 に、行った信頼性試験の項目、条件と結果を示す。評価はモジュールの状態で試験環境に放置した後、これをカメラヘッドに組み込んで画像を出力させる方法をとった。いずれの試験に関しても、投入したすべての COG-CCD モジュールは良好な画像状態を保持していた。

表 5 に COG-CCD カメラの主な仕様を示す。直径 8 mm、長さ約 30 mm、重量 2 g の超小型で軽量のカメラヘッドを実現できた。なお、レンズも CCD モジュールに合わせて新規に開発したものである。

このようなカメラヘッドの超小型化により、移動性、機動性が増し、これまでには考えられなかった分野にも用途が広がることが予想される。

5. む す び

CCD カメラの小型・軽量化のためには、キーデバイスである CCD の小型・軽量化が不可欠である。

今回、我々は CCD の小型・軽量化に最適な実装方法を設計、検討し、COG-CCD モジュールという新しい概念の CCD の構造を提案した。この COG-CCD モジュールでは、配線されたガラス基板上に CCD チ

写真 1 COG-CCD モジュールヘッド (上)
COG-CCD module (middle) and Sub-miniature
CCD color camera head (upper).

表 4 COG-CCD モジュールの信頼性試験結果
Reliability test results of COG-CCD module.

試験項目	条 件	不良数
高温放置	85℃, 1000 h	0/15
低温放置	-25℃, 1000 h	0/15
高温・高湿放置	60℃/90%R.H. 1000 h	0/15
熱衝撃	85℃/-25℃ (cyc/h) 500 cyc	0/15
高温・高湿バイアス	60℃/90%R.H., 15 V 1000 h	0/15

表 5 COG-CCD カメラの仕様
Specification for COG-CCD camera.

カメラヘッド	直径 8.0 mm
	長さ 29.5 mm
	重量 2 g (レンズ含む)
CCD チップ	インターライン転送 CCD イメージサイズ 1/4 インチ相当
レンズ	3 枚構成 $f=5.5$ mm $F=3.5$ 手動焦点 (10 mm $\sim\infty$)

ップを直接接続するとともに、低インピーダンス駆動回路を構成するチップ部品や伝送ケーブルは別の回路基板に実装し、これらの配線の外部への取り出しは、すべて各基板の側面から行うことによって、3 次元的な実装構造を達成した。

この実装方法を実現するため、COG ボンディング技術と ACF 圧着接合技術を開発・検討し、その信頼性を確認した。

また、これらの新しい実装技術により、1/4 インチ相当の実験用 CCD チップを用いて、直径 8 mm、長さ約 30 mm、重量 2 g のカメラヘッドを持つ超小型 CCD カラーカメラを試作し、信頼性を検証した。

今後、今回開発した実装技術により CCD カメラの小型化がさらに進み、新概念のカメラシステムが構築できるものと期待される。

最後に、本研究を進めるに当たり、御指導、御助言を頂き、また、超小型 CCD カラーカメラの開発にあたり御協力頂きました映像メディア技術研究所の大井一成氏、木村正信氏に深謝します。

〔参 考 文 献〕

- 1) 名雲：“固体撮像素子の応用”，テレビ誌，44，2，pp.132-138 (1990)
- 2) 田沼ほか：“超小型 CCD カラーカメラ”，テレビ誌，41，11，pp.1026-1032 (1987)
- 3) Y. Takemura, et al.: “CCD Micro-Miniature Color Camera”, IEEE Trans., CE-33, 2, p. 85 (1987)
- 5) Y. Kondoh, et al.: “A Subminiature CCD Module Using a New Assembly Technique”, IEICE Trans., 74, 8, pp. 2355-2361 (1991)
- 6) Y. Kondoh, et al.: “A New Flip Chip Interconnection Technology for a CCD Imaging Device”, Proc. Japan International Manufacturing Tech. Symp., pp.140-143 (1991)
- 7) Y. Kondoh, et al.: “A Flip-Chip Interconnection Technique Using Indium-Alloy Bumps for a Newly Designed CCD Module”, Proc. International Microelectronics Conference, pp.120-126 (1992)
- 8) 山田ほか：“異方性導電膜による接続技術と信頼性”，信学技報，EID90-41 (1990)
- 9) H. Otsuki, et al.: “Fine Pitch Large-Scale FPC Bonding Technology”, Proc. International Symp. On Microelectronics, pp. 86-90 (1991)

こんどう ゆう
近藤 雄 昭和 59 年，慶應義塾大学工学部計測工学科卒業。同年，(株)東芝に入社。研究開発センターに勤務し，現在に至る。半導体のフリップチップ実装技術を中心に，これを応用した固体撮像素子の超小型実装技術の研究・開発に従事。正会員。

とがさき たかし
梅崎 隆 平成 2 年，東北大学工学部電子工学科卒業。同年，(株)東芝に入社。研究開発センターに勤務し，現在に至る。半導体のフリップチップ実装技術，固体撮像素子の小型実装技術の研究・開発に従事。

さいとう まさゆき
斎藤 雅之 昭和 55 年，室蘭工業大学大学院修士課程電子工学専攻修了。同年，(株)東芝に入社。研究開発センターに勤務し，現在に至る。回路基板，微細接続技術などを中心に高密度実装技術の研究・開発に従事。