

# プリント基板用無電解ニッケル/ 置換金 (ENIG) めっきの性能仕様

If a conflict occurs between the English and translated versions of this document, the English version will take precedence.

本規格の英語版と翻訳版の間に矛盾が生じる場合は、英語版が優先される。

本書は IPC の Fabrication Processes Committee (4-10) に属する Plating Processes Subcommittee (4-14) により作成されたものである。

## 翻訳者 :

本書は、株式会社ジャパンユニックスにより翻訳・改版・監修が行われた。

## Global Electronics Association Standards and Artificial Intelligence (AI) Statement

Global Electronics Association is the trading name of IPC International, Inc., which owns the copyright to all IPC Standards and other IPC materials.

The Global Electronics Association explicitly prohibits:

- The integration or transfer of any data whether in the form of IPC books, standards, metadata, or other formats — into AI engines or algorithms by any person or entity, including authorized distributors and their end users.
- Activities involving data harvesting, text and data mining, enrichment, or the creation of derivative works based on this data, including the use of automated data collection methods or artificial intelligence.

Any breach of these provisions is considered a copyright infringement unless expressly authorized in advance in writing by the Global Electronics Association.

## 改版履歴:

IPC-4552A – 2017 年 8 月  
IPC-4552 改訂  
1 & 2 – 2012 年 12 月  
IPC-4552 – 2002 年 10 月

本書のユーザーは、今後の改版時に自由に参加頂けます。

## 連絡先:

Global Electronics Association  
3000 Lakeside Drive, Suite 105N  
Bannockburn, Illinois  
60015-1249  
Tel 847 615.7100  
Fax 847 615.7105

# 目次

<b>1 適用範囲</b>	1	3.2	性能上の機能	16
1.1 目的	1	3.2.1	シェルフライブ	16
1.2 概説	1	3.2.2	湿度インジケータカード (HIC)	19
1.3 クラスの分類	1	3.2.3	アルミニウムワイヤー / 銅ワイヤー (ウェッジ) ボンディング	19
1.4 計測単位	1	3.2.4	接触面	19
1.5 要求事項の定義	1	3.2.5	EMI 遮蔽	19
1.6 工程管理の要求事項	2	3.2.6	導電性および / または異方性接着剤の界面 (はんだの代替として)	20
1.7 優先順位	2	3.2.7	コネクタ	20
1.7.1 矛盾事項	2	3.2.8	ENIG の限界	20
1.7.2 条項参照	2	3.3	外観	20
1.7.3 附属書	2	3.4	SAD (Selective Annular Ring Dewetting: アニュラリングに選択的に生じるディウエッ ティング)	21
1.8 「リード (英語: lead)」の表記について	3	3.5	仕上げ厚さ	22
1.9 略語と頭字語	3	3.5.1	無電解ニッケルの厚さ	22
1.10 用語および定義	3	3.5.2	置換金の厚さ	24
1.10.1 無電解プロセス	3	3.5.3	要求される厚さ範囲の例外	25
1.10.2 高活性の腐食性析出物	3	3.6	ニッケル腐食	27
1.10.3 置換プロセス	3	3.6.1	無電解ニッケル / 置換金の界面におけるフィ ーチャーの形態	28
1.10.4 メタルターンオーバー (MTO)	3	3.6.2	腐食レベルの定義	30
1.10.5 還元補助 (Reduction Assisted) 置換金 めっき別名: 混合反応 (Mixed Reaction) による置換金めっき	4	3.6.3	As めっきを施した ENIG 析出物の断面 による腐食レベル評価	32
1.10.6 SAD (Selective Annular Ring Dewetting: 選択的アニュラリングディウエッティング)	4	3.6.4	ENIG のベースライン策定	38
<b>2 関連文書</b>	4	3.6.5	ENIG の腐食性能モニタリング	38
2.1 IPC	4	3.6.6	製品評価 2 を示す基板において IMC 形成 を判定するためのオプション試験	39
2.2 Joint Standards	5	3.7	多孔性	40
2.3 ASTM International (ASTM)	5	3.8	密着性	40
2.4 JEDEC	5	3.9	はんだ付性	41
2.5 Defense Standardization Program	5	3.9.1	はんだ付性試験前の析出物へのストレス (応力) 付与	41
2.6 Telcordia Technologies, Inc.	5	3.9.2	作用力測定試験 (ウェッティングバランス試験)	41
2.7 International Electrotechnical Commission (IEC)	5	3.10	清浄度	42
2.8 International Organization for Standardization (ISO)	5	3.11	電解腐食	42
<b>3 ENIG 析出に関する要求事項</b>	6	3.12	耐薬品性	42
3.1 プリント基板の製作供給者に関 するプロセス要件	7	<b>4 品質保証規定</b>		42
3.1.1 めっきラインに関する一般要件	7	4.1	品質保証に関する一般規定	42
3.1.2 ENIG めっきを施した XRF 校正用標準器	12	4.1.1	認定に関する推奨事項	42
3.1.3 XRF のゼロオフセットの許容範囲	12	4.1.2	サンプル試験クーポン	42
3.1.4 プロセス認定における測定要件	13	4.2	品質適合試験	44
3.1.5 無電解ニッケル還元剤 - リンの含有量	14			
3.1.6 腐食レベルの評価を目的とした、めっき 析出物からの金剥離	16			

