



## はんだクラック評価

### 目次

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1. 概要.....                  | 2 |
| 2. はんだクラックについて.....         | 2 |
| 3. はんだクラックの改善方法.....        | 3 |
| 4. はんだクラック評価(温度サイクル試験)..... | 4 |
| 5. まとめ.....                 | 6 |

本書内に記載する型番 NVSL119B-V1、NVSL119C、NVSL219B-V1、および NVSL219C は、弊社製品の型番であり、商標権を有する可能性のある他社製品と いかなる関連性・類似性を有するものではありません。

### 1. 概要

LED を使用した製品は、LED をプリント基板にはんだ実装するケースが多く、使われる用途、環境も日々多様化しています。はんだ実装基板を温度差の大きい環境下で繰り返し使用した場合、LED とプリント基板の組み合わせによっては、はんだクラックが発生する場合があります。はんだクラックは、一般的に LED とプリント基板の線膨張係数の差が大きい場合に起こりやすく、場合によっては不点灯等の故障に至る可能性が考えられます。

本書では、はんだクラックの本質的な発生メカニズムを解説し、これを改善する方法について言及します。また問題の起こる可能性がある LED とプリント基板の組み合わせで温度サイクル試験を行い、はんだクラックに対する評価結果の報告を行います。

### 2. はんだクラックについて

はんだクラックの発生メカニズムについて説明します。

#### 2.1. 線膨張係数

はんだクラックは、LED とプリント基板の線膨張係数の差が大きい場合に生じ易くなります。線膨張係数とは、温度の上昇によって物体の長さが増える割合を示したものです。表 1 に一般的な LED のパッケージ材料およびプリント基板材料の線膨張係数を示します。(なお、線膨張係数は、一般的な代表値を記載しております。)

表 1. LED とプリント基板の線膨張係数

| LED パッケージ |                     | プリント基板            |                     |
|-----------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 材料        | 線膨張係数[1/°C]         | 材料                | 線膨張係数[1/°C]         |
| セラミック     | $7 \times 10^{-6}$  | セラミック             | $8 \times 10^{-6}$  |
| 樹脂        | $16 \times 10^{-6}$ | 鉄 (Fe)            | $12 \times 10^{-6}$ |
|           |                     | ガラスエポキシ (FR-4)    | $14 \times 10^{-6}$ |
|           |                     | 銅 (Cu)            | $17 \times 10^{-6}$ |
|           |                     | アルミ (Al)          | $21 \times 10^{-6}$ |
|           |                     | ガラスコンポジット (CEM-3) | $25 \times 10^{-6}$ |

#### 2.2. はんだクラック発生メカニズム

##### ① LED をプリント基板にはんだ実装した状態

一般的に LED は、リフローはんだ工程によってプリント基板に実装されます。リフローはんだ工程による高温で LED、プリント基板がそれぞれの線膨張係数に従って伸びます。リフローはんだ工程後も線膨張係数による応力は残りますが、周囲温度に変化が無ければ LED がプリント基板に固定された状態を維持します。(図 1 参照)

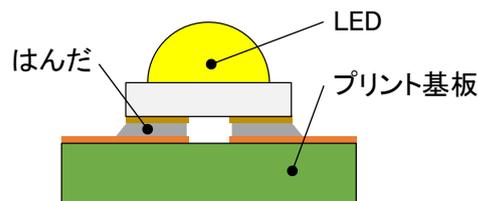


図 1. はんだクラックのイメージ図①

- ② 温度差の大きい環境下で使用した場合の基板とLEDの状態  
LEDとプリント基板の線膨張係数が異なるため、各部材の伸びが異なり、はんだ部に応力が印加されます。(図2参照)

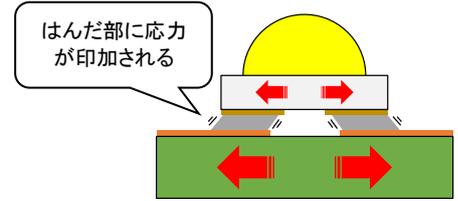


図 2. はんだクラックのイメージ図②

- ③ はんだクラックの発生

②の状態ではんだ部に応力が印加され続けた結果、はんだの一部で亀裂が出来始めてはんだクラックが発生します。最終的にはんだを横断してクラックが発生し、LEDに通電できなくなり不灯となります。(図3参照)

