



BGA/CGA 実装工程標準

2023 年 5 月 8 日 B 改訂

宇宙航空研究開発機構

免責条項

ここに含まれる情報は、一般的な情報提供のみを目的としています。JAXA は、かかる情報の正確性、有用性又は適時性を含め、明示又は黙示に何ら保証するものではありません。また、JAXA は、かかる情報の利用に関連する損害について、何ら責任を負いません。

Disclaimer

The information contained herein is for general informational purposes only. JAXA makes no warranty, express or implied, including as to the accuracy, usefulness or timeliness of any information herein. JAXA will not be liable for any losses relating to the use of the information.

発行

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)

目 次

1. 総 則.....	1
1.1 目 的.....	1
1.2 適用範囲.....	1
1.3 テーラリング.....	3
2. 関連文書.....	3
2.1 適用文書.....	3
2.2 参考文書.....	4
3. 用語の定義.....	6
4. 一般要求事項.....	6
4.1 一般.....	6
4.2 教育・訓練及び認定.....	6
4.3 設計条件.....	6
4.4 工程の認定試験.....	6
4.4.1 振動／衝撃試験.....	7
4.4.2 熱衝撃試験.....	7
4.4.3 イオンマイグレーション試験.....	7
4.5 製造条件.....	7
4.5.1 全 般.....	7
4.5.2 製造環境.....	7
4.5.3 製作中の取扱と保管.....	7
4.5.4 帯電予防措置.....	7
4.6 品質保証.....	7
5. BGA/CGA 実装における品質保証の考え方.....	8
5.1 プロセス保証の定義.....	8
5.1.1 設計・プロセス検証.....	8
5.1.2 製造プロセス確認.....	9
5.1.3 製品検査.....	9
6. BGA/CGA 実装プロセス確立のための検討項目と検査方法.....	10
6.1 基板・実装構造設計における検討項目.....	10
6.1.1 PWB 選定時の留意事項.....	10
6.1.2 PWB 設計.....	10
6.1.3 構造設計.....	12
6.1.4 実装設計の留意事項.....	13
6.2 実装における検討項目.....	13

6.2.1 実装材料.....	13
6.2.2 はんだ付け実装.....	13
6.2.3 洗 浄.....	16
6.2.4 ステーキング・固定.....	17
6.2.5 コーティング.....	18
6.3 検 査.....	19
6.3.1 外観検査.....	19
6.3.2 非破壊検査.....	20
6.3.3 破壊検査.....	22
6.4 信頼性評価.....	23
6.4.1 評価サンプル.....	23
6.4.2 信頼性検証プログラム.....	24
6.4.3 イオンマイグレーション試験（絶縁信頼性試験）.....	28
7. BGA/CGA 製品生産における管理項目.....	29
7.1 部品管理.....	29
7.1.1 受入検査.....	29
7.1.2 保 管.....	29
7.2 実装における管理項目とその基準.....	29
7.2.1 はんだ付け実装.....	29
7.2.2 洗 浄.....	31
7.2.3 ステーキング・固定.....	31
7.2.4 コーティング.....	31
7.3 製品検査.....	32
7.3.1 外観検査.....	32
7.3.2 X線検査.....	32
7.4 保管・運搬.....	33
8. リワーク.....	33

【付録】

付録 I 用語の定義

図表リスト

図 6-1	パッド部設計イメージ	11
図 6-2	パッド部に適用するソルダレジスト設計	11
図 6-3	コーナーステーキングによる固定例	12
図 6-4	外観観察例	19
図 6-5	ボイド率の定義 (BGA)	21
図 6-6	ボイド率の定義 (CGA)	21
図 6-7	複数のボイドが存在する場合のボイド率の定義 (BGA/CGA) (ボイド面積の総和からボイド率を求める)	22
図 6-8	信頼性検証プログラムフローチャート	25
表 1-1	BGA/CGA 構造と特徴	2
表 6-1	PWB に使用される材料とその特性値例	10
表 6-2	BGA/CGA の外観検査項目及び基準	19
表 6-3	BGA/CGA の X 線検査項目及び基準	20
表 6-4	電気試験	26
表 7-1	BGA/CGA の外観検査項目及び基準	32
表 7-2	BGA/CGA の X 線検査項目及び基準	32

1. 総 則

1.1 目 的

本書は、ロケット、人工衛星等の宇宙機、及びそれらの搭載機器（以下、「宇宙機」という）への BGA/CGA（Ball Grid Array/Column Grid Array）の実装に適用し、実装に伴う品質・信頼性に関するリスクをミニマムにするために、実装プロセスの確立を図り品質保証を行うことを目的とする。

1.2 適用範囲

- (1) 本書は、JERG-0-043 では対応できない新たな端子形状である BGA/CGA の高信頼性電気接続を得るために必要なプリント配線板（Printed wiring board、以下「PWB」という）設計、実装及び検査の要求事項を示すものである。
- (2) 本書は、契約上の仕様書で規定された場合に適用する。この場合、契約の相手方のみならず、契約の一部を履行する下請業者等においても本書を適用しなければならない。ただし、対象となる実装 PWB が挿入実装、表面実装若しくは BGA/CGA との混合タイプの場合には、挿入実装について JERG-0-039 を、BGA/CGA を除く表面実装については JERG-0-043 を適用する。
- (3) BGA/CGA の適用にあたっては、本書の規定に従い、実装プロセスを確立し、生産管理項目を設定すること。
- (4) 表 1-1 に、本書の N/C 版及び A 版において適用範囲と定めた BGA/CGA の構造と特徴を参考情報として示す。

表 1-1 BGA/CGA 構造と特徴

メーカー	Xilinx		Microchip (旧 Microsemi)		TEXAS INSTRUMENTS	日本アビオニクス		
型名	CF1140	CF1144	CG624	CG1152	S-CBGA-N429	SABG572-100	SABG357-100	SABG165-100
BGA/CGA	CGA	CGA	CGA	CGA	BGA	BGA	BGA	BGA
コラム/ボール組成	90Pb/10Sn	90Pb/10Sn	80Pb/20Sn	80Pb/20Sn	46Sn/46Pb/8Bi	Sn10/Pb90 (中央 8X8 ボール) Sn63/Pb37 (外周ボール)	Sn10/Pb90 (中央 5X5 ボール) Sn63/Pb37 (外周ボール)	Sn10/Pb90 (中央 3X3 ボール) Sn63/Pb37 (外周ボール)
銅リボン	無	無	有	有	無	無	無	無
コラム/ボール高さ	2.20mm	2.20mm	2.21 mm (0.087")	2.21 mm (0.087")	0.6mm	0.50mm	0.50mm	0.50mm
コラム/ボール径	0.52mm	0.52mm	0.51mm (0.020")	0.51mm (0.020")	0.75mm	0.70mm	0.70mm	0.70mm
コプラナリティ	—	—	0.15mm (0.006")	0.15mm (0.006")	—	—	—	—
パッケージの基材	セラミックス	セラミックス	セラミックス	セラミックス	セラミックス	セラミック	セラミック	セラミック
ボディーサイズ	35.0mm square	35.0mm square	32.5mm square	35mm square	27.0mm	26.0mm square	21.0mm square	15.0mm square
ピン数	1140	1144	624	1152	429	572	357	165
ピッチ	1.00mm	1.00mm	1.27 mm	1 mm	1.27mm	1.00mm	1.00mm	1.00mm
基材厚さ	1.5mm	1.5mm	2.25 mm	2.77 mm	1.11mm	2.85mm	2.85mm	2.35mm
JEDEC Registration	JEDEC MS-034-AAR-1	JEDEC MS-034-AAR-1	JEDEC MO-158 VAR BE-1	JEDEC MO-158 VAR CG-1	JEDEC MO-156	—	—	—
一次実装構造	フリップチップ	フリップチップ	ワイヤボンディング	ワイヤボンディング	ワイヤボンディング	ワイヤボンディング	ワイヤボンディング	ワイヤボンディング

1.3 テーラリング

- (1) 宇宙航空研究開発機構（以下、機構という）は、対象とするものの目的、機能、重要度、規模、コスト等に応じて、この標準の要求事項を契約毎にテーラリングすることがある。
- (2) 契約の相手方は契約に係る協議の過程において、適切なテーラリングの提案を行うことができる。テーラリングに際しては、上記(1)に示す対象とするものの目的等に関連する要素を検討すること。

2. 関連文書

2.1 適用文書

下記の文書は、本書に規定する範囲内において、本書の一部をなすものである。特に規定のない限り本書適用時の最新版とする。

なお、本書と適用文書との間に相違がある場合には、本書を優先する。

(1) 機構文書

- a. JERG-0-039 宇宙用はんだ付工程標準
- b. JERG-0-040 宇宙用電子機器接着工程標準
部品接着固定、コンフォーマルコーティング及びポッティング
- c. JERG-0-042 プリント配線板と組立品の設計標準
- d. JERG-0-043 宇宙用表面実装はんだ付工程標準

(2) 公的規格等

JIS 規格

- JIS Z 3282 はんだ—化学成分及び形状
- JIS Z 3284 ソルダペースト

IPC 規格

- J-STD-005 Requirements for Soldering Pastes
- J-STD-006 Requirements for Electronic Grade Solder Alloys and Fluxed and Non-Fluxed Solid Solders for Electronic Soldering Applications

ESA 規格

- ECSS-Q-ST-70-38C High-reliability soldering for surface-mount and mixed technology
- ECSS-Q-ST-70-61C High reliability assembly for surface mount and through hole connections

論文等

ESA STM-266 Assessment of the Reliability of Solder Joints to Ball and Column Grid
Array Packages for Space Applications

2.2 参考文書

下記の文書は、本書の記載内容を補足するために参考となるものである。

JEITA 規格

JEITA ET-7407A CSP・BGA パッケージの実装状態での環境及び耐久性試験方法

JEITA ED-7306 昇温によるパッケージ反りの測定方法と最大許容値

MIL 規格

MIL-STD-202 Test Method Standard, Electronic and Electrical Component Parts

MIL-P-28809A Printed Wiring Assemblies

MIL-STD-883H Method 2009.10 3.3.6 項 EXTERNAL VISUAL

NASA 規格

GSFC-STD-6001 Ceramic Column Grid Array Design and Manufacturing Rules for
Flight Hardware

