

プラスワン・ソリューション

信頼性技術セミナー



信頼性技術セミナー項目

1) 信頼性評価試験

一般的な信頼性評価試験及び解析手法のご紹介

2) LED照明の信頼性評価事例

LED照明機器を例にして障害事例から具体的な対策技術をご紹介

3) アースとノイズ 電子回路の障害原因となる一般的なアースとノイズ

4) ノイズの検証とコンサル事例

ノイズ検証実験と具体的な対策事例の留意点と紹介

5) 電子部品の信頼性評価・解析

電子部品の評価ポイントと加速試験の概要

6) 热設計の基礎と冷却技術 热解析技術とシミュレーション技法

7) 信頼性工学入門

信頼性確率分布、加速寿命試験、ワイプル確率紙

8) パワーデバイスの課題と評価対策

要求性能と期待、実装技術、評価方法、良品解析

9) はんだ接続課題と評価

はんだの種類と融点、鉛フリーの懸念事項、劣化要因、信頼性評価

10) 車載用電子部品の信頼性評価

信頼性の作り込みと評価技術、電子部品の要求品質と調達

11) 热過渡解析による热特性評価

热解析の必要性、热過渡解析、構造関数、JEDEC準拠、減圧下の解析

12) 信頼性試験および環境試験 環境試験、実装評価試験

13) 故障解析の基礎講座 故障要素・メカニズム、解析の流れ、解析事例

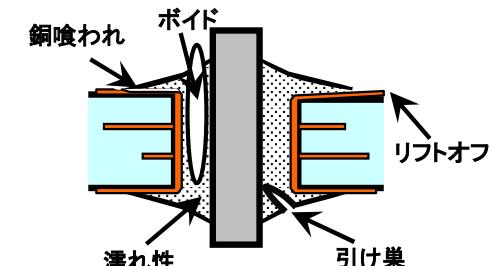
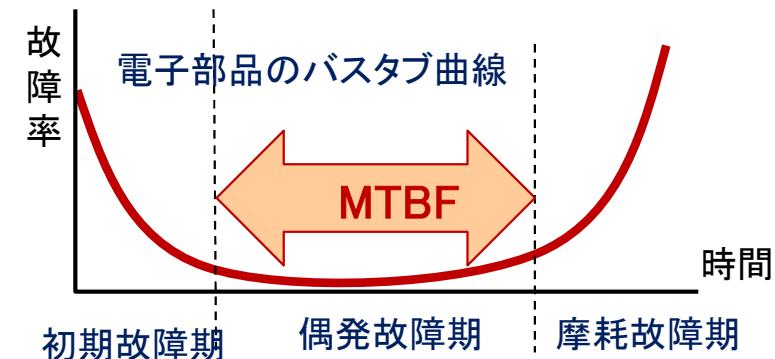
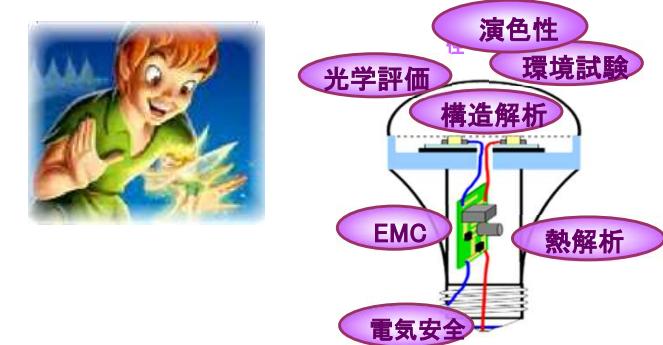
14) 電子部品の加速試験 加速試験、車載信頼性試験、EOS破壊事例

15) 電子デバイスの良品解析とLSIプロセス診断 IC/LSIを対象とした良品解析 (LSIプロセス診断)

16) 電子部品の品質評価試験と不良防止および品質トラブル解決の実践ポイント

～ 製品開発ステップ毎の品質の作り込み、効果的な品質評価試験方法、実務経験に基づく品質評価の相談と障害対策事例～

注記:5～15項は協力会社の支援により開催しました



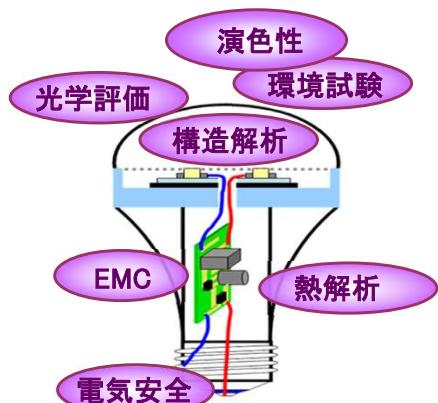
1) 信頼性評価試験



- **特性評価** … 部品(電子デバイス・電子部品等)・材料等の電気特性／機械特性／物理・化学的特性の評価
- **信頼性試験** … 部品・ユニット等の使用期間中の故障発生を予測ないし予防するため、
故障を誘発する加速条件下でテストし、故障率や 寿命を推定
- **劣化調査** … 部品等の劣化状態を物理的または化学的に調査したり、加速試験により余寿命を推定
- **故障解析** … 部品・ユニット等の故障品の状況を把握し、電気特性の測定や様々な
観察・解析をすることにより故障原因を究明
- **良品解析** … 部品・ユニット等の状態や欠陥の観察から、将来故障に至る危険性を推定
- **観察・元素分析** … 部品・材料等の正確な解析・分析をおこなうため、微細構造を観察したり、元素を分析
- **環境試験** … 部品・装置・材料等に対して、特殊環境下(恒温恒湿試験・高温/低温動作・
特殊ガス試験・噴霧試験・塵埃試験・振動試験・衝撃試験等)で耐久性を調査
- **静電気放電試験** … LSIのESDやラッチアップ印加試験と特性、CDMモデルの放電試験
- **LSI特性評価** … LSIテスタによる特性測定と評価、バーイン試験、スクリーニング、車載用IC評価
- **EMC試験** … EMI/EMS試験、各種認証試験(VCCI、CE、NVLAP等)、EMC対策コンサル
- **製品安全試験** … 情報処理装置、計測制御機器、医用機器等、国際、日本、北米、欧州の安全規格評価
- **化学分析試験** … 樹脂成分分析・熱特性測定、シロキサン分析、有害物質分析(RoHS・REACH)

