

## 第1章 熱膨張・収縮の諸問題と対策概説

### 第1節 マイクロエレクトロニクス実装分野での熱膨張・収縮に起因する諸問題

1. アルミナ/ガラス複合体
  - 1.1 熱膨張特性
  - 1.2 熱衝撃性
2. LTCC
  - 2.1 熱膨張特性
  - 2.2 熱衝撃性
  - 2.3 熱収縮
3. 熱疲労

### 第2節 高分子における熱膨張機構と低減対策

1. 熱膨張機構
  - 1.1 固体(結晶, ガラス)
  - 1.2 液体
  - 1.3 高分子
2. 高分子の熱膨張係数の低減
  - 2.1 自由体積の膨張の抑制
  - 2.2 ゴムの収縮力
  - 2.3 高分子の配向
  - 2.4 透明性を保持したままでの線膨張係数の低減
  - 2.5 充填剤の使用(複合材料)

### 第3節 複合材料化による熱膨脹収縮対策

1. フィラー混練法
2. 複合材テイラーリング法
3. 熱構造法
  - 3.1 一方向リブを想定する熱構造法
  - 3.2 クロスリブを想定する熱構造法
  - 3.3 円筒構造における熱構造法の適用例

### 第4節 設計技術の開発による熱膨脹収縮対策

1. 熱膨脹とは
  - 1.1 線膨脹率
  - 1.2 熱応力の発生
  - 1.3 部材の熱膨脹の差による故障対策
2. 熱膨脹を防ぐ方法
  - 2.1 汎用熱流体シミュレーションソフト
  - 2.2 熱回路網法
    - 2.2.1 熱抵抗
    - 2.2.2 熱回路網法の定式化

### 3. 電球型蛍光灯の熱設計

- 3.1 電球型蛍光灯の伝熱モデル
- 3.2 熱回路網法
- 3.3 方程式系
- 3.4 熱抵抗の定式化
- 3.5 解法
- 3.6 計算値と実測値の比較
- 3.7 熱シミュレーションの応用

## 第2章 熱膨張・収縮対策にむけた材料開発と設計改良

### 第1節 負熱膨脹材料による熱膨脹制御

1. 固体の熱膨脹
2. 負熱膨脹性マンガン窒化物
  - 2.1 負熱膨脹を生み出すメカニズム
  - 2.2 逆ペロフスカイト型マンガン窒化物
3. 熱膨脹可変複合材料
  - 3.1 複合則
  - 3.2 金属複合材料
  - 3.3 樹脂複合材料

### 第2節 負熱膨脹性フィラーの開発

1. 負熱膨脹性物質
2. 負熱膨脹性の発現機構
3. 負熱膨脹性フィラーの線熱膨脹係数の測定
4. 負熱膨脹性フィラーの要求特性とリン酸ジルコニウムの適応性
5. 負熱膨脹性フィラーの用途と応用例
6. 今後の展開

### 第3節 低ソリ・低熱膨脹化するための球状シリカ

1. シリカとは
2. 球状シリカの特性
3. 球状シリカの用途
4. 球状シリカの製造プロセス
  - 5.1 粒度分布の設計
  - 5.2 球状シリカ超微粉の設計
  - 5.3 粒子形状の設計
5. 球状シリカの高充填技術
6. 球状シリカの製品開発トレンド
7. 球状シリカ超微粉
8. その他フィラー

## 第4節 低熱膨張性耐熱樹脂とその透明プラスチック基板への適用

1. 低熱膨張特性はどのようにして発現するか
  - 1.1 低熱膨張特性を示す高分子系の構造的特徴
  - 1.2 CTE と面内配向度との関係
  - 1.3 キャスト製膜過程で誘起されるPAA鎖の面内配向
  - 1.4 熱イミド化反応過程で誘起されるPI鎖の面内配向
  - 1.5 PAA段階での配向操作
  - 1.6 膜厚(Z)方向熱膨張挙動
2. 低熱膨張性透明PIの分子設計
  - 2.1 PIフィルムの透明性に及ぼす因子
  - 2.2 低熱膨張性透明PI系の構造的特徴
3. 溶液キャスト製膜するだけで低CTEを発現する溶液加工性透明PI系