IPC 規格

IPC-7095B Design and Assembly Process Implementation for BGAs

IPC-7351B Generic Requirements for Surface Mount Design and Land Pattern Standard

IPC-7711/21B Rework, Modification and Repair of Electronic Assemblies

IPC LF-005 BGA Inspection & Lead-Free Defect Guide

IPC-9701A Performance Test Methods and Qualification Requirements for Surface
Mount Solder Attachments

IPC J-STD-030 Selection and Application of Board Level Underfill Materials

IPC-TM-650 Test Method Development Packet(←記載するか確認中)

JEDEC 規格

MO-156C Square Ceramic Ball Grid Array Family 1.00, 1.27, and 1.50 mm Pitch

MO-158D Ceramic Column Grid Array Family - Square

MS-034D Plastic Square Ball Grid Array Family

ESA 規格

ECSS-Q-ST-70-28C Repair and modification of printed circuit board assemblies for space
use

IEC 規格

IEC 60191-6-4 1.0 Mechanical standardization of semiconductor devices - Part 6-4: General rules for the preparation of outline drawings of surface mounted semiconductor device packages - Measuring methods for package dimensions of ball grid array (BGA)

IEC 60191-6-19 1.0 Mechanical standardization of semiconductor devices - Part 6-19: Measurement methods of the package warpage at elevated temperature and the maximum permissible warpage

IEC 61188-5-8 1.0 Printed boards and printed board assemblies - Design and use - Part 5-8: Attachment (land/joint) considerations - Area array components (BGA, FBGA, CGA, LGA)

IEC 61191-6 1.0 Printed board assemblies - Part 6: Evaluation criteria for voids in soldered joints of BGA and LGA and measurement method

IEC 62137-1-4 1.0 Surface mounting technology - Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint - Part 1-4: Cyclic bending test

IEC 62137-1-5 1.0 Surface mounting technology - Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint - Part 1-5: Mechanical shear fatigue test

JAXA 資料

JERG-0-054-TM001 BGA/CGA 実装工程標準(JERG-0-054) 技術データ集

JERG-0-054-HB001 BGA/CGA 実装工程標準(JERG-0-054) 解説書

論文等

ESA STM-261 An Investigation into Ball Grid Array Inspection Techniques

ESA STM-265 Evaluation of Thermally Conductive Adhesives as Staking Compounds during the Assembly of Spacecraft Electronics

Converting Ball Grid Array Components to Column Grid Array (SM-4028 Rev B SIX SIGMA)

Ceramic Column Grid Array (Actel Application Note AC190)

CBGA Surface Mount Assembly and Rework User' s Guide (IBM)

Ceramic Column Grid Array Assembly and Rework User' s Guide (IBM)

Thermal Cycling Test Report for Ceramic Column Grid Array Packages--CCGA (ACTEL)

JEDEC PUBLICATION JEP150 Stress-Test-Driven Qualification of and Failure Mechanisms Associated with Assembled Solid State Surface-Mount Components

JPL Microelectronics Reliability Volume 43, Issue 5 Qualification approaches and thermal cycle test results for CSP/BGA/FCBGA

Virtex-4 QV FPGA Ceramic Packaging and Pinout Specifications (UG496 (v1.0) Xilinx)

IPC ELEC-SOLDER - Modern Solder Technology for Competitive Electronics Manufacturing

3. 用語の定義

本書で使用する用語の定義については、JERG-0-043 の 3 項（用語の定義）によるほか、本書の付録 I を参照のこと。

4. 一般要求事項

4.1 一般

JERG-0-043 の 4.1 項（一般）に準拠する。

4.2 教育・訓練及び認定

JERG-0-043 の 4.2 項（教育・訓練及び認定）に準拠する。

4.3 設計条件

- (1) PWB についての設計要求は、本書の 6.1 項によること。
- (2) 保管及び動作状態におけるはんだ付け部の温度要求は、JERG-0-043 の 4.3 項（設計条件）の(1)に準拠する。
- (3) はんだ及びフラックスの適用は、JERG-0-043 の 5.3.1 項（はんだ及びフラックス）に準拠する。はんだは ANSI/J-STD-005 又は JIS Z 3284 に適合したソルダペーストを原則として使用すること。ソルダーペーストに含有されるフラックスタイプは、RO-L0 又は RO-L1（R 又は RMA）とすること。金属組成は、ANSI/J-STD-006 又は JIS Z 3282 に適合する Sn63/Pb37、Sn60/Pb40 組成はんだ又は相当品を使用すること。Sn63/Pb37 又は Sn60/Pb40 組成はんだの代わりに鉛フリーはんだを使用しないこと。
- (4) 被接合金属は、JERG-0-043 の 4.3 項（設計条件）の(3)に準拠する。
- (5) はんだ接合部品は、本書の表 1-1 による。
- (6) 部品接着固定、コンフォーマルコーティングなどの適用は、JERG-0-040 によるほか、本書の 6.1.3 項、6.2.4 項及び 6.2.5 項によること。
- (7) はんだ接続部の検査は、JERG-0-043 によるほか、本書の 6.3 項及び 7.3 項によること。

4.4 工程の認定試験

工程の認定にあたっては認定計画書を事前に機構へ提出し、承認を受けること。
一般事項を下記に記述する。詳細は本書の 6.4 項による。

4.4.1 振動／衝撃試験

振動／衝撃試験条件は、使用環境等を考慮して決め、必要に応じて機構と調整すること。

4.4.2 熱衝撃試験

貯蔵・保管・作動時において、はんだ付け部の温度が -30°C ～ $+100^{\circ}\text{C}$ の温度範囲を満足できない場合は本書の 4.4.2 項(1)を、満足する場合は 4.4.2 項(2)を適用すること。

(1) 熱衝撃試験 (I)

熱解析によって予想される温度変化パターンに余裕をもった上限・下限温度を設定して試験を行うこと。供試体のはんだ付け部を上限及び下限温度で各々30分間さらす条件を基本とするが、予想パターンがより長時間の場合はそれらに合わせること。

(2) 熱衝撃試験 (II)

JERG-0-039 の 4.4.2 項 (工程の認定試験 (II)) の(1)又は JERG-0-043 の 4.4.2 項 (試験方法・条件) の(2)に準拠する。

4.4.3 イオンマイグレーション試験

本書の 6.4.3 項によること。

4.5 製造条件

4.5.1 全般

- (1) JERG-0-043 の 4.5 項 (製造条件) の(1)、(3)から(5)を適用する。
- (2) はんだ付け部の再加工は、本書の 8 項を適用する。

4.5.2 製造環境

JERG-0-043 の 4.5.1 項 (製造環境) に準拠する。

4.5.3 製作中の取扱と保管

JERG-0-043 の 4.5.2 項 (製作中の取扱と保管) に準拠する。

4.5.4 帯電予防措置

JERG-0-043 の 4.5.3 項 (帯電予防措置) に準拠する。

4.6 品質保証

JERG-0-043 の 4.6 項 (品質保証) に準拠する。

5. BGA/CGA 実装における品質保証の考え方

5.1 プロセス保証の定義

従来、宇宙機でははんだ付けの出来映えを直接確認する外観検査（目視検査）が、はんだ継ぎ手の重要な品質保証の手段の一つであった。しかし、BGA/CGA 部品は、一般部品と異なり底面電極という形状ゆえに、全てのはんだ継ぎ手に対しては外観検査（目視検査）を行うことができない。このため、目視検査できない部位の品質を保証するには、品質を工程内でつくり込むプロセス保証の考え方を導入する必要がある。プロセス保証とは、決められた手順・やり方通りに行えば、プロセスの結果が目的通りになるように人、材料、設備（機械）、作業方法（手順、条件）を規定し、そのとおりに実践することで、品質が確保されていることを保証する活動のことを示す。BGA/CGA 実装におけるプロセス保証としては、①設計・プロセス検証、②製造プロセス確認、③製品検査の3つの事項について適切であることの証拠を得ることで、直接的な外観検査に代わり BGA/CGA はんだ継手部の品質が確保されていることを間接的に保証する。

5.1.1 設計・プロセス検証

設計・プロセス検証では、BGA/CGA 実装を適用する設計や製造プロセスが妥当であることを証明する証拠を得る。先ず、製品同等のエンジニアリングサンプルを用いてプロセス実現のための実証と総合的な評価検証を行う。ここで用いるエンジニアリングサンプルは、全く製品と同じである必要は無く、はんだ継手部の出来栄確認や信頼性評価検証が実施できるものであれば良い。しかし、選定される部材（BGA・CGA パッケージや PWB※1、はんだ材料、ステッキング材料、コーティング材料などの部品・材料）、エンジニアリングサンプルの性質（線膨張率や熱容量など熱的性質、機械的性質）、構造（部品配置、質量など）は目的とする製品とほぼ同じでなければならない。また、はんだ量や温度プロファイルなどのはんだ付けプロセス条件や設備は、製品を処理する条件や設備と同じでなければならない。製品がエンジニアリングサンプルと形状や構造が大きく異なる場合や異なる製造設備を用いる場合は、再び設計・プロセス検証を実施すること。

総合的な評価検証では、外観観察などの非破壊検査のみならず、破壊検査によって非破壊では得られないボイドや BGA/CGA 裏面のはんだ接続状態など詳細に出来映え状態の確認を行う。更に、熱的耐久性や機械的耐久性を調べる信頼性評価試験も実施し、それらのデータによって設計及びプロセスの妥当性を確認する。

新たな製品が過去に評価を実施した製品と同等であることを証明できなければ、再度製品もしくは同等のエンジニアリングサンプルで実証実験を行ない、出来栄が過去に実施した評価と同等であることを確認しなければならない。但し、単に製造設備が異なるだけの場合や、熱

的および機械的耐久性が既に信頼性評価試験を実施したエンジニアリングサンプルより類推できる根拠がある場合は、信頼性評価試験を省略することが出来る。

注釈※1：エンジニアリングサンプルとしての PWB は、テストパターン等が形成された試験基板で良いが、はんだ付けに影響を及ぼすはんだ継手部のパッド形状、層構成や板厚など熱容量、固定部構造などはんだ付けプロセスに影響する仕様は製品と同等でなければならない。