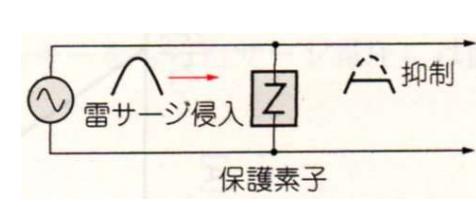
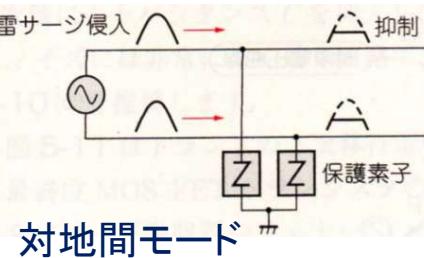
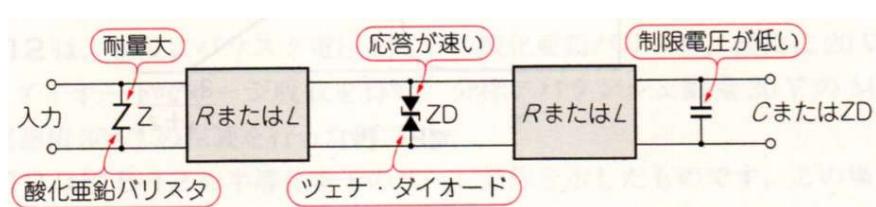
2) LED照明の信頼性評価事例

- 热解析 … 高輝度照明のための放熱対策 部品寿命劣化/焼損
- 光学測定 … 放射束、全光束、三刺激値、輝度及び配光特性評価
- 構造解析 … LED素子の潜在的欠陥の観察/分析、封止材(シリコン/エポキシ等)の透過性
- 環境試験 … 恒温恒湿試験、高温/低温動作、温湿度サイクル試験、
防水/塵埃(ほこり)、塩水噴霧、ガス腐食試験、落下・衝撃試験
- EMC試験 … 照明機器規格・電気用品安全規格・情報機器規格+ α の評価、EMC対策コンサル
- 製品安全試験 … 電気用品安全規格(PSE)の技術基準、耐熱性・絶縁材料・フェイルセーフ検証
- 演色、その他 … 演色性と明るさの評価分析、ブルーライト、比視感度



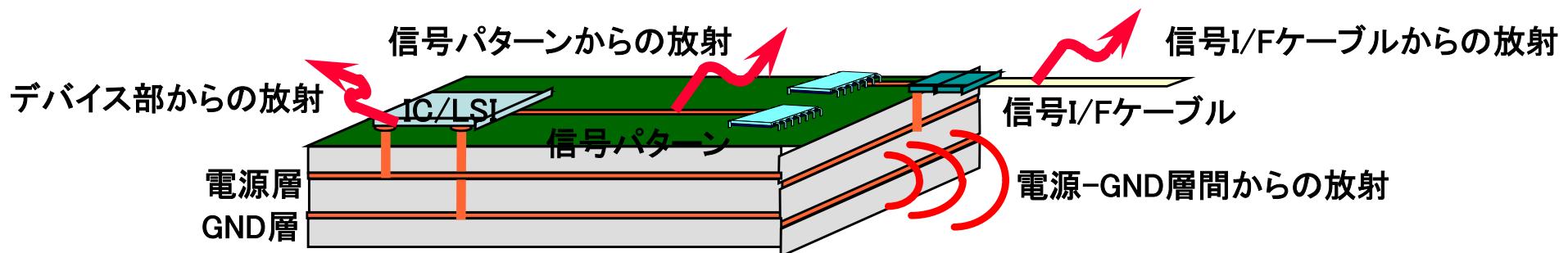
3) アースとノイズ

- 信頼性と熱 … 電子機器の信頼性は放熱対策が鍵
- 部品の選定 … 部品の定格は1W当たりの表面積で選定
- ノイズの発生と対処法 … ノイズの発生源・伝播経路・影響を受けるものを見極める
- グランドパターン … アース・フレームグランド・シグナルグランドの区別と各電位差を解消
- ノーマルとコモンモード … 伝導ノイズと放射ノイズ、伝導ノイズはノーマルとコモンノイズを見極める
- 電源ノイズ … 電源とグランド間のインピーダンスを下げる
- デジタルとアナログ信号ノイズ … 信号線とグランド間のノイズ成分を見極めて対策
- 高周波ノイズ … 高周波成分の進行波と反射波を考慮、
- 雷サージ … 誘導雷には対地間モードと線間モードがある
- ノイズ対策 … アルミ電解コンデンサ、バイパスコンデンサ、ダンピング抵抗の正しい活用
- インダクタとフィルタ … ノイズ帯域に合わせてHPF/LPFを活用
- 対策事例 … アースパターン・1対N配線対策・ケーブルルート対策等