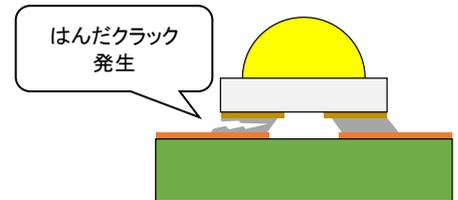


図 3. はんだクラックのイメージ図③

### 3. はんだクラックの改善方法

はんだクラックを低減させる方法を以下に示します。

#### 3.1. LEDとプリント基板の線膨張係数の差が小さい組み合わせを選択する

「2.2. はんだクラック発生メカニズム」からも分かるようにLEDとプリント基板の線膨張係数の差が小さい方がはんだクラックの発生を低減できると考えられます。例えば、樹脂パッケージのLEDとガラスエポキシ基板の組み合わせでは、線膨張係数の差が $2 \times 10^{-6}$ であるのに対して、セラミックパッケージのLEDとアルミ基板の組み合わせでは線膨張係数の差は $14 \times 10^{-6}$ になります。

はんだクラックの観点から言えば、樹脂パッケージのLEDとガラスエポキシ基板の組み合わせの方がはんだクラックを低減できると考えられます。

#### 3.2. パッケージサイズの小さいLEDを使用する

パッケージサイズの小さいLEDを使用することで、温度の上昇に対してLEDとプリント基板の線膨張係数の差の影響が小さくなるのではんだクラックが低減できると考えられます。

#### 3.3. 電極間距離の短いLEDを使用する

電極間距離の短いLEDを使用することで、温度の上昇に対してLEDとプリント基板の線膨張係数の差の影響が小さくなるのではんだクラックが低減できると考えられます。

#### 3.4. LEDのパッケージサイズが同じ場合には電極面積を広くする

電極面積の広いLEDを使用することではんだ部分の強度が増し、はんだクラックが低減できると考えられます。また、はんだクラック発生後の寿命を延ばすことが期待でき、不灯を回避できると考えられます。

#### 3.5. その他

詳細は取り上げていませんが、はんだ材質、プリント基板材質によってもはんだクラックが低減できるものがありますので、お客様の使用条件に適した材料を選定することをお勧めします。

### 4. はんだクラック評価(温度サイクル試験)

以下にはんだクラック評価の指標となる温度サイクル試験の内容および結果について示します。

#### 4.1. 試験方法

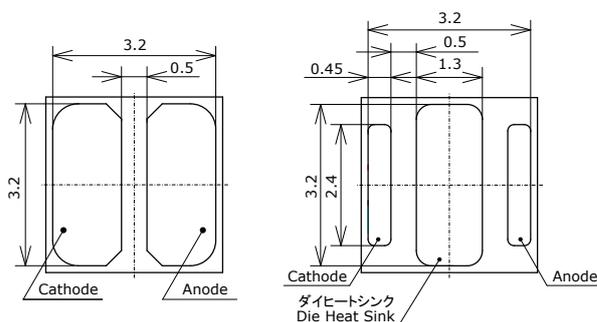
- サイクル条件:  $-40^{\circ}\text{C}$  (15分)  $\leftrightarrow$   $100^{\circ}\text{C}$  (15分)、2000 サイクル(非通電)
- LED: セラミックパッケージ 2、3 端子 LED (□3.5 mmパッケージ) 各 10 個  
仕様については表 2、図 4 を参照してください。
- プリント基板: 鉄(Fe)、ガラスエポキシ(FR-4)、アルミ(Al)、各 5 個載せ  
仕様については表 3、図 5 を参照してください。
- はんだ: 千住金属 M705-298C-42-11(Sn96.5/Ag3.0/Cu0.5)、はんだ厚さ:0.1mm
- 確認方法: 500 サイクル毎に全数点灯検査、順電圧( $V_F$ )10%上昇確認<sup>※1</sup>、断面研磨

表 2. 評価 LED 仕様

| LED 型番      | 基材                             | 線膨張係数[1/°C]        | 端子数 | 端子面積[mm <sup>2</sup> ] |
|-------------|--------------------------------|--------------------|-----|------------------------|
| NVSL119B-V1 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | $7 \times 10^{-6}$ | 2   | 8.3                    |
| NVSL119C    | AlN                            | $4 \times 10^{-6}$ | 2   | 8.3                    |
| NVSL219B-V1 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | $7 \times 10^{-6}$ | 3   | 6.2                    |
| NVSL219C    | AlN                            | $4 \times 10^{-6}$ | 3   | 6.2                    |