5.1.2 製造プロセス確認

製造プロセス確認では、製品を製造したプロセスが設計・プロセス検証で妥当と検証されたプロセスと同じであることを証明できなければならない。まず、5.1.1 項に記述した設計・プロセス検証で実際に適用された設備や各種プロセス条件および基準の範囲を実施者が保有する品質保証プログラムの仕組みに登録しておき、製品製造の実施記録と照合することで、それらの条件が同じであることを証明する。製品製造の品質記録としては、製品仕様および設計・プロセス検証で適用された設備や各種プロセス条件が同じであることを示す情報を含んでいなければならない。更に、実施毎に変動する要素を含む条件は、製品製造前に検査もしくは測定を実施し、登録された基準の範囲を逸脱していないことを証明できなければならない。例えば、はんだ量は製品自体のソルダペースト印刷高さや印刷範囲を検査することで、はんだ量が登録されたデータと同等であることを証明する。また、はんだ付け時の加熱プロファイルは、製品投入直前にダミー基板を投入して測定することにより、製品が同等の加熱プロファイルで作られたことを示す記録とする。

5.1.3 製品検査

製品の品質状態の判定は、外観の目視検査およびX線観察など非破壊検査でもって実施する。破壊検査ができない BGA/CGA の製品検査では、品質状態を示す証拠としては部分的な情報に限られ、製品個々に固有の情報（はんだぬれ、外周部の異物の残留状態、電極間の金属異物、搭載位置ずれ、電極抜け）のみ確認する。例えば、外観検査では、はんだ継手部の外周部の直視面の状態のみ観察し、はんだぬれ状態や外周部の異物の残留状態を確認する。電極の裏やパッケージ中央部の状態は観察できないため、5.1.2 項のはんだ付けプロセスが適正であることを示す証拠を確認することにより、全体の状況を類推し、目視観察できない箇所も同等であると見なす。目視観察できない箇所の非破壊検査としては、透過型X線を用いた観察を行う。ただし、X線による検査は、周囲部品も含めて被曝損傷（劣化）のリスクがあるため、検査条件の設定には事前に十分な検討を行わなければならない。

6. BGA/CGA 実装プロセス確立のための検討項目と検査方法

6.1 基板・実装構造設計における検討項目

6.1.1 PWB 選定時の留意事項

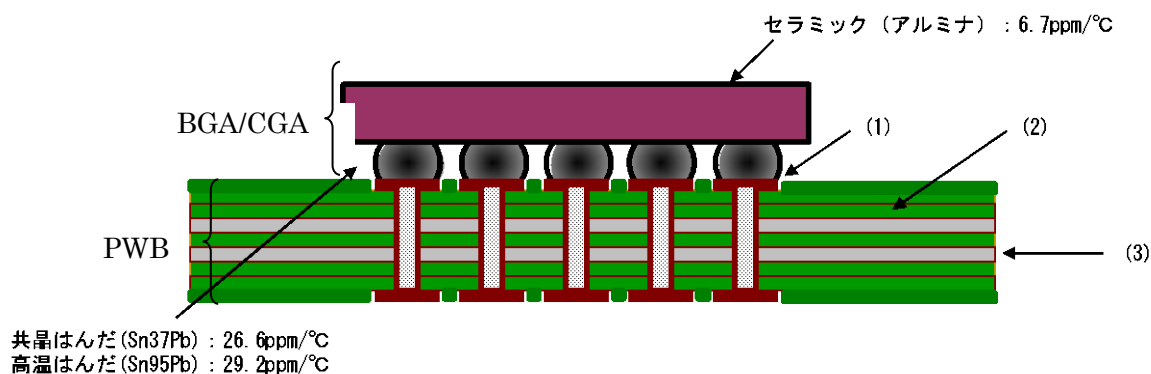
SOP、QFP パッケージと比較すると BGA/CGA パッケージはストレスリリーフ性に乏しいため、パッケージと PWB 間の熱膨張の差によるストレスを緩和することが難しい。従って、PWB と搭載 BGA/CGA の新規の組み合わせについては、設計上十分注意すると共に試作品の十分な信頼性評価を実施しなければならない (表 6-1 参照)。

また、PWB の反り・平坦度は実装仕上がり品質を左右し、接合信頼性へ影響を与える。したがって、PWB は実装性・信頼性を考慮して設計しなければならない。

PWB のベーキングやリフロー加熱においては、加熱前後で PWB の反りが問題にならないレベルであることを事前に確認しておくこと。

表 6-1 PWB に使用される材料とその特性値例

No.	材料	Tg(°C)	弾性率(MPa)	ポアソン比	CTE(ppm/°C)
(1)	導体(銅箔)	—	129000	0.35	17
(2)	基材(変性ポリイミド)	200~213	25000	0.15	12~15 (X) 12~16 (Y) 50~80 (Z)
(3)	CIC(Copper Inver Copper)	—	140000	0.259(Inver)	3.6~5.6(X, Y)



6.1.2 PWB 設計

(1) 配線設計

PWB の配線設計は、JERG-0-042 に従うこととするが、JERG-0-042 に規定する配線設計要求を満足しない場合は、その箇所を明確にすること。また、満足しない部分について、適切な方法で配線設計が耐電圧、電界などについて十分に余裕があることを設計検証、評価などを通じて確実にすること。

(2) パッド部設計

パッド部設計には、図 6-1 に示すように「ドッグボーン」と「ビアインパッド／パッドオンビア」の 2 種類がある。このいずれかを適用すること。

パッド内に凹みが生じるようなビア等を配置する場合には、ボイド残留について十分な考慮がなされなければならない。

パッドサイズは、パッケージと PWB 間の熱膨張差をカラム、はんだボールの上下の接合部でバランスよく応力緩和可能なサイズ（はんだ量も含めた継ぎ手として）とする必要がある。

ドッグボーンの場合、隣接して下層へ引出すスルーホールを要し、通常ではソルダレジストで覆われない。したがって、はんだ流れ防止を確実に行う又はアンダーフィル充填を施す場合には、スルーホールを樹脂で埋め込んで穴を埋め、さらにパッド開口部以外をソルダレジストで覆うことが望ましい。

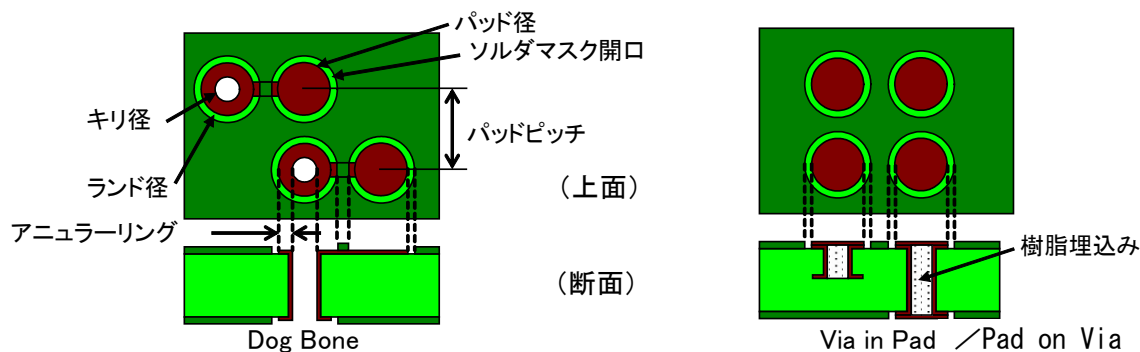


図 6-1 パッド部設計イメージ

(3) ソルダレジスト設計

パッド部に適用するソルダレジスト設計には、図 6-2 に示すように「NSMD (Non-solder mask defined pad)」と「SMD (Solder mask defined pad)」の 2 種類がある。

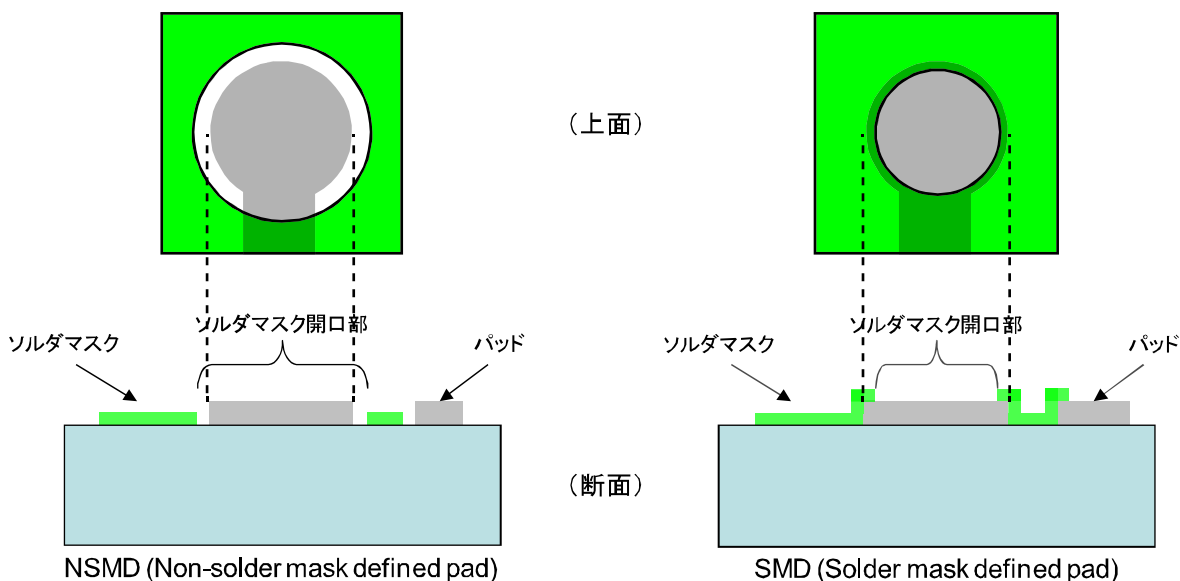


図 6-2 パッド部に適用するソルダレジスト設計

(4) その他の考慮事項

はんだコート以外の表面処理を使用する場合には接合信頼性の評価を実施すること。

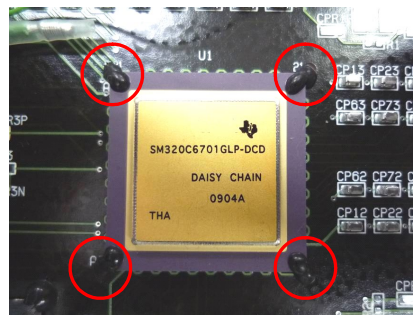
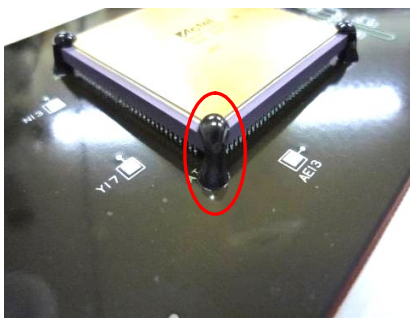
PWB 設計において JAXA 認定仕様でない仕様を採用する場合は、事前に設計検証ならびに評価を実施することが必要である。