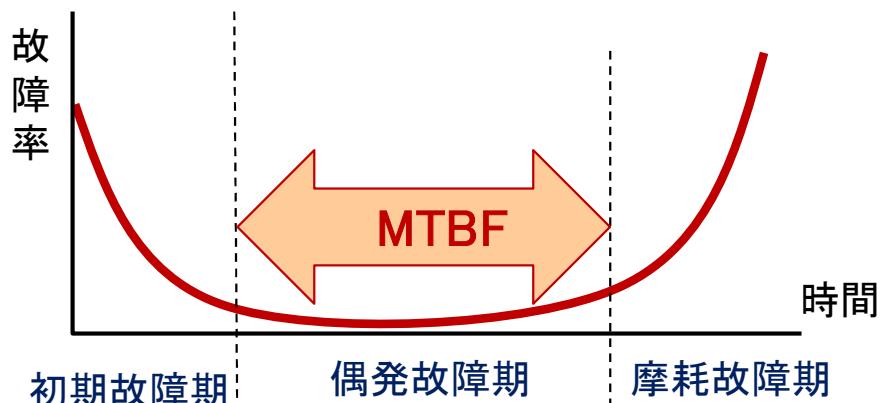
4) ノイズの検証とコンサル事例

- **シミュレーション** … 伝送波形シミュレーションとEMCシミュレーション、放射ノイズのメカニズム
- **回路波形と放射** … 信号波形・電流波形と放射ノイズ、信号負荷条件、基板端からの距離
- **ケーブルと筐体モデル** … 装置内ノイズとケーブルノイズ
- **基板からの放射** … 信号パターンからの放射解析、電源-グランド層からの放射解析
デバイスからの放射解析、プリント基板下の金属板による影響
- **EMC対策** … 信号線からの放射、電源-GRD間からの放射、ICからの放射、
接続ケーブルからの放射
- **静電気放電** … 放電電流ルートの推定、ノイズ伝達ルートの推定、誤動作部分の推定
- **放射ノイズ対策** … 筐体対策、基板対策、回路対策
- **回路基板対策** … デバイスの対策、信号パターンの対策、電源-GND層の対策
信号I/Fケーブルの対策



5) 電子部品の信頼性評価・解析

- 信頼性評価の重要性 … 市場故障と信頼性、電子機器メーカーの評価、
- 部品調達 … 部品メーカーの信頼性、部品調達のポイント、部品選定の評価方法
- 部品搭載(実装基板) … 実装基板の課題、頻度の高い故障メカニズム
- 部品の信頼性仕様 … 信号パターンからの放射解析、電源-グランド層からの放射解析
デバイスからの放射解析、プリント基板下の金属板による影響
- 製品の信頼性仕様 … 加速試験による寿命の求め方、信頼性試験・環境試験
- 故障解析 … 市場故障の解析、実装基板の故障解析



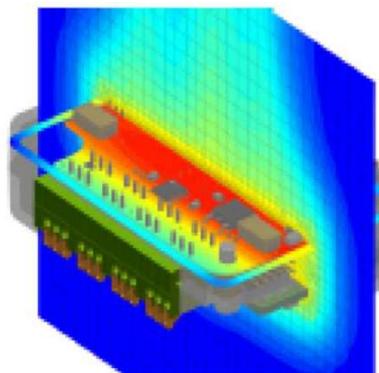
参考書



6) 熱設計の基礎と冷却技術

- 热設計のトレンド … パワエレで熱設計が重要な理由、汎用品の小型化、IGBTチップの放熱、パワーモジュールの高密度小型化、パワエレの熱問題事例と対策
- 放熱のメカニズムと熱対策 … 热の課題、伝熱現象の共通基礎式、熱設計の考え方、放熱の経路、熱等価回路と熱抵抗、熱対策
- パワーモジュールの熱対策 … HEVの熱対策、パワーモジュールの冷却、直冷式/両面式冷却構造
- 放熱材料・デバイスの動向 … 高温熱接合技術、Cu焼結材、ナノ銀接合材、ヒートシンク
- パワーモジュールの信頼性評価 … T3Sterによる構造関数、デバイスの劣化評価