4.2.1	厚さ .....	44	図 3-1b	XRF ツール #1 からのデータのグラフ化と統計的評価 .....	9
4.2.2	認定されたプロセス .....	44			
附属書 1	略語と頭字語 .....	45	図 3-1c	XRF ツール #2 からのデータのグラフ化と統計的評価 .....	10
附属書 2	ENIG のプロセスシーケンス .....	47	図 3-1d	XRF ツール #3 からのデータのグラフ化と統計的評価 .....	11
附属書 3	XRF 機器を用いた薄い Au 層 (ENIG) の厚さ測定: 計測器 (検出器) に関する推奨とのその限界 .....	48	図 3-2	ヨウ化カリウム / ヨウ素剥離液 (KI / I <sub>2</sub> ): 滞留時間 15 秒 (左) vs. 同 60 秒 (右) .....	17
附属書 4	ENIG による PWB 表面仕上げにおけるウェットティングバランス試験 .....	50	図 3-3	シアン化物ベース溶液による剥離: 滞留時間 15 秒 (左) vs. 同 60 秒 (右) .....	17
附属書 5	IPC 4-14 SC による ENIG ラウンドロビンはんだ広がり試験 .....	68	図 3-4	集束イオンビーム (FIB) を用いた場合: シアン化物による剥離 (左) vs. KI/I <sub>2</sub> による剥離 (右) .....	17
附属書 6	ENIG へのワイヤーボンディング .....	74	図 3-5	拡大倍率 25,000 での FIB 画像 – シアン化物 (左) vs. KI / I <sub>2</sub> (右) – 滞留時間は同じ .....	18
附属書 7	スルーホールのはんだ付性試験 .....	75	図 3-6	欠陥フリーのニッケルをイオンミルで剥離したもの (左) vs. 高活性腐食を来したニッケル (右) .....	18
附属書 8	置換金めっきが原因による無電解ニッケルの腐食に関する評価 (金めっきの剥離後、拡大倍率 3000 倍にて評価) .....	90	図 3-7	湿度インジケータカード (HIC) の例 .....	19
附属書 9-A	ENIG におけるシアン化物剥離液を用いた金剥離 .....	95	図 3-8	均一なめっき .....	20
附属書 9-B	ヨウ化カリウム / ヨウ素 (非シアン化物) 剥離液を用いた、ENIG 金剥離手順の方法 .....	96	図 3-9	付着めっきまたはニッケルフット .....	21
附属書 9-C	ブロードビームアルゴンイオンミリングによる、ENIG 仕上げ PCB からの金めっき剥離方法 .....	98	図 3-11	エッジ部のブルバック .....	21
附属書 10	蛍光 X 線 (XRF) 分析による無電解ニッケル (EN) 層の厚さとリン含有量の測定 [IPC-TM-650, Method 2.3.44] .....	103	図 3-10	スキップめっき (Ni めっきなし) .....	21
附属書 11	電子分散型分光法 (EDS) による、ENIG に含まれるリン含有量の測定 .....	110	図 3-12	SAD (Selective Annular Ring Dewetting) の例 .....	22
附属書 12	無電解ニッケル置換金に関する規格書開発への取組み .....	115	図 3-13	SAD 欠陥のもう 1 つの例 .....	22
附属書 13	ガードバンドまたはゲージ補正係数を使用した、タイプ 1 ゲージ分析における測定値の不確実性への対応 .....	134	図 3-14	アニュラリングに選択的に生じるディウエッティング状欠陥 .....	22
附属書 14	高活性腐食の評価の実例 .....	139	図 3-15	従来のニッケル析出物の結晶粒構造 .....	23
			図 3-16	ダイナミック (フレキシブル回路) 用途に改良されたニッケル析出物の結晶粒構造 .....	23
			図 3-17	従来のニッケル析出物に生じた破壊の例 .....	23
			図 3-18	構造を改良したニッケル析出物: 同じサイクル数をかけても破壊が生じていない .....	23
			図 3-19	拡大倍率 1000 倍で観察した、ホールの一部に発生した複数のスパイク状欠陥の例 .....	28
			図 3-20	拡大倍率 1000 倍で観察した孤立したスプレッダー状欠陥の例 (40% 未満の場合はレベル 1 として評価) .....	29
図 3-1a	3 つの異なる XRF ツールによる繰返し測定データの例 .....	8	図 3-22	拡大倍率 1000 倍で観察した、腐食のタイ	