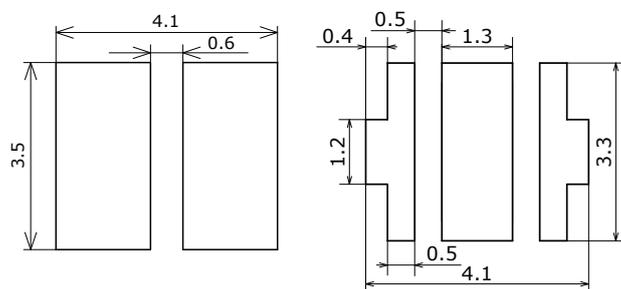
表 3. 評価プリント基板仕様

| 基板材料 | 基板厚み[mm] | 銅箔厚[μm] | 絶縁層厚[μm] | 線膨張係数[1/°C]         |
|------|----------|---------|----------|---------------------|
| Fe   | 0.5      | 35      | 120      | $12 \times 10^{-6}$ |
| FR-4 | 1.0      | 35      | なし       | $14 \times 10^{-6}$ |
| Al   | 1.0      | 35      | 120      | $21 \times 10^{-6}$ |



2 端子(NICHIA119 シリーズ) 3 端子(NICHIA219 シリーズ)

図 4. 電極仕様



2 端子(NICHIA119 シリーズ) 3 端子(NICHIA219 シリーズ)

図 5. ランドパターン仕様

※1. はんだクラックが発生した場合、はんだ部の電気抵抗が大きくなって順電圧( $V_F$ )が上昇する傾向があるため、はんだクラックの指標として確認。上昇率 10%は弊社信頼性試験の判定基準値を参考としています。



図 6. 評価基板外観

## 4.2. 試験結果

はんだクラック評価の指標として温度サイクル試験を 2000 サイクルまで試験を行いました。すべての組み合わせで不灯が発生したものはありませんでした。

LED と線膨張係数の差が大きくなるアルミ基板材料と電極面積の小さい 3 端子の組み合わせにて 1000 サイクル以降で順電圧が 10% 以上上昇しました。(表 4、5、6 参照)

今回の試験では、不灯は発生していませんが、他社との電極形状の互換性を優先した NICHIA219 シリーズでは電極面積が NICHIA119 シリーズより小さいため、はんだクラックへの考慮を NICHIA119 シリーズよりも注意すべきであるということが今回の結果から分かります。

表 4. サイクル試験結果(点灯不良数)

| 基板材料  |             |      | Fe   |      |      |      | FR-4 |      |      |      | Al   |      |      |      |
|-------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| サイクル数 |             |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 500  | 1000 | 1500 | 2000 |
| LED   | NVSL119B-V1 | 2 端子 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
|       | NVSL119C    |      | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
|       | NVSL219B-V1 | 3 端子 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
|       | NVSL219C    |      | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 |

表 5. サイクル試験結果(順電圧 10% 以上上昇数)

| 基板材料  |             |      | Fe   |      |      |      | FR-4 |      |      |      | Al   |      |      |      |
|-------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| サイクル数 |             |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 500  | 1000 | 1500 | 2000 |
| LED   | NVSL119B-V1 | 2 端子 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
|       | NVSL119C    |      | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
|       | NVSL219B-V1 | 3 端子 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 1/10 | 7/10 | 7/10 |
|       | NVSL219C    |      | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 5/10 | 7/10 | 8/10 |

表 6. 組み合わせ確認(順電圧が 10% 以上上昇したものを赤字で示す)

| LED         | 端子数 | 端子面積<br>[mm <sup>2</sup> ] | LED とプリント基板の線膨張係数の差[1/°C] |                     |                     |
|-------------|-----|----------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
|             |     |                            | Fe                        | FR-4                | Al                  |
| NVSL119B-V1 | 2   | 8.3                        | $5 \times 10^{-6}$        | $7 \times 10^{-6}$  | $14 \times 10^{-6}$ |
| NVSL119C    |     | 8.3                        | $8 \times 10^{-6}$        | $10 \times 10^{-6}$ | $17 \times 10^{-6}$ |
| NVSL219B-V1 | 3   | 6.2                        | $5 \times 10^{-6}$        | $7 \times 10^{-6}$  | $14 \times 10^{-6}$ |
| NVSL219C    |     | 6.2                        | $8 \times 10^{-6}$        | $10 \times 10^{-6}$ | $17 \times 10^{-6}$ |