《参考文献》



日刊工業新聞社
2012年7月



日刊工業新聞社
2015年9月



オーム社
2015年

注記:本講演は(株)サーマルデザインラボの国峯尚樹様のご協力によります。

7) 信頼性工学入門

■ 信頼性と故障 … 用語の定義、故障の尺度、システムの信頼性、設計アセスメント

FMEA、FTA、故障率の算出、故障率曲線、スクリーニング、ディレーティング

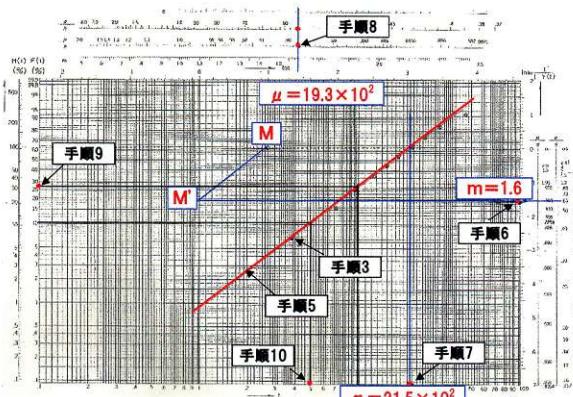
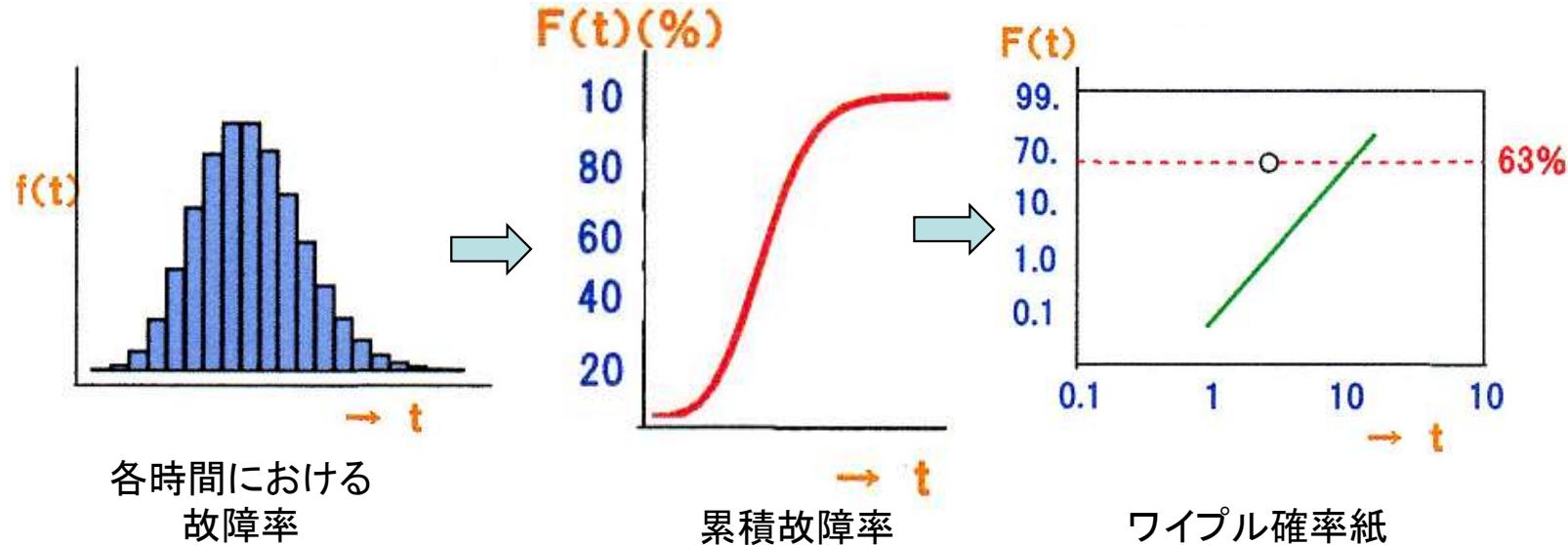
■ 信頼性における確率分布 … 指数分布、正規分布、対数正規分布、ワイブル分布、ポアソン分布

■ 加速寿命試験 … 加速寿命試験の基礎、活性化エネルギー、加速寿命推定、反応速度定数

各種温度係数、温度サイクル試験による加速、積層セラミックコンデンサ耐用年数

加速式と加速係数、DCモータファンの受尿特性、フレキシブル基板の寿命特性

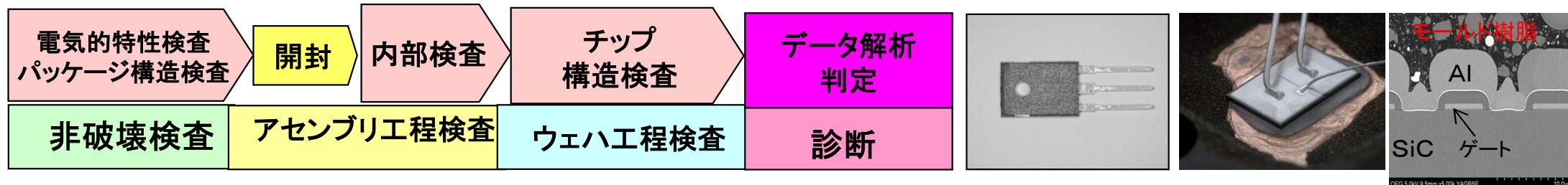
■ ワイプル確率紙 … ワイプル確率紙の使用方法



ワイプル確率紙プロット手順

8) パワーデバイスの課題と評価対策

- **要求される性能** … パワーデバイスの用途・仕事・構造、Si-MOSFET、IGBT、ワイドギャップ半導
- **期待と課題** … SJ-MOSFET、SiC-MOSFET、GaN-MOSFET
- **SiC実装技術と課題** … ダイヤタッチの課題と材料、ボンディングワイヤの課題と材料
モールド樹脂の課題と材料
- **SiCの評価方法** … パワーデバイスの課題と評価方法、FETのアバランシェ耐量試験
パワーサイクル試験、過渡熱解析、SiCの課題と評価法
- **良品解析** … 加速試験による劣化、SiC良品解析、超音波試験、X線CT検査、ワイヤ強度試験
パッケージ断面検査、チップ表面検査、劣化解析と判定、劣化メカニズム、SiC解析事例