## 図

	ブによって浸透深さが異なるブラックバンド 状欠陥 (ギザギザ状) の例 …………… 29	図 3-44	位置 4 のワーク後の例 – 評価はレベル 0 (拡大倍率 1000 倍) …………… 36
図 3-21	拡大倍率 1000 倍で観察した、ホールの ニー部分に発生した複数のスプレッダー 状欠陥の例…………… 29	図 3-41	位置 1 のワーク後の例 – 評価はレベル 2 (拡大倍率 1000 倍) …………… 36
図 3-23	拡大倍率 1000 倍で観察した、視野の 最低 30% を覆う場合に不合格となるブラ ックバンドの例 …………… 29	図 3-43	位置 3 のワーク後の例 – 評価はレベル 2 (拡大倍率 1000 倍) …………… 36
図 3-24	ニッケル析出物に生じたクラックの例 (拡大 倍率 1000 倍) …………… 30	図 3-45	位置 5 のワーク後の例 – 評価はレベル 2 (拡大倍率 1000 倍) …………… 36
図 3-25	レベル 0 の腐食の例 – ホールのニー部分 (拡大倍率 1000 倍) …………… 31	図 3-48	ワーク後の例の製品評価 …………… 37
図 3-27	レベル 1 の腐食 – SMT フィーチャー (拡大 倍率 1000 倍) …………… 31	図 3-46	位置 6 のワーク後の例 – 評価はレベル 0 (拡大倍率 1000 倍) …………… 37
図 3-26	レベル 0 の腐食の例 – SMT フィーチャー (拡大倍率 1000 倍) …………… 31	図 3-47	位置 7 のワーク後の例 – 評価はレベル 0 (拡大倍率 1000 倍) …………… 37
図 3-28	レベル 1 の腐食 – ホールのニー部分 (拡大 倍率 1000 倍) …………… 31	図 3-49	製品評価記録用に作成したランチャート の例…………… 38
図 3-29	レベル 2 の腐食 – ホールのニー部分 (拡大 倍率 1000 倍) …………… 32	図 3-50	許容可能な連続した IMC 層の例 (拡大 倍率 1000 倍) …………… 40
図 3-31	レベル 3 の高活性腐食 – ホールのニー部分 (拡大倍率 1000 倍) …………… 32	図 3-51	不合格となる非連続の IMC 層の例 (拡大 倍率 1000 倍) …………… 40
図 3-30	レベル 2 の腐食 – SMT フィーチャー (拡大 倍率 1000 倍) …………… 32	図 3-52	IMC がほとんど / まったく形成されていない 不合格の例…………… 40
図 3-32	レベル 3 の高活性腐食 – SMT フィーチャー (拡大倍率 1000 倍) …………… 32	図 3-53	レベル 2 の腐食を伴うスルーホールで、 アニュラリングに IMC がほとんど / まったく 形成されていない不合格の例 (拡大倍率 1000 倍)…………… 41
図 3-33	エッチング定義による PTH …………… 33	図 3-54	標準的な IPC の荷重測定用クーボン …………… 41
図 3-35	ソルダマスク定義による SMT パッド …………… 33		
図 3-34	ソルダマスク定義による各フィーチャー…………… 33		
図 3-36	エッチング定義による SMT パッド (めっきさ れていない PTH は SMT パッドとして扱う) … 33		
図 3-37	製品評価用スプレッドシート (未記入)…………… 34		
図 3-38	5 枚の異なるパネルに関する製品評価 の例…………… 35		
図 3-39	製品評価に基づくディシジョンツリー …………… 35		
図 3-40	腐食を評価するスルーホール (拡大倍率 25 倍)…………… 36		
図 3-42	位置 2 のワーク後の例 – 評価はレベル 1 (拡大倍率 1000 倍) …………… 36		
			<b>表</b>
		表 3-1	無電解ニッケル / 置換金めっきに関する要求 事項 …………… 6
		表 3-2	12 回の繰り返し測定による Au の測定値と 平均値 …………… 13
		表 3-3	4 四半期におけるリン含有量分析 (例) …… 15
		表 3-4	XRF データセットの 3 例 ( $\mu\text{m}$ [ $\mu\text{in}$ ]) …………… 24
		表 3-5	XRF データセットのもう 1 つの例 ( $\mu\text{m}$ [ $\mu\text{in}$ ])… 25
		表 3-6	各位置の腐食レベルの特定 …………… 30
		表 3-7	腐食調査に基づく製品評価 …………… 34
		表 4-1	推奨される製作者認定計画 …………… 43
		表 4-2	ロットサイズによる C=0 不良ゼロ合格抜き 計画 (不良ゼロプログラム)1…………… 44