PWB は、すべての部品と適合するように設計すること。BGA/CGA の周囲に修理及び再作業器具・工具類が適切に挿入できるように隙間を確保すること。

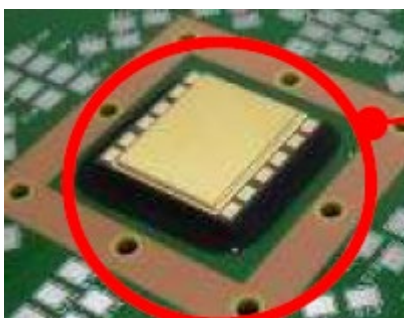
特にリワークが想定される場合は、リワーク作業を考慮した基板設計とすること。

6.1.3 構造設計

BGA/CGA の実装に際しては、構造解析により PWB とシャーシの固定ピッチ、固定点数、基板厚等について十分検討し、構造設計上の信頼性を確保すること。必要に応じ耐振性や耐衝撃性の向上を図ることを目的にアンダーフィルやコーナーステーキング、またはエッジボンディングを設けてもよい。(図 6-3 参照)



注 ○ : コーナーステーキング



上段 : コーナーステーキング

下段 : アンダーフィル(左)

図 6-3 BGA/CGA の固定 (例)

6.1.4 実装設計の留意事項

CGA のカラムは、はんだ (Sn10-Pb90、あるいは Sn20-Pb80) や銅リボン等から構成される。また CGA パッケージとカラムの接合は、Sn63-Pb37 の共晶はんだ等による。更に、はんだコアの外部に銅リボンを巻いたカラムは、コアと銅リボンを Sn63-Pb37 はんだでコーティング等するように接合している。BGA についても、Sn63-Pb37 の共晶はんだだけでなく、組成の異なるはんだの組み合わせにより接合する場合もある。

BGA/CGA 実装は、このような構造であることから、はんだとの組み合わせ、及び接合信頼性について、十分留意した実装設計を行わなければならない。

6.2 実装における検討項目

本項では、BGA/CGA の実装プロセス確立に必要な検討項目を示す。

但し、本項に示す検討項目は、実装プロセス確立のために実施する標準的な項目であり、各実装メーカー独自のプロセス設計、プロセス管理で同等の実装品質／信頼性維持が確立できる場合には置き換えることができる。

6.2.1 実装材料

実装に使用する材料は、基本的には JERG-0-039 または JERG-0-043 に規定されている材料を使うものとする。材料の取り扱い及び使用方法は、各実装メーカーで規定する仕様書の要求を満足すること。

6.2.2 はんだ付け実装

はんだ付け実装の検討に当たり、以下の項目について仕様を設定すること。

(1) 部材ベーキング

(1-1)BGA/CGA のベーキング

ベーキング要求のある BGA/CGA は、リフローはんだ付け前に部品メーカー推奨のベーキング条件でベーキングを行うこと。(開封後、部品メーカーが規定する時間内にリフローはんだ付けが完了する場合は、その限りではない)

ベーキングによりボールまたはカラムの酸化が懸念される場合があるため、部材のベーキング実施に当たりベーキング装置、ベーキング炉内の雰囲気、ベーキング方法、ベーキング温度、ベーキング時間、ベーキング実施後から実装までの保管方法について仕様を設定すること。主要な項目と注意点を次に示す。

(a) 酸化抑制

- ・不活性ガス内でのベーキング方法をとること。
- ・不活性ガス内でのベーキングが困難な場合、はんだ付け接合部の酸化膜除去等の方法も許容するが、はんだ接続部の信頼性を検証すること。

(b) 方 法

ベーキング中にボールやカラムを損傷させないベーキング方法をとること。

(c) 保 管

ベーキング後のカラム、ボールの酸化や吸湿を抑制する保管方法をとること。ベーキング後からリフローはんだ付けまでの時間を管理すること。

(1-2) PWB のベーキング

PWB は、部品実装前にベーキングを実施する必要がある。ベーキングにより PWB の平面度が損なわれた場合、BGA/CGA の接合信頼性に影響する可能性がある。従って、ベーキングの熱による PWB の反りが接続信頼性に影響を与える恐れがある場合には、必要により反りを抑える方法をとること。PWB のベーキング実施にあたり、ベーキング温度、ベーキング時間、PWB へ実装するまでの保管方法について仕様を設定すること。ベーキング後からリフローはんだ付けまでの時間を管理すること。

(2) ソルダペースト印刷

ソルダペーストの印刷プロセス確立にあたっては、ソルダペースト印刷装置、ソルダペースト材料、ソルダペースト攪拌から印刷までの時間、ソルダペースト印刷後の体積、ソルダペースト印刷後外観の合否判定基準、ソルダペースト印刷後から部品搭載までの時間について仕様を設定すること。主要な項目と注意点を次に示す。

(a) 時 間

ソルダペーストの粘着性、吸湿性を考慮し、ソルダペースト攪拌から印刷開始までの時間を管理すること。また、印刷工事終了からリフローはんだ付け開始までの時間を設定すること。

(b) 仕上がり

- ・カスレがなく均一厚となる方法をとること。
- ・印刷後のソルダペースト仕上がり（形状、体積等）を管理すること。
(体積、はんだ高さ等、数値的に管理することが望ましい。)

- ・ PWB のパターンに対する印刷の最大ずれ量の許容値を設定すること。

(3) 部品搭載

部品搭載プロセス確立にあたっては、部品搭載装置、部品搭載後の検査方法、部品搭載位置の合否判定基準、部品実装前の部品の外観基準について仕様を設定すること。主要な項目と注意点を次に示す。

(a) 取り扱い

BGA/CGA の PWB への搭載でボールやカラムに変形を生じさせない方法をとること。

(b) 搭載順序

PWB に実装する BGA/CGA や BGA/CGA 以外の電気部品を PWB へ搭載する順序は、規定しない。

(4) リフローはんだ付け

リフロー温度プロファイルは、部品供給メーカーが推奨する温度プロファイルに従うことを基本とするが、他の実装部品のリフロー温度プロファイルとの整合性を十分に取り、PWB 上の温度分布を加味して決定すること。

リフローはんだ付けのプロセス確立にあたっては、リフロー装置、リフロー内の雰囲気、リフロープロファイル、印刷工事終了からリフローはんだ付け開始までの時間、リフロープロファイルの取得頻度、リフローはんだ付け時の部品温度、PWB からパッケージの搬送治具への固定方法、リフローコンフィギュレーションについて仕様を設定すること。主要な項目と注意点を次に示す。

局所（個別）リフロー装置を採用する場合は、リフロー装置との管理項目の相違点を明確にすること。

(a) 温度プロファイル

部品供給メーカーが推奨する温度プロファイルの上限温度/時間を越えない温度プロファイルを設定すること。

(b) 温度データ取得

BGA/CGA の実装位置近傍に熱容量の大きい部品を実装する場合と近傍に部品がない場合では、BGA/CGA のリフロー温度分布が変わる可能性がある。したがって BGA/CGA 周辺部に部品を実装する場合には、その熱容量を考慮して温度データを取得すること。

(c) PWB の反り

リフローはんだ付けによる PWB の反りは、BGA/CGA の接合信頼性に影響を与える可能性がある。BGA/CGA のリフローはんだ付けの際は、PWB の反り量を極力抑える方法をとること。

(d) PWB の基材変更

サイズが同じ PWB でも基材が変わることにより BGA/CGA の温度分布が変わる可能性がある。過去に BGA/CGA を実装した実績のある PWB でも基材を変更した場合は、BGA/CGA の温度分布に影響が出ないことを検証すること。

(e) パッド部設計の変更

同じサイズ、基材であってもパッド部設計が変わることにより伝熱性に差異が生じ、はんだの溶融タイミング（溶融時間）が変わる可能性がある。過去に BGA/CGA を実装した実績のある PWB でもパッド部設計を変更した場合には、BGA/CGA はんだ付け部のフィレット形成等に影響が出ないことを検証すること。

(f) 部品変更

過去に BGA/CGA を実装した実績のある PWB サイズ/基材でも BGA/CGA のサイズが変わった場合、BGA/CGA の温度分布が変わる可能性がある。BGA/CGA のサイズが変わった場合は、BGA/CGA の温度分布に影響が出ないことを検証すること。また、対象とする BGA/CGA 以外の周囲の熱容量を有する部品や PWB サイズが変更になった場合も同様とする。

6.2.3 洗 浄

BGA/CGA の洗浄プロセス確立に当たり、洗浄装置、洗浄材料（溶剤）、汚染管理、洗浄温度、洗浄時間、洗浄方法、洗浄後外観の合否判定基準、洗浄後外観の検査方法、洗浄後の異物混入防止方法、BGA/CGA 裏面の異物の検査方法、BGA/CGA 裏面の異物の大きさ及び数量の基準に関する仕様を設定すること。主要な項目と注意点を次に示す。

(1) フラックス残渣

BGA/CGA のはんだ接続箇所にフラックス残渣が生じないような洗浄方法を確立すること。但し、フラックスによるマイグレーション試験実施によるマイグレーションが発生しないこと

の技術的裏づけデータを取得し、アンダーフィルやコンフォーマルコーティングを実施することでフラックス残渣を許容する。(IPC TM-650 参考)