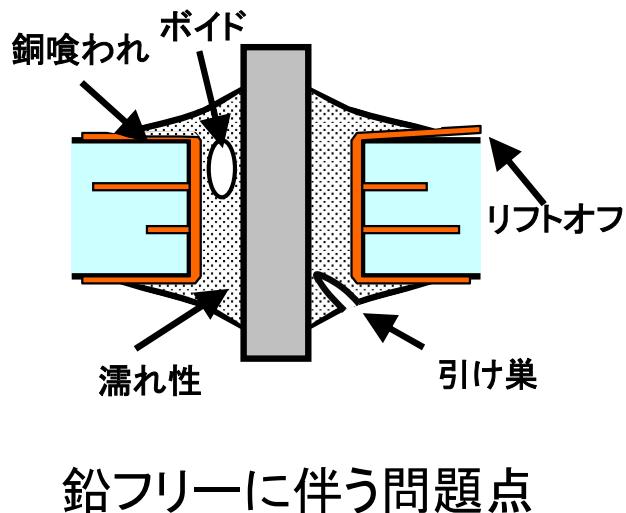


SiCデバイスの良品解析

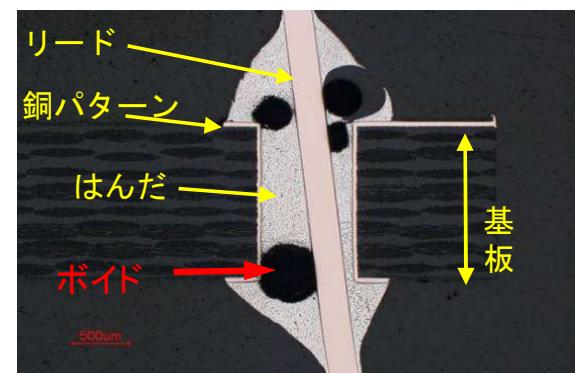
SiC-MOSFET

9) はんだ接続課題と評価

- はんだの種類と融点 … 電子機器への影響、クリームはんだ印刷、各種共晶はんだ融点
- 鉛フリーはんだの懸念事項 … Pbフリーはんだの懸念事項
- 基板実装時の問題 … ボイド、ブラックパッド、リフトオフ、引け巣、銅喰われ
- はんだ接続の劣化要因 … 強度の経年劣化、クリープ現象、熱疲労現象
- はんだの信頼性評価 … 接合強度、ウィスカ、マイグレーション、耐衝撃性・耐振動性、評価項目
- はんだ接合部の断面観察例 … チップ抵抗、ネジのウィスカ、ICリード、はんだ上り、濡れ性、クラック、BGA断面、はんだペースト、EPMA分析



合金系	融点
Sn-Cu-Ni系	227°C
Sn-Ag系 Sn-Ag-Cu系	227°C 219°C ← 鉛フリー
Sn-Ag-Bi-In系	208°C
Sn-Zn系	199°C
Sn-Pb系	183°C ← 従来



10) 車載用電子部品の信頼性評価

■ 電子機器の信頼性の作り込みと必要な評価技術

… 自動車メーカーからの要求、セットメーカーに必要な技術と信頼性、電子機器の故障要因

■ 車載用電子機器に用いられる部品

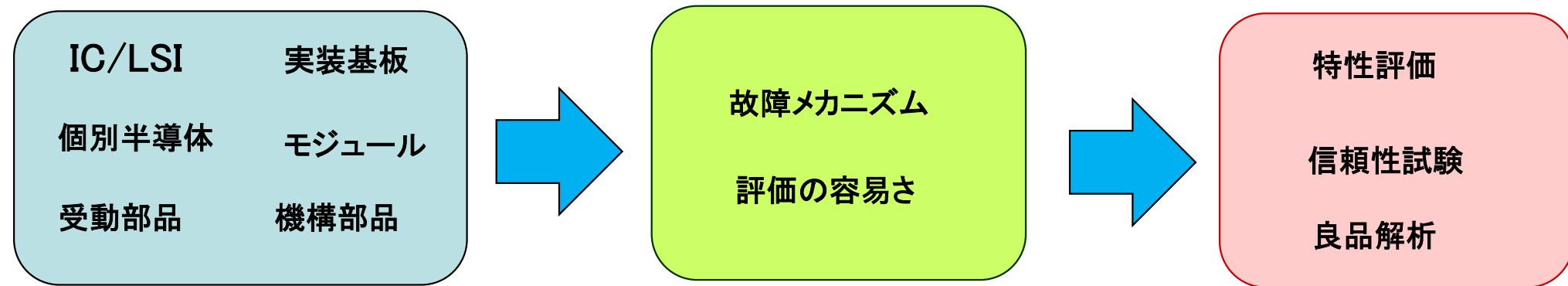
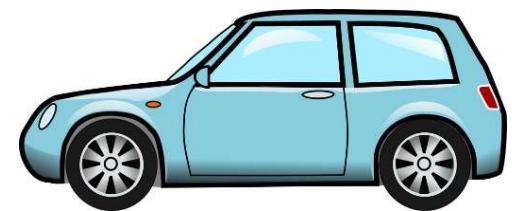
… 主要な電子機器の校正、車載用マイコン、パワーデバイス