# プリント基板用無電解ニッケル / 置換金 (ENIG) めっきの性能仕様

## 1 適用範囲

この性能仕様は、はんだ付、ワイヤーボンディングおよび接点の仕上げ等の用途における無電解ニッケル / 置換金 (ENIG) の析出厚さに関する要件を定めるものである。本書の対象読者は、化学品供給者、プリント基板製造者、電子機器製造サービス (EMS) および相手先商標製品製造業者 (OEM) を想定している。本規格書は IPC-6010 シリーズ (IPC-6012、IPC-6013、IPC-6018) の規格書に加えて、性能要件を満たすための受入基準を規定する際に使用してもよい。本書を用いて指定する ENIG の析出物は、「J-STD-003 printed board solderability specification」に規定される最上位のコーティング耐久性等級に適合することになる。

本仕様書は、次の 3 つの重要な要因に基づき策定されている：

- 1) この ENIG めっき工程は、ニッケルと金の析出厚さが統計学的に正規分布になるように管理されている。
- 2) 析出物の測定や工程管理に使用するツールは、指定の厚さ範囲に関し正確で再現性がある。
- 3) この ENIG めっき工程では、均一な析出特性がもたらされる。

これら 3 つの重要な要因のいずれかが満たされない場合、生成される析出物は、ここに定義する性能基準を満たさないことになる。

**1.1 目的** 本仕様書では、表面仕上げ (表面処理) としての ENIG に特有の要求事項を定めている (これらの要求事項の概要については表 3-1 を参照のこと)。

**1.2 概説** ENIG は、薄い置換金 (IAu) の層でキャップされた無電解ニッケル層である。これははんだ付、アルミニウムと銅のウェッジワイヤーボンディング、プレスフィット (圧入) 接続部、および接触面に対して適用可能な多機能表面仕上げである。置換金層は、その耐用年数の間、下地のニッケルを酸化 / 不動態化から保護する。しかしながら、この層は不浸透性ではないため、「ASTM B735」や「IPC-TM-650, Method 2.3.24、2.3.24.1、2.3.24.2」で定義されている「古典的」な有孔度試験の要件には合格しない。

**1.3 クラスの分類** IPC 規格は、電気および電子組立品が完成した最終製品の用途によるクラス分類に従うことを認めている。製造可能性、複雑性、機能的な要求性能および検証 (検査 / 試験) 頻度における違いを考慮し、一般的な最終製品を以下の 3 つのクラスに分類する。機器の分類が、クラス間にまたがる可能性があることを認識しておくことが望ましい。

### クラス 1 一般的なエレクトロニクス製品

製品の主な要求事項が、完成した電子組立品の機能と同じであるという用途に相応する製品。

### クラス 2 特定用途のエレクトロニクス製品

継続的な性能と長寿命が要求され、かつサービスが中断しないことを要求されるが、それが重要な要素ではない製品。一般的に、最終使用環境が故障の原因とはならない。

### クラス 3 高性能 / 過酷な環境で動作するエレクトロニクス製品

継続的な高性能、または要求に応じて機能することが重要であり、機能の停止は認められず、最終使用環境は極めて厳しく、また生命維持やその他の重要システムのように必要時に応じ、機能しなければならない製品。

**1.4 計測単位** 本仕様書の寸法および公差はすべて、SI (メートル法) 単位と括弧で表記するインペリアル [インチ法] 単位で表示される。本仕様書のユーザーは、メートル法による寸法を使用することが想定される。1 mm [0.0394 in] 以上の寸法はすべてミリメートルとインチで表示される。1 mm [0.0394 in] 未満の寸法はすべてマイクロメートルとマイクロインチで表示される。

**1.5 要求事項の定義** 材料、準備作業、工程管理または許容に対する要求事項がある箇所では、「～すること (shall)」または「～しないこと (shall not)」という表現が本書の文章において使用されている。