(2) はんだボール等の異物

はんだボール等の異物を除去できる洗浄方法を確立すること。

(3) 洗浄方法

洗浄は、ボールやカラムを傷つけない方法とすること。

6.2.4 ステージング・固定

(1) CGA

CGA は、セラミックパッケージをはんだカラムで支える構造であり、振動・衝撃によりカラムに負荷が掛かる。過度な負荷は CGA の接合信頼性を損なう可能性があるため、CGA を固定するなどの対策が必要な場合がある。固定方法の確立にあたっては、JERG-0-040 の 4 項要求事項を参照し、材料の選定、塗布方法、硬化条件、仕上がり外観の基準と検査方法を考慮すること。主要な項目と注意点を次に示す。

(a) 材 料

CGA、PWB との熱膨張係数差を考慮すること。

(b) 検 査

- ・ 固定状態が目視確認できる構造であること。
- ・ 固定状態が目視確認できない場合は、固定方法の工程を確立すること。
- ・ ステージング材がカラムにかからないこと。

(2) BGA

BGA 下のアンダーフィルは、BGA の取り外しに制約を与える恐れがあるため、適用に際しては十分な注意が必要である。

アンダーフィルは、熱サイクル中にアンダーフィル材とセラミックスの熱膨張係数の差によって、はんだ接続部の熱疲労を促進し、クラックを生じさせたという評価事例がある (ESA STM-266 参照)。

BGA においてアンダーフィル材を用いる場合には、アンダーフィル材の選定に当たり、以下を考慮すること。

(a) 材 料

粘度、ガラス転移温度、熱膨張係数、基板との接着性等を考慮すること。

(b) 方 法

均一に充填できる方法をとること。

(c) 検 査

アンダーフィルの場合、塗布状態が目視確認できないため、塗布方法の工程を確立すること。

なおステッキング材の場合は、ステッキング材がボールにかからないこと。

6.2.5 コーティング

コンフォーマルコーティングは、部品実装した PWB 及び部品電極の腐食防止及び絶縁処置のために原則として実施すること。CGA のはんだ付け部も同様の目的でコンフォーマルコーティングを行う必要はあるが、パッケージ下面全体にコーティング材を充填すると CGA の特性（カラムの膨張・収縮などで熱ひずみを緩和）を損なう可能性があるため、カラム全体ではなく、はんだ接合部のコーティングとしてもよい。ただし、はんだ接合部のみのコーティングの場合は部品下面に異物が混入しないような対策を施すこと。パッケージ下面全体にコーティング材を充填する場合には十分な評価を行い、コーティングにより CGA の特性を損なっていないことを確認すること。BGA についても、コンフォーマルコーティングを適用する場合には十分な評価を行うこと。コンフォーマルコーティングのプロセス確立にあたっては、JERG-0-040 の 4 項要求事項を参照し、コーティング材料の選定、塗布方法、硬化条件、仕上がり外観の基準と検査方法について仕様を設定すること。主要な項目と注意点を次に示す。

(a) 実装からコーティング前

ボールやカラム間への異物混入を防止する対策を行うこと。

(b) 塗布範囲

- ・リフローはんだ付け時にはんだボールが発生している可能性があり、そのはんだボールは基板上に存在する。よって、コンフォーマルコーティングは、少なくとも PWB 及びボール/カラムと PWB のはんだ接続部に実施すること。
- ・コーティングにムラがなく、均一であること。

(c) 塗布方法

プロセス保証するための工法を確立すること。

6.3 検査

6.3.1 外観検査

JERG-0-043 に従って外周側面から確認できる範囲を検査する。基準は表 6-2 に示すとおりとする。ただし、接合部サイズに応じて 20 倍以上に拡大可能な実体顕微鏡（必要に応じてプリズム機構を有するマイクロ스코プ（図 6-4 に外観観察例を示す）、又はファイバースコープ顕微鏡を用いて行う。

表 6-2 BGA/CGA の外観検査項目及び基準 (1)

項目	基準	
	BGA	CGA
パッド-ボール (カラム) ずれ	パッドからのボールずれ量が PWB パッド径の 25%以下	パッドからのカラムはみ出し量が PWB パッド径の 15%以下
カラム傾斜 (CGA)	—	5° 以下
ボール (カラム) 形状	欠けなきこと	欠け・曲がりなきこと
ボール (カラム) 抜け	なきこと	
はんだブリッジ	なきこと	
はんだ接合状態	ソルダペーストが溶融し、ボールとなめらかに接合されていること	カラムからパッドにかけて滑らかに接合されていること
はんだフィレット	—	カラム底面とパッド間にはんだが充填され、ぬれており、かつ、カラム周囲 180° 以上をぬらすはんだフィレットを形成すること
異物	0.1mm 以上の金属異物なきこと	

注(1) パッケージ外周部より目視可能な範囲を検査する。

注(2) ボールやカラムのはんだ組成により外観(表面状態)が異なる。

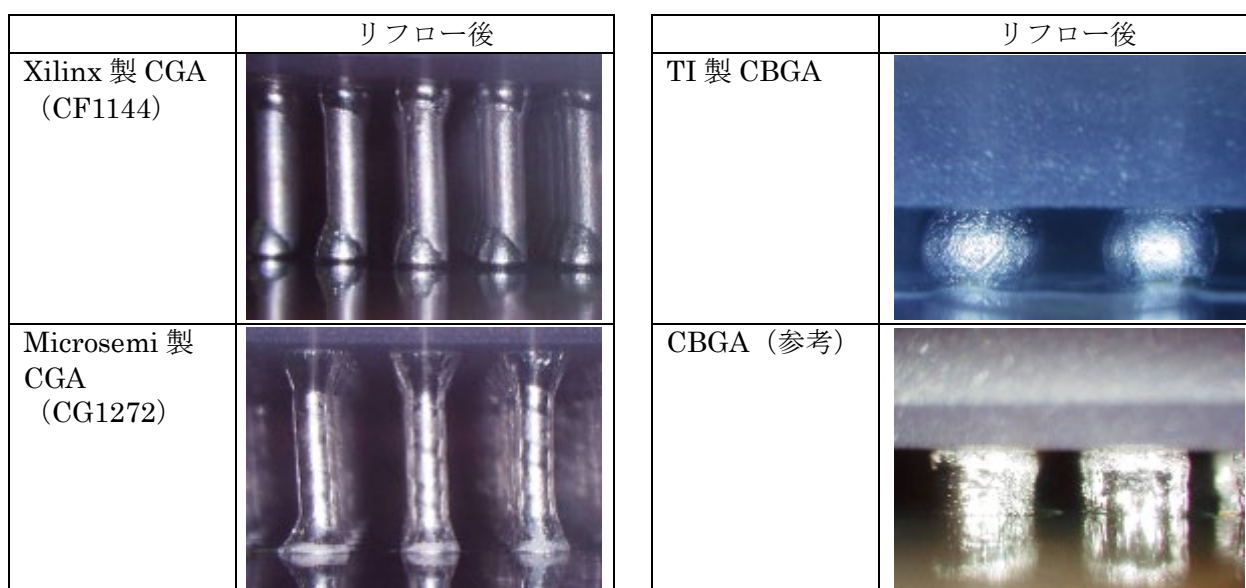


図 6-4 外観観察例

6.3.2 非破壊検査

目視検査できない BGA/CGA 裏面については、表 6-3 に従い X 線検査等の適切な非破壊検査を行うこと。

X 線検査装置を用いる場合、少なくとも直径 0.03mm のはんだボールを検出できる解像度を有するものであること。また、実装後の BGA/CGA の裏面に異物が混入した場合、検査や除去が困難な場合があることから、異物混入リスクを低減する方策を検討すること。

図 6-5 及び図 6-6 に示すとおり、ボイド率は面積で定義する。CGA は、図 6-6 の A-A' 断面で示すようにコラムと PWB 側パッド間のはんだ接合部を観察すること。

また、一つの接合部内に複数のボイドが存在する場合、図 6-7 に示すようにボイド面積の総和からボイド率を求める。なお、ボイドが多量に発生している場合は、リフロー加熱条件などのプロセスを見直し、ボイド低減を図ること。

なお、X 線検査による非破壊検査を行う場合に、X 線照射時間が問題になることから、X 線検査では、予め耐放射線耐性を計算して、BGA/CGA への影響がないことを確認すること。

表 6-3 BGA/CGA の X 線検査項目及び基準

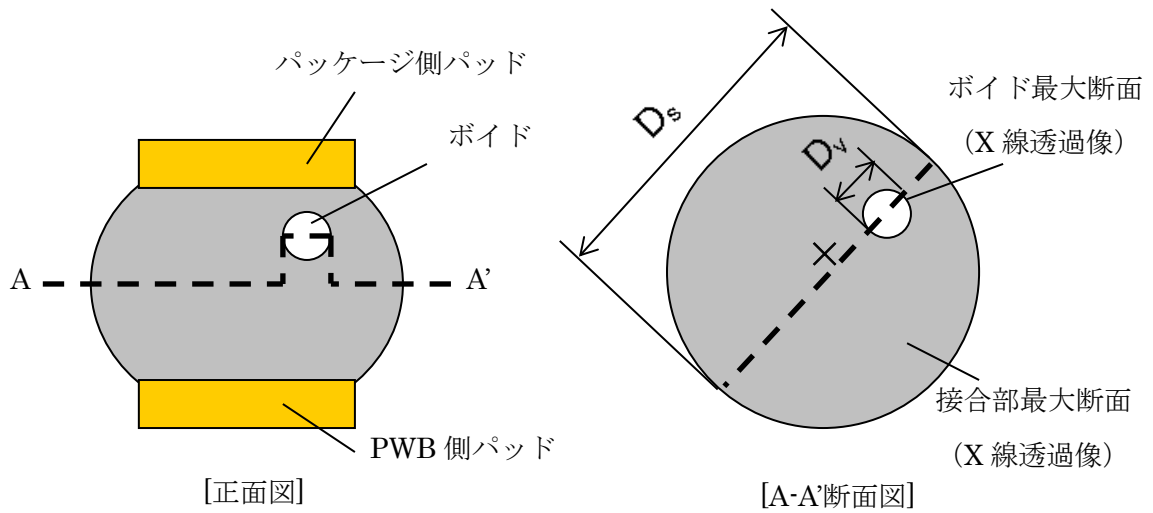
項目	基準	
	BGA	CGA
パッド-ボール (コラム) ずれ	パッドからのボールずれ量が PWB パッド径の 25%以下	パッドからのコラムはみ出し量が PWB パッド径の 15%以下
コラム傾斜 (CGA)	—	著しい倒れなきこと (1)
ボール (コラム) 抜け	なきこと	
はんだブリッジ	なきこと	
はんだ接合状態	未溶融・未接合なきこと	
ボイド	BGA ボール接合断面のボイド率 25%以下 (2)	CGA コラム接合断面のボイド率 25%以下 (2) (3)
異物	0.1mm 以上の不透過異物なきこと (4)	