## 第5節 スタッキング効果を利用した低熱膨張基材

1. 多環式樹脂のスタッキング効果を利用した低熱膨張基材

2. 次世代対応の低熱膨張,高弾性基材

## 第6節 実装技術における高熱伝導有機材料

1. 実装技術における放熱技術の重要性
2. 新しい放熱技術が適用されたパッケージ構造
  - 2.1 白色LED
  - 2.2 パワーモジュール
3. 高熱伝導有機材料の最近の開発トレンド
4. 高熱伝導絶縁シート適用によるパワーモジュールの進化
  - 4.1 モールド型パワーモジュールの大容量化
  - 4.2 絶縁シートの高熱伝導化によるパワーモジュールの放熱性の向上
5. 絶縁シート適用トランスファーモールド型パワーモジュールの信頼性向上技術
  - 5.1 冷熱衝撃耐久性
  - 5.2 パワーサイクル寿命
6. 今後のパワーモジュール開発における高熱伝導有機材料の展望

## 第7節 半導体パッケージの熱膨張・収縮対策例およびイメージセンサチップ実装時の反り低減技術

1. まえがき
  - 1.1 本研究の背景
  - 1.2 半導体実装に必要な機能

- 1.3 センサ用パッケージの従来技術とその課題

## 2. 放熱技術

- 2.1 研究目的
- 2.2 熱抵抗測定装置による測定
  - 2.2.1 熱抵抗測定装置の原理
  - 2.2.2 熱伝導樹脂接着部の改善例

## 3. センサチップの高平坦度実装技術

- 3.1 研究目的
- 3.2 大型チップのプリント基板への搭載検討
  - 3.2.1 検討内容
  - 3.2.2 サンプル構造
  - 3.2.3 試作品組立プロセス検討
  - 3.2.4 構造シミュレーション
  - 3.2.5 検証実験
  - 3.2.6 組立プロセスの改善検討
- 3.3 センサチップの高精度実装技術
  - 3.3.1 研究目的
  - 3.3.2 センサチップの反り制御技術

## 第8節 光学レンズの設計改良:温度収差を考慮した光学機器の設計開発

1. 光学系における熱問題
2. 熱対策(温度収差対策)
3. より高度な温度収差補償の例
4. 精緻な温度収差解析の例
5. 熱ひずみを抑制するための機構設計
6. 今後の発展

## 第9節 熱膨張を考慮したSOFCの材料開発

1. 電解質
2. カソード
3. インターコネクタ
4. アノード

## 第3章 熱膨張・収縮のシミュレーションと測定

### 第1節 CAEを用いた様々な熱設計解析技術

1. 熱現象論
  - 1.1 熱による問題
  - 1.2 熱力学
  - 1.3 熱の規定
  - 1.4 発熱
    - 1.4.1 摩擦発熱
    - 1.4.2 燃焼発熱
    - 1.4.3 抵抗発熱

- 1.5 熱移動
    - 1.5.1 熱伝導
    - 1.5.2 熱伝達(Convection)
    - 1.5.3 熱放射(Radiation)
  - 1.6 熱歪
  - 2. 熱解析技術
    - 2.1 熱伝導解析
    - 2.2 熱応力解析
    - 2.3 定常 vs. 非定常解析
    - 2.4 線形解析 vs. 非線形解析
    - 2.5 連成解析
      - 2.5.1 ダイレクト(強)連成解析
      - 2.5.2 シーケンシャル(弱)連成解析
  - 3. 熱解析事例
    - 3.1 熱電アクチュエータ解析
    - 3.2 電子基板の変形解析
    - 3.3 タービンの熱応力振動解析
    - 3.4 モータの冷却解析
- 第2節 熱膨張・収縮測定方法のメカニズム
- 1. 熱膨張・熱膨張係数の定義
  - 2. 熱膨張計による熱膨張挙動の測定・評価
    - 2.1 直接的な熱膨張測定法
    - 2.2 基準物質を用いた押し棒式熱膨張測定
    - 2.3 押し棒式熱膨張計の特徴
    - 2.4 レーザー熱膨張計
  - 3. 温度可変 X 線回折による熱膨張の評価
    - 3.1 X 線回折による熱膨張挙動測定の手順
    - 3.2 熱膨張挙動評価のための X 線回折測定条件の設定
    - 3.3 X 線回折による熱膨張測定法の特徴
  - 4. 熱膨張計および X 線回折で測定した熱膨張挙動の比較
  - 5. 熱膨張測定方法に対する要望
- 第3節 膨張・収縮率の分析装置
- 1. 押し棒式膨張計
  - 2. 歪ゲージ法
  - 3. 光干渉法
  - 4. 光走査法