参考までに順電圧が 10%以上上昇した 3 端子(NVSL219C)と AI 基板の組み合わせでの 2000 サイクル時の  
はんだクラックの状態を確認するために断面研磨にて観察を行いました。(図 7 参照)

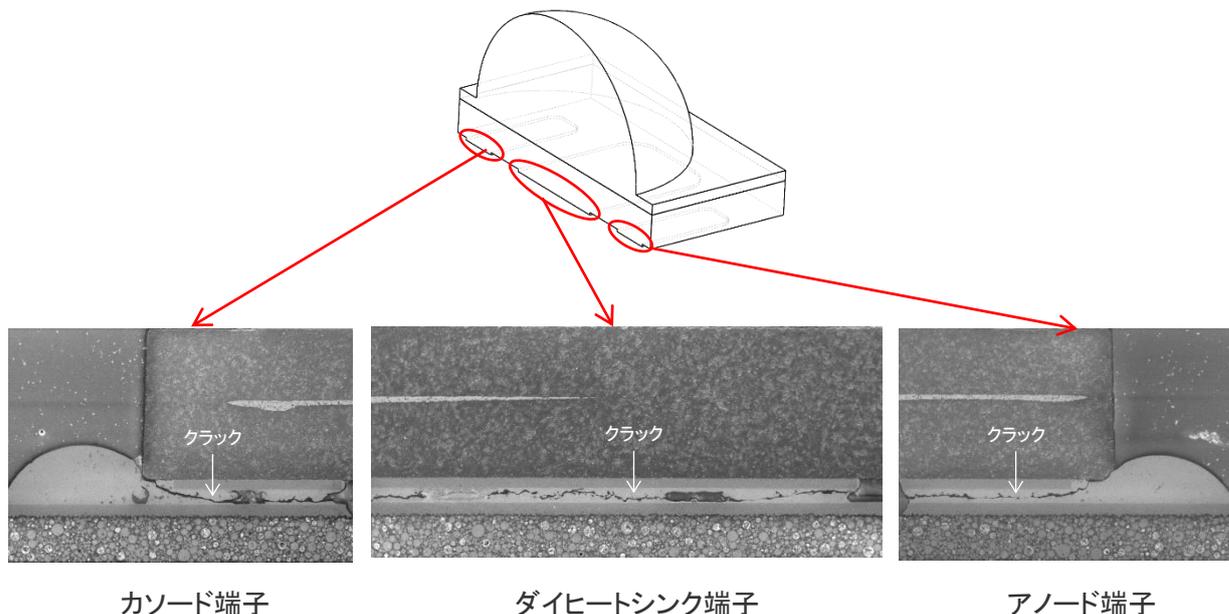


図 7. 断面解析結果(3 端子×AI 基板×2000 サイクル)

## 5. まとめ

今回の試験結果から適切な LED のパッケージ、適切な仕様のプリント基板、はんだを共に使用することで一定のはんだクラック耐性を持つことが分かりました。また、実際の設計でははんだクラック以外の要素も設計に考慮しなければなりません。LED の放熱、各部材の耐熱、目的の光学性能に合致する LED の選択、リフロー時のはんだの出来上がり具合、リフロー工程での LED の位置精度等を考慮してください。総合的にバランスの取れた設計をされることをお勧めします。

## <免責事項>

本書は、弊社が管理し提供している参考技術文書です。  
本書を利用される場合は、以下の注意点をお読みいただき、ご了承いただいたうえでご利用ください。

- ・ 本書は弊社が参考のために作成したものであり、弊社は、本書により何らの保証をも提供するものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報は、製品の代表的動作および応用例を示したものであり、その使用に関して、弊社および第三者の知的財産権その他の権利の保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報については正確を期すべく注意を払っておりますが、弊社は当該情報の完全性、正確性および有用性を一切保証するものではありません。また、当該情報を利用、使用、ダウンロードする等の行為に関連して生じたいかなる損害についても、弊社は一切の責任を負いません。
- ・ 弊社は、本書の内容を事前あるいは事後の通知なく変更する場合がありますのでご了承ください。
- ・ 本書に記載されている情報等に関する著作権およびその他の権利は、弊社または弊社に利用を許諾した権利者に帰属します。弊社から事前の書面による承諾を得ることなく、本書の一部または全部をそのままあるいは改変して転載、複製等することはできません。

日亜化学工業株式会社

<http://www.nichia.co.jp>

774-8601 徳島県阿南市上中町岡491番地

Phone: 0884-22-2311 Fax: 0884-21-0148