注(1) ECSS-Q-ST-70-38C の FigureI-31 参照。

(2) ボイド率は断面積で定義する (図 6-5 及び図 6-6 参照)。

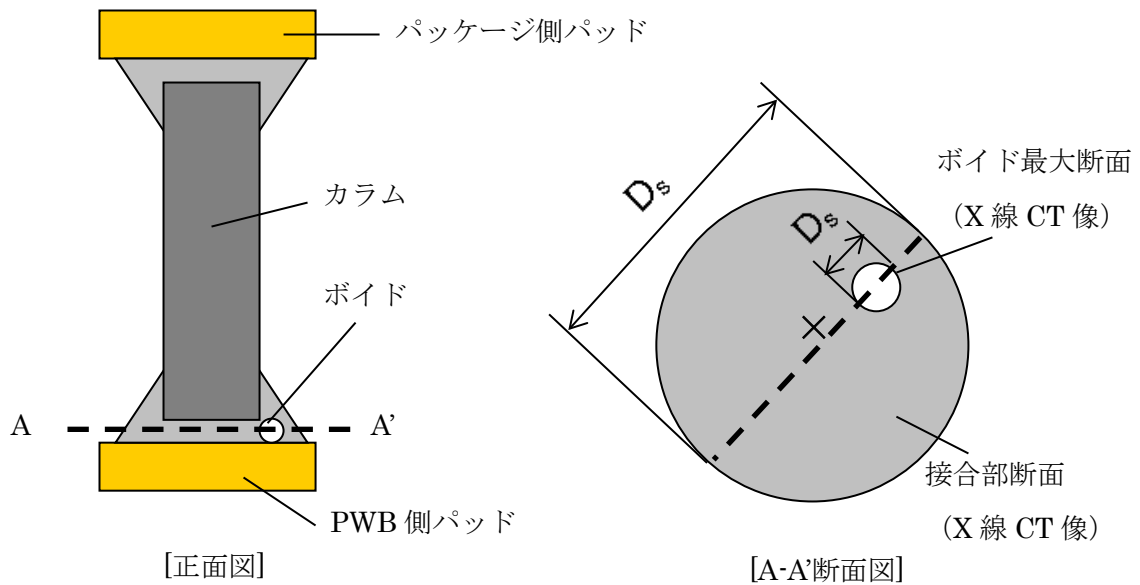
(3) 観察箇所は、PWB 側のパッドとコラムのはんだ接合部である。

(4) ECSS-Q-ST-70-38C では、「0.03mm 以上のはんだボール総数が 1 パッケージあたり 10 個以下であること」との記述があり、それを目標としてプロセス評価を行うこと。



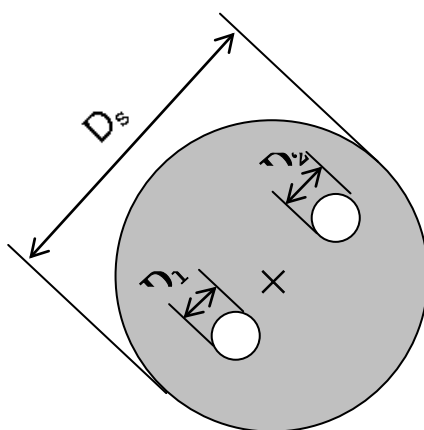
$$\text{ボイド率 } O_v = \frac{\pi \left(\frac{D_v}{2} \right)^2}{\pi \left(\frac{D_s}{2} \right)^2} = \frac{(D_v)^2}{(D_s)^2}$$

図 6-5 ボイド率の定義 (BGA)



$$\text{ボイド率 } O_v = \frac{\pi \left(\frac{D_v}{2} \right)^2}{\pi \left(\frac{D_s}{2} \right)^2} = \frac{(D_v)^2}{(D_s)^2}$$

図 6-6 ボイド率の定義 (CGA)



$$\text{ボイド率 } O_v = \frac{(D_1)^2 + (D_2)^2}{(D_s)^2}$$

図 6-7 複数のボイドが存在する場合のボイド率の定義 (BGA/CGA)
(ボイド面積の総和からボイド率を求める)

6.3.3 破壊検査

エンジニアリングサンプルの破壊検査を行い、はんだ接合部の初期状態を確認すること。

- (1) パッケージとボール／コラム間、及びボール／コラムと PWB 間のはんだ接合部の検査
ぬれ、接合界面に異常なきこと。
- (2) ステーキング・アンダーフィル・固定部の検査
次の項目を満足すること。
 - (a) ステーキング材を使用する場合、ステーキング材がコラムやはんだ接合部に付着しないこと。
 - (b) アンダーフィル材を用いる場合、均一に充填できること。(IPC J-STD-030 参考)
 - (c) ステーキングに割れ、剥がれがないこと。
 - (d) ボール部分が固着されていないこと。
- (3) コーティングの検査
製品にコーティングを適用する場合、製品と同等の PWB、BGA/CGA 及びプロセスによって製造した実装基板にコーティングを施し、破壊検査によりコーティングが均一に施されていることを確認する。

6.4 信頼性評価

適用する設計、構造、製造プロセス等の妥当性を証明するために以下の評価試験を実施しなければならない。

ただし、製品環境仕様に応じて評価項目、条件及び判定基準を別に定めることができる。

また、既に評価実績のある設計、構造、製造プロセス等の部分的な変更に対する妥当性を評価する目的である場合には、変更部分に対する影響性を考慮したうえで評価項目を選択することができる。

6.4.1 評価サンプル

評価サンプルは、製品と同等な部材、構造、製造プロセス等によって製作されたエンジニアリングサンプル或いは同一製造ロットから抜き取った製品であること。

エンジニアリングサンプルは、個々の評価目的に合わせて専用に設計された TEG (Test Engineering Group) を用いても良いが、熱的・機械的な性質が製品と同等或いは限界値を評価できるものでなければならない。

評価サンプルの供試数量は、原則としてパッケージ種類毎に 3 個以上としなければならない。ただし、評価結果の妥当性を適切に判断できる場合にはこの限りではない。

- (1) 使用する BGA/CGA は、製品と同等な電気的な機能を有するもの、或いはメカニカルサンプル（導通確認を行うためのデージーチェーン配線などが施された評価専用パッケージ）を用いるが、端子の形状・ピッチ・材料・末端処理は適用する製品と同等でなければならない。また、大きさが異なる場合には、縦・横・厚み寸法、端子の数・配置、質量、熱容量が評価の目的に応じて適切であることを検討しなければならない。さらに、製品と同等な機能を有するパッケージを使用し、このパッケージにて限界値を評価する場合には、断線或いは短絡に対しての不良検出性を予め考慮しておかなければならない。
- (2) 使用する PWB は、その評価目的に応じて、基材・ソルダレジスト・金属コア等インサートの材料、はんだ継手部のパターン形状・断面構造・表面処理、基板の大きさ・層構成・板厚、貫通孔の径・位置を考慮しなければならない。
- (3) 振動、衝撃試験等の機械的な構造評価を目的とする場合には、PWB のステイフネス、固定構造（接着による固定の場合には接着面の性質を含む）、ダミー部品等の質量を含めた類似性を考慮しなければならない。
- (4) 温度変化を伴う環境試験を実施する場合には、面方向及び厚み方向における PWB 内のインサート材料配置、面方向及び表裏における部品位置関係・間隔を考慮しなければならない。
- (5) 評価サンプルは製品と同等な工程、管理手順及び工程内検査等の製造プロセスを経なければならない。

- (6) 不良パッケージの除去及び乗せ替えによる再作業を実施する場合には、同等な履歴を経たサンプルとする等、信頼性試験の評価対象となるよう考慮しなければならない。

6.4.2 信頼性検証プログラム

図 6-8 に示すフローチャートに従って試験を実施し、不良が発見された場合には不合格とする。

ただし、目視検査又は DPA において不良が発見された場合には、供試サンプル数に応じたワイブル解析等の統計的方法によって熱衝撃試験における特性寿命（累積不良率 63.2%）が累積 500 サイクル以上、或いは温度サイクル試験における等価サイクル数以上であることが確認できる場合には合格判定とすることができる。