■ 電子部品への要求

… 車載用電子部品に関する規格・仕様及び信頼性の作り込み

■ 部品調達

… 部品調達のポイント、部品調達のための評価法



品質・信頼性評価

11) 热過渡解析による热特性評価

■ 热特性解析の必要性

… 発热量の増加による半導体の破壊、熱抵抗の最適測定

■ 従来の評価手法

… TEGや実素子を使用したメリット・デメリット

■ 热過渡特性解析 測定の流れ

… 热過渡解析装置のシステム構成

■ 構造関数

… 温度の過渡特性から熱抵抗・熱容量を算出

■ JEDECに準拠した熱過渡解析と留意点

… デバイスの熱飽和時間、冷却系の容量、測定環境、実デバイスの熱流路

■ 減圧条件下での熱過渡特性解析

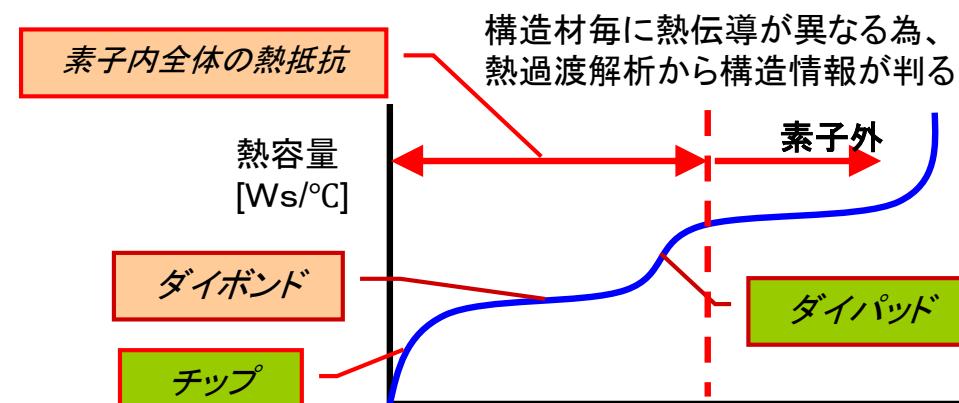
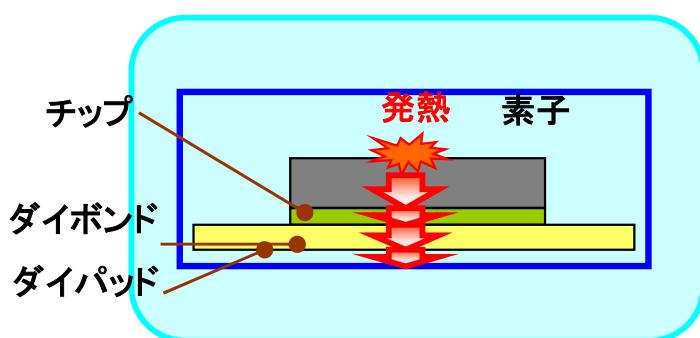
… Total R_{th}の増加傾向、熱容量の低下、取得温度変化

■ LEDの熱特性

… 光特性と熱特性の同時取得

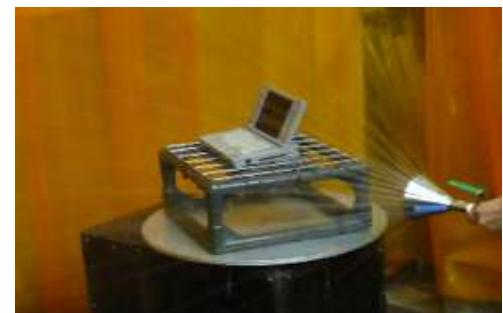
■ 測定事例

… 複数メーカLED電球製品比較



12) 信頼性試験および環境試験

- 信頼性試験 …… 熱ストレス、水分/湿度ストレス、温度急変ストレス
- 環境試験 …… 耐塩水、混合ガス、耐候性
- 実装評価試験 … 半田強度/濡れ性、イオンマイグレーション、ウィスカ



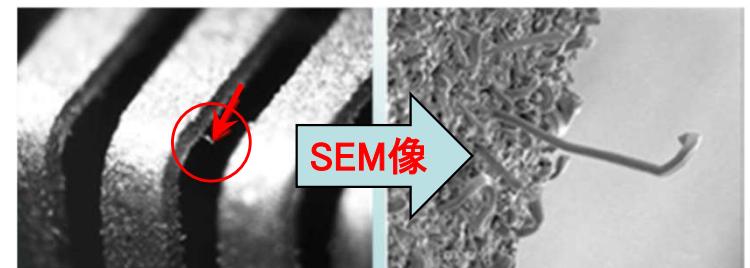
散水試験(IPx3/4)



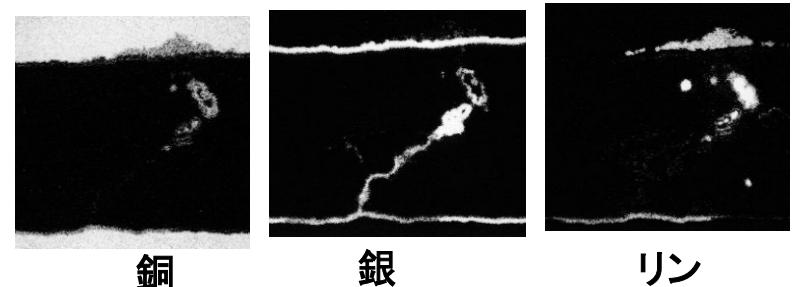
複合試験機(振動+温湿度)



恒温恒湿槽(室)