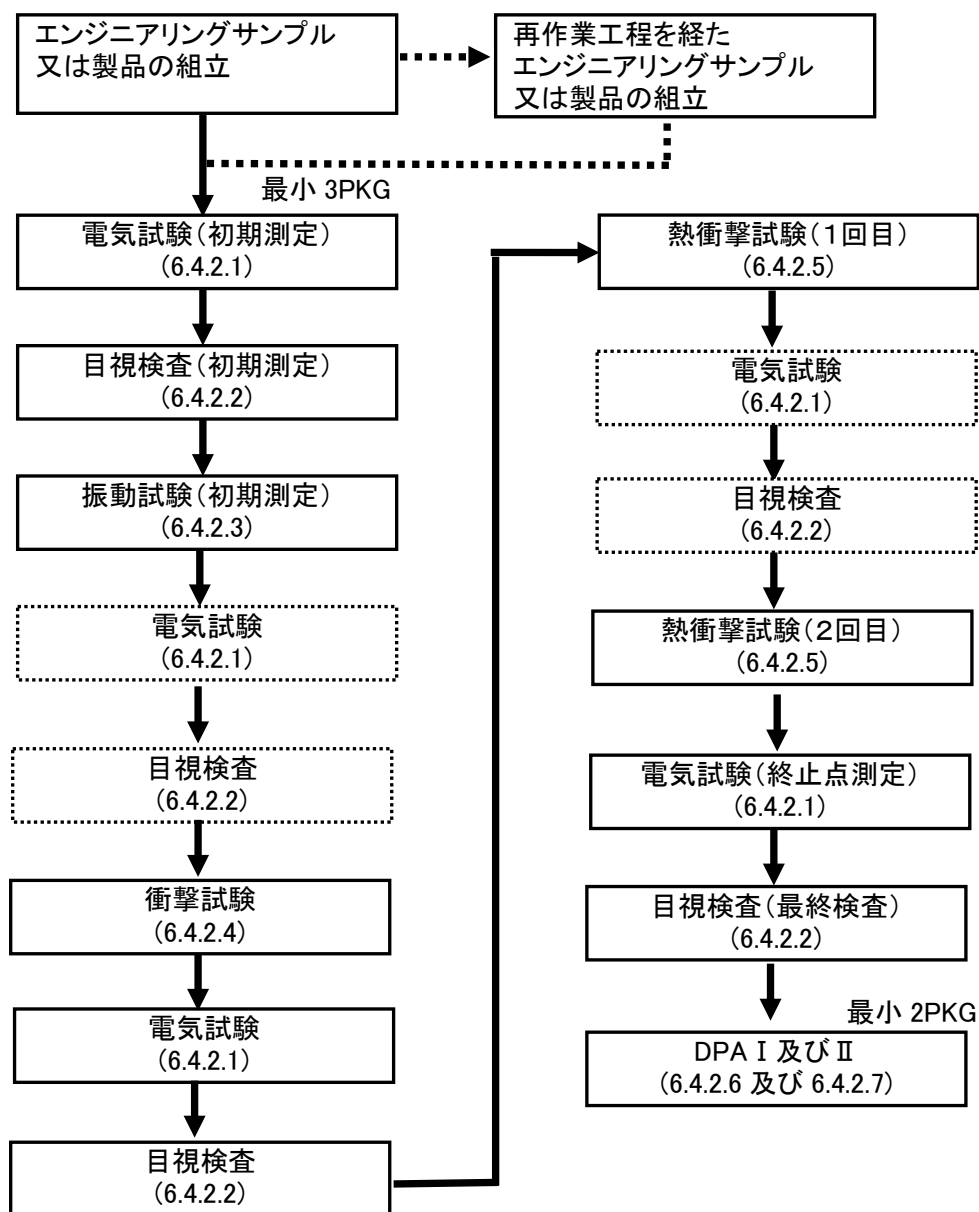


図 6-8 信頼性検証プログラムフローチャート

6.4.2.1 電気試験

表 6-4 による

電気試験に使用する評価サンプルの種類と、試験内容及び判定基準は表 6-4 によること。

表 6-4 電気試験

	評価サンプル	試験内容 (1)	判定基準
1	製品と同等な機能を有する部品と基板	製品と同等な電気特性試験 (2)	部品仕様書による (2)
2	デイジーチェーン配線を施した TEG	導通抵抗試験	初期測定に対して 10%以上の変動は不良 (3)

注(1) 終止点測定の場合には、常温に加え製品環境仕様書で規定される動作保証温度範囲の高温及び低温（又は必要に応じて温度マージンを付加する）における試験も実施すること。

(2) 全信号端子の導通を確認できる試験及び判定基準であること。

(3) 高温及び低温における導通抵抗測定の場合は、導体抵抗の温度係数から予想される変動幅を考慮すること。

6.4.2.2 目視検査

本書の 6.3.1 項による。ただし、はんだ接合部等の検査が実施可能な場合に限定する。

目視検査は、接合部サイズに応じて 20 倍以上に拡大可能な実体顕微鏡（必要に応じてプリズム機構を有するマイクロスコープ）又はファイバースコープ顕微鏡を用いて行うが、対象範囲は実質的に検査可能なパッケージ外周列外側部等可視部とする。

本書の 6.3.1 項、表 6-2 に示すカラム傾斜（CGA）の基準について、図 6-8 のフローチャートに示す目視検査（最終検査）においては適用しない。

クラック進展に関する判定は、パッケージとボール／カラム間、及びボール／カラムと PWB 間のはんだ接合部について、接合部全周が確認できる場合に周囲長の累積 1/4 以上又は片側からのみ確認できる場合は端子幅の累積 1/2 以上の進展が見られる場合にそのパッケージを不良とする。

ただし、予めクラック進展することを前提として設計された犠牲端子である場合には、検査対象から除外する。また、初期検査である場合を除き、明確なクラックと判断できない表面上のシワや光沢のクスマり或いはボール・カラムの変形、さらに金属リボンなどがはんだ内に埋め込まれており、はんだ部にクラック進展しても電氣的導通が確保されることを意図として設計されている場合かつリボンが存在する範囲については、不良判定から除外することができる。

6.4.2.3 振動試験

製品環境仕様による。なお、複数プロジェクトに適用する場合には、はんだ継手部の疲労寿命として厳しい方の試験条件を適用する。評価試験における振動レベルのモニタ方法と設計コンセプトとの整合を図ること。

また、試験中は常時又は適切な間隔で断続的に電氣的動作等接合部の接続性を確認可能な電氣的なモニタを行うことが望ましい。

6.4.2.4 衝撃試験

製品環境仕様による。なお、複数プロジェクトに適用する場合には、厳しい方の試験条件を適用する。評価試験における衝撃レベルのモニタ方法と設計コンセプトとの整合を図ること。

6.4.2.5 熱衝撃試験

JERG-0-043 4.4.2 項(2)の熱衝撃試験(−30°C30min 以上／5min 以内／+100°C30min 以上)を1回目 200 サイクル、2回目 300 サイクル、又は等価な方法として JERG-0-039 4.4.2 項(1)の温度サイクル試験(−55°C15min 以上／30~90min 程度／+100°C15min 以上)を1回目 80 サイクル、2回目 120 サイクル実施する。

また、試験中は常時又は適切な間隔で断続的に電気試験等接合部の接続性を確認可能な電氣的なモニタを行うこと。

熱衝撃試験の1回目と2回目に実施する電気試験及び目視検査は省略し、連続した500 サイクル(温度サイクル試験では200 サイクル)として実施しても良い。

6.4.2.6 DPA I (断面検査)

供試サンプルからパッケージ種類毎に最低1個を抜き取り、6.3.3 項に従って最低1箇所の断面検査を実施すること。

断面検査位置は、設計上で最も損傷が大きいと予想される部位又は目視検査によって損傷が大きいと判断される部位とする。

ボール／カラム又はその周囲導体材料にクラックが発見された場合には、その断面部位における導体部分の幅(又は径)の累積25%を超える場合は不良とする。

ただし、予めクラック進展することを前提として設計された犠牲端子である場合には、検査対象から除外する。

また、金属リボンなどがはんだ内に埋め込まれており、カラムのはんだ部にクラック進展しても電氣的導通が確保されることを意図として設計されている場合で、かつリボンが存在する範囲については、金属リボンに損傷が無ければ不良判定から除外することができる。

6.4.2.7 DPA II (染色浸透探傷試験)

供試サンプルからパッケージ種類毎に最低1個を抜き取り、染色浸透探傷試験を実施すること。※2

浸透部の検査位置は、設計上で最も損傷が大きいと予想される部位又は目視検査によって損傷が大きいと判断される部位とする。

染色浸透探傷試験により元の接合部面積の 25%を超える浸透形跡がある場合には不良とする。

ただし、予めクラック進展することを前提として設計された犠牲端子である場合には、検査対象から除外する。

また、金属リボンなどがはんだ内に埋め込まれており、はんだ部にクラック進展しても電氣的導通が確保されることを意図として設計されている場合かつリボンが存在する範囲については、金属リボンに損傷が無ければ不良判定から除外することができる。

注釈※2：染色浸透探傷試験はコンフォーマルコートが剥離できない場合又はアンダーフィルが施されている場合等には実施することが困難である。この場合は、DPA I（断面検査）の断面箇所や方向を増やして評価し合否判定を行う。また、CGA の場合、染色浸透探傷試験に代えて DPA I（断面検査）による合否判定を行っても良い。

6.4.3 イオンマイグレーション試験（絶縁信頼性試験）

BGA/CGA の裏面部分のフラックス残渣を許容する場合には、以下の評価試験を行い、フラックス残渣が悪影響を与えないという技術的見解を得なければならない。

また、フラックス残渣を許容する場合には、コンフォーマルコーティングが施されなければならない。

- (1) 洗浄状態のワーストケースを模擬した評価サンプル（くし型電極基板等）を使用してイオンマイグレーション試験を行い、高温高湿下での絶縁抵抗劣化及びマイグレーション発生のないことを確認すること。
- (2) 評価サンプルには、製品と同等の基材、表面処理、はんだ材、フラックス材、コーティング材を用いること。
- (3) 試験条件は、JERG-0-043 4.4.2 項(4)の絶縁信頼性試験（60℃、90-95%RH、定格バイアス印加）による。

7. BGA/CGA 製品生産における管理項目

7.1 部品管理

7.1.1 受入検査

受入検査では、指定照合、員数確認、外観確認を行うこと。ただし CGA は、カラムが曲がりやすく取扱いに注意を要することから、受入検査を省略してもよい。

また、再梱包や運搬、保管など、受入から基板実装に至るプロセスでカラムを曲げることがないように、各プロセスにおいて CGA 取扱いに伴うリスクを洗い出し、取扱いルールを明確にしてリスク低減を図ること。また、受入検査後は、実装するまで途中のプロセスで開梱しないことが望ましい。

7.1.2 保管

BGA/CGA の電極部は、はんだ材料やリボン端面の銅が露出している。これらの材料は酸化や吸湿を抑制する保管方法をとること。特に吸湿管理を要する部品の場合、部品メーカーの指定に従い管理する。また、部品メーカー納入時の梱包形態で保管することが望ましい。

7.2 実装における管理項目とその基準

本項は、実装プロセス確立を目的とした評価試験結果により、各実装メーカーが確立した実装プロセスに基づいて、製品を生産する際にはそれらの設備や条件が確実に維持、管理されていなければならない。さらに以下の項目で特に重要な要素に対して記述する。

7.2.1 はんだ付け実装

(1) 部材ベーキング

部材ベーキングは、本書の 6.2.2 項(1)で確立した装置、条件、方法に加え、次の項目を管理すること。

(a) BGA/CGA のベーキング

BGA/CGA のベーキングにあたっては、ベーキング温度とベーキング時間を管理し、記録すること。また、ベーキング後から PWB へ実装するまでの保管方法について管理すること。

(b) PWB のベーキング (除湿)

PWB のベーキングは、原則として JERG-0-039 の 5.3.1 項 (使用部品の確認) に従い実施すること。ベーキング温度とベーキング時間を管理し、記録すること。PWB へ実装するまでの保管方法について管理すること。

(2) ソルダペースト印刷

ソルダペースト印刷にあたっては、本書の 6.2.2 項(2)で確立した装置、材料、方法に加え、次の項目を管理すること。

- (a) ソルダペースト攪拌から印刷開始までの時間を管理し、記録すること。
- (b) 印刷から部品搭載までの時間
- (c) 印刷高さ、形状または体積等については全数の検査を行い、プロセス確立をもとに規定した規格内にあることを確認すること。その結果を記録すること。
- (d) 印刷位置については全数の検査を行い、プロセス確立をもとに規定した最大ずれ量について規格内にあることを確認すること。その結果を記録すること。

(3) 部品搭載

BGA/CGA 搭載にあたっては、本書の 6.2.2 項(3)で確立した装置、方法に加え、次の項目を管理すること。

- (a) 部品実装前の部品の外観基準

(4) リフローはんだ付け

BGA/CGA のリフローはんだ付けにあたっては、本書の 6.2.2 項(4)で確立した装置、条件、方法に加え、次の項目を管理すること。プロセス確立の試験コンフィギュレーション (BGA/CGA、PWB、熱負荷ダミー) と実際にリフローはんだ付けするコンフィギュレーション (BGA/CGA、PWB、その他電気部品) との相違は、BGA/CGA 実装エリアの温度分布が同等であることを証明する証拠を有している場合に限り、許容する。

- (a) 温度プロファイルの再現性確認

リフローはんだ付け前には、実装プロセス確立で実施したリフローと同等の温度プロファイルが再現できる設備であることを確認すること。温度プロファイル取得にあたっては、下記項目を管理すること。その結果は記録すること。

- ・ 温度計測位置
- ・ 取得した温度プロファイルデータの温度と時間
- ・ 確認頻度

- (b) リフローはんだ付け

リフローはんだ付けにあたっては、下記項目を管理すること。

- ・印刷工事終了からリフロー開始までの時間
- ・リフローコンフィギュレーション（BGA/CGA 以外の部品搭載有無、PWB 搬送方向、PWB 搬送速度など）

7.2.2 洗 浄

BGA/CGA を搭載した PWB の洗浄にあたっては、本書の 6.2.3 項で確立した装置、材料、方法に加え、次の項目を管理すること。

- ・BGA/CGA 下面への異物混入防止方法

7.2.3 ステーキング・固定

PWB に搭載した BGA/CGA のステーキング・固定にあたっては、本書の 6.2.4 項で確立した材料、装置、条件方法に加え、次の項目を管理すること。

- ・ステーキング材がカラムに付着しない方法

7.2.4 コーティング

コーティングにあたっては、本書の 6.2.5 項で確立した材料、装置、条件、方法で管理すること。

7.3 製品検査

7.3.1 外観検査

検査項目は 6.3.1 項と同じである。表 7-1 に従い外周側面から確認できる範囲を目視により検査する。検査結果は記録すること。

表 7-1 BGA/CGA の外観検査項目及び基準 (1)

項目	基準	
	BGA	CGA
パッドボール (コラム) ずれ	パッドからのボールずれ量が PWB パッド径の 25%以下	パッドからのコラムはみ出し量が PWB パッド径の 15%以下
コラム傾斜 (CGA)	—	著しい倒れなきこと (2)
ボール (コラム) 形状	欠けなきこと	欠け・曲がりなきこと
はんだブリッジ	なきこと	
はんだ接合状態	ソルダペーストが溶融し、ボールとなめらかに接合されていること	コラムからパッドにかけて滑らかに接合されていること
はんだフィレット	—	コラム底面とパッド間にはんだが充填され、ぬれており、かつコラム周囲 180° 以上をぬらすはんだフィレットを形成すること
異物	0.1mm 以上の金属異物なきこと	

注(1) パッケージ外周部より目視可能な範囲を検査する。

(2) ECSS-Q-ST-70-38C の図 16-23 参照。

7.3.2 X線検査

目視検査できない BGA/CGA 裏面については、原則、表 7-2 に従い透過型 X 線による検査を行う。X 線検査装置以外で表に示す項目を検出可能であれば、代替装置による検査を許容する。使用する X 線検査装置は、6.3.2 項記載の解像度を有すること。また、実装後の BGA/CGA の裏面に異物が混入した場合、検査や除去が困難な場合があることから、事前に方策検討し異物混入リスクを低減すること。検査結果は記録すること。

表 7-2 BGA/CGA の X 線検査項目及び基準

項目	基準	
	BGA	CGA
ボール (コラム) 抜け	なきこと	
はんだブリッジ	なきこと	
異物	0.1mm 以上の不透過異物なきこと 0.1mm 未満の不透過異物は、パッド間の 1/2 以下の大きさであること	
コラム傾斜 (CGA)	著しい倒れのなきこと	

7.4 保管・運搬

BGA/CGA 下面への異物混入防止方法を管理すること。

8. リワーク

BGA/CGA の再利用としてのリワークは認めない。本項では BGA/CGA を取り外した基板等の再利用について規定する。

リワークを実施する場合は、設計的な考慮（本書の 6.1.2 項(4)）が施してあることを前提として、予め取り外し方法や再実装方法などの工程確立を行い、本書の 6.4.2 項に従って信頼性評価を実施しておかなければならない。

リワーク時の再加熱方法としては、局所リフローに限定する。

リワークにあたっては、加熱装置、専用治具があればその識別（ID）、加熱方法、PWB の上昇温度・曝露時間に関する管理基準、周辺部品の上昇温度・曝露時間に関する管理基準、リワーク回数に関する管理基準、取り外し後のパッド及びレジストの損傷状態について管理すること。

付録 I 用語の定義

(1) BGA (Ball Grid Array)

外部接続端子として、パッケージ下面に格子状にバンプを形成した表面実装用 LSI パッケージ。

(2) CGA (Column Grid Array)

外部接続端子としてパッケージ下面に格子状にカラム (Column) を形成した表面実装用 LSI パッケージ。CCGA はセラミック・カラム・グリッド・アレイの略である。

(CGA は BGA のボール状バンプを金属、合金又はその複合物にて置き換えて、柱状の外部接続端子としたもので基板とパッケージの熱応力を緩和する効果が得られる)

(3) カラム(column)

CGA の格子状に並んだ円筒形状の電極。

(4) コプラナリティ(coplanarity)

バンプ又はカラム先端の共平面性を示し、BGA・CGA の PWB 取付面に対する外部端子先端 (最下面) の均一性を言う。

(5) ドッグボーン(Dog-Bone)

BGA・CGA の外部接続端子に対向する PWB 上の接続用パッドで、はんだ付け用パッドに隣接して内層接続用スルーホールランドを形成する PWB パターンの接続構造。

バーベル状の骨の形をした犬用玩具に似ていることから通称として表現される。

「引き出し型」などの呼称と同義である。

(6) ビアインパッド(Via in Pad)／パッドオンビア(Pad on Via)

ドッグボーンに対して内層接続用スルーホール直上にはんだ付け用パッドを形成した PWB パターンの接続構造。

ビルドアップ基板でみられる垂直に積み重ねたスタックビア構造と類似して、積層方式のリジッド基板において貫通スルーホール内に主に有機樹脂を充填してその上にめっきを施してパッドを形成する。

(7) SMD(solder mask defined)パッド

パッド形状・寸法をソルダーマスク (ソルダーレジスト) の開口で定義するパッド構造。

導体よりも小さなレジスト開口を設け、パッド周囲の導体パターンがレジストで覆われた構造となる。

「オーバーレジスト」、「被せ型」などの表現と同義である。

NMSD と対で表現されるもので、一般的に表面実装部品を示す SMD(Surface Mount Device)と混同しないこと。

(8) NMSD(non-solder mask defined)パッド

SMD に対して、パッド形状・寸法をソルダーマスクの開口ではなく導体パターンで定義するパッド構造。

レジスト開口は導体パターンよりも大きく設け、パッド周囲には基材が露出してその周りがレジストパターンで覆われた構造となる。

「クリアランスレジスト」、「引き去り型」などの表現と同義である。

(9) ボイド(void)

はんだ、有機樹脂などの内部に、空洞や気泡が生じている状態。

工学的にはボイド (void) とは真空であり、気体が充填した空洞は気泡又はポアと表現するが、一般的な慣習として気泡を含めて有るべき部分に無いという意味でボイドと表現される。

(10) ステージング(staking)

BGA・CGA パッケージを PWB に接着や金具で機械的に固定すること。

(11) アンダーフィル (underfill)

ステージングに類似しているが、特にフリップチップや BGA パッケージなど下面に外部接続端子が形成された部品を PWB に実装する際、端子保護と封止の目的で PWB との隙間を主に有機樹脂で充填したもの。

(12) 犠牲端子

他の端子の破壊を防止するために補助的目的で設けられる端子であり、この端子自体が破壊されてもシステム全体の電氣的・機械的な影響を及ぼさない場合に設置される。なお、浮遊導体処理として通常はグランド又は電源に接続される。

ダミー (dummy) ピンと表現する場合もあるが、本書では他の端子を保護又は延命する目的であることから本表現としている。

(13) ボール抜け

BGA パッケージにおいて、はんだボールが抜け所定の位置にないこと。

(14) カラム抜け

CGA パッケージにおいて、はんだカラムが抜け所定の位置にないこと。

(15) 未溶融 (BGA/CGA)

BGA のボール又は CGA のカラムが、印刷したソルダペーストと溶融せず、ぬれていない状態。

(16) カラム傾斜

CGA パッケージの垂直方向に対するカラムの傾斜角度。

(17) ボイド率

はんだ接合部の断面積（ボイド部分を含む）に対するボイドの断面積の割合。

(18) 裏面

BGA/CGA の電極が取り付けられているパッケージ側の面を指す。

(19) 下面

部品の裏面から PWB の上面までの空間を指す。