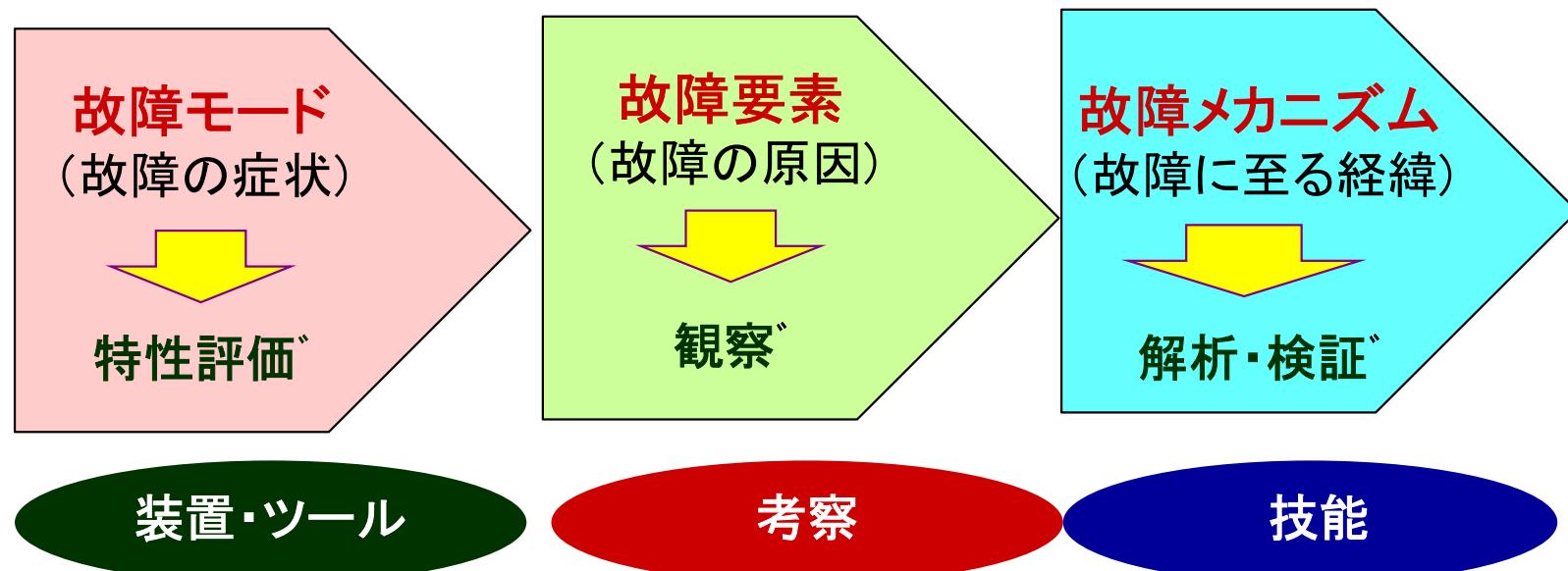
ICリード表面のウィスカ



マイグレーション試験(EPMA分析)

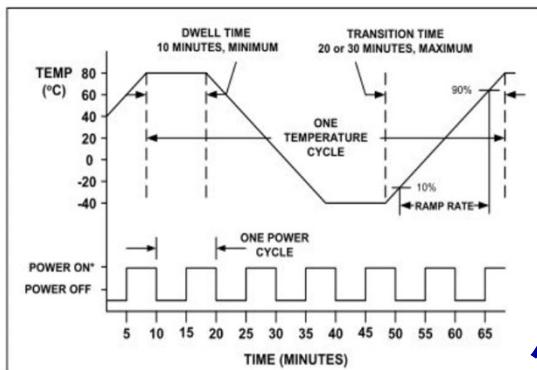
13) 故障解析の基礎講座

- はじめに …… 故障と故障解析／故障解析の目的／故障モード
- 故障要素・メカニズム …… 受動部品、
ウェハ・プロセス(基本構造と故障モード／故障要素／信頼性に関する故障メカニズム)、
アッセンブリ・プロセス、実装基板
- 故障解析 …… 電子機器の回路、故障解析の流れ(電子機器/電子部品)、解析ツール、解析事例



14) AEC-Q100に準拠した信頼性評価試験

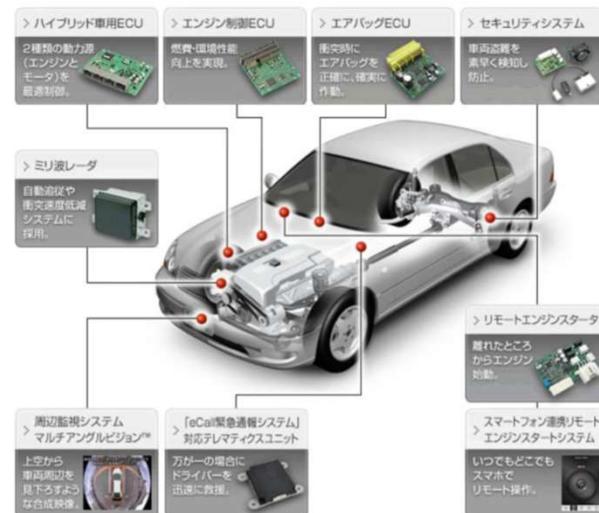
- バスタブ曲線
- 加速モデル …… 反応論(アレニウス)モデル、アイリングモデル、
MIL-HDBK-217F「部品ストレス解析予測法」
- 加速試験事例の紹介 …… フレキシブル基板のイオンマイグレーション試験、
フォトカプラの高温動作試験、トランジスタの高温動作試験(微小な変化をt分布検定で検出)
IEC62506(Methods for product accelerated testing)、HALT試験
- 車載用信頼性試験 …… 規格がある試験(AEC-Q100試験規格)、ESD破壊事例の紹介
規格がない試験(コンデンサ突入電流試験、アバランシェ試験)
- 車載用部品のEOS破壊事例の紹介



AEC-Q100
パワー温度サイクル試験

* Power cycle need not be synchronized with temperature cycle.

Figure 1 - Typical power and temperature cycle test condition



車載用ECU

15) 電子デバイスの良品解析とLSIプロセス診断

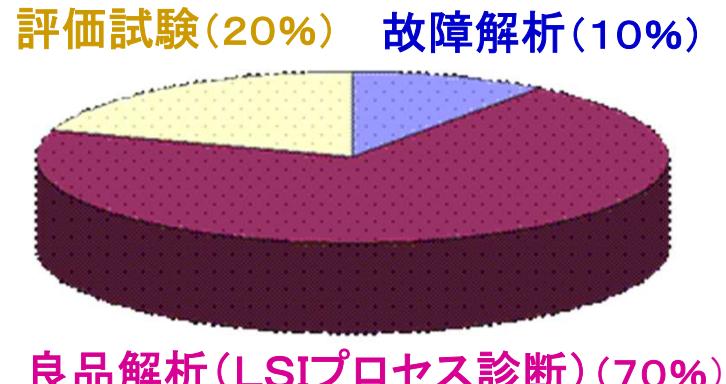
■ 良品解析とは …… 故障解析の限界と本質的対策、

良品解析とは何か」

■ IC/LSIを対象とした良品解析(LSIプロセス診断)の紹介

■ その他各種デバイスの良品解析実施例 ……パワーデバイス、実装基板、太陽電池、MEMS、受動部品、LED

■ まとめ



【自動車関連企業殿からの実績】

54評価項目

独自診断基準

採点

【良品解析】

欠陥項目	工程名	欠陥項目	工程名	欠陥項目
1	電極・配線形成 I	21	電極・配線形成 I	ボイド、傷
2	電極・配線形成 I	22	電極・配線形成 I	異物混入、汚染
3	電極・配線形成 I	23	電極・配線形成 I	オーバーエッジング(層間絶縁膜)
4	電極・配線形成 I	24	電極・配線形成 II	接続部のカバレッジ(チーバー接続)
5	電極・配線形成 II	25	電極・配線形成 II	アライメント(マスク合わせ)の不整合
6	電極・配線形成 II	26	電極・配線形成 II	層間接続部(アスペクト比)
7	電極・配線形成 II	27	電極・配線形成 II	層間接続部(開口比)
8	電極・配線形成 II	28	電極・配線形成 II	層間接続部不良(層構造問わず)
9	電極・配線形成 II	29	電極・配線形成 II	コントラクト下層Siの結晶欠陥
10	電極・配線形成 II	30	電極・配線形成 II	コントラクト部のSジグニユール(AI単層)
11	電極・配線形成 II	31	電極・配線形成 II	アロイズバイク(AI単層)
12	電極・配線形成 II	32	電極・配線形成 II	ボイド、埋込不良(ブレグ接続)
13	電極・配線形成 II	33	電極・配線形成 II	物異常
14	電極・配線形成 II	34	電極・配線形成 II	層間接続部(アスペクト比)
15	電極・配線形成 II	35	電極・配線形成 II	層間接続部不良(層構造問わず)
16	電極・配線形成 II	36	電極・配線形成 II	コントラクト部のSジグニユール(AI単層)
17	電極・配線形成 II	37	電極・配線形成 II	アロイズバイク(AI単層)
18	電極・配線形成 II	38	電極・配線形成 II	ボイド、埋込不良(ブレグ接続)
19	電極・配線形成 II	39	電極・配線形成 II	物異常
20	電極・配線形成 II	40	電極・配線形成 II	層間接続部(アスペクト比)

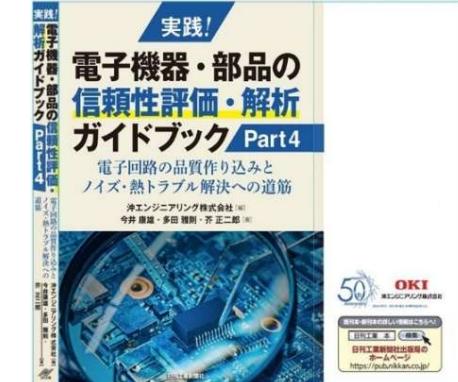
採点分類	採点ランク	判定
Excellent	1000	合格
Very good	751～999	
Good	501～750	
Passing	251～500	
Below averaging	1～250	
Failure	0	不格

16) 電子部品の品質評価試験と不良防止および品質トラブル解決の実践ポイント

～ 製品開発ステップ毎の品質の作り込み、効果的な品質評価試験方法、
実務経験に基づく品質評価の相談と障害対策事例～

第1章 品開発ステップ毎の品質の作り込み

- | | | |
|-----------|----------------------|----------------|
| (1). 要求品質 | ・目標品質の明確化 | |
| (2). 設計品質 | ・部品選定、回路設計、基板設計、筐体設計 | |
| (3). 製造品質 | ・環境試験・実装評価・電磁波ノイズ評価 | ・製品安全評価・有害物質評価 |
| (4). 受入検査 | ・検査仕様書・部材調達・不良品対策 | |
| (5). 市場品質 | ・市場クレーム・故障解析・PL責任 | |



第2章 効果的な品質評価試験方法

- (1). 様々な評価方法
 ・部品情報の把握 ・環境試験 ・実装評価試験 ・余命試験 ・EMC 評価試験 ・製品安全試験
 ・構造解析 ・化学分析 ・機器校正

(2). 本当に必要な試験を効果的に実施するために

第3章 深刻な誤動作や故障の発生原因と対策

- | | | | | |
|-------------------|------------------------|--------------------|----------|--------------|
| (1). 熱対策 | ・電子装置の熱設計 ・冷却方法、温度と故障率 | ・放熱効果部品の選定 | | |
| (2). 電子回路ノイズと対策 | ・ノイズの種類 | ・ノイズの発生モデル | ・グランドノイズ | ・ノイズの伝わり方と対策 |
| | ・ノーマルモードとコモンモード | ・スイッチング電源ノイズ対策 | ・矩形波ノイズ | ・高周波ノイズ |
| | ・高周波パルス信号の配線ノイズ | ・ダイポールアンテナとループアンテナ | ・電界と磁界 | ・静電気ノイズ |
| (3). プリント基板のノイズ対策 | | | | ・雷サージ |

第4章 品質評価の相談と障害対策事例

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| (1). エレベーター制御基板のEOL対策 | (2). 屋外設置製品の提案と耐久性評価 |
| (3). 高精度抵抗器の故障解析 | (4). ダイヤルキーの接触不良解析 |
| (5). 工場製造ラインの誤動作対策 | (6). 海外製液晶テレビの障害対策 |
| (7). リチウムイオン電池の焼損事故解析 | (8). LED照明の豆知識 |