Light Emitting Diode

照明用 LED の はんだクラックについて

目次

1. 概要 2
2. 適用品種 2
3. はんだクラックについて 4
4. はんだクラックの低減方法 5
5. はんだクラック評価 8
6. まとめ 13

本書内に記載する型番 NVSL119B-V1、NVSL219B-V1、NVSL119C、NVSL219C、NVSW219F-V1、および NVSW219GL 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。

This document contains tentative information, Nichia may change the contents without notice.

SP-QR-C2-210926-4
May 27, 2026

1. 概要

LED を使用した製品は、LED を基板にはんだ実装する場合が多く、使われる用途、環境も日々多様化しています。はんだ実装された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。(図 1 参照)

はんだクラックは、一般的に LED と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 LED が不点灯になる可能性がありますのでご注意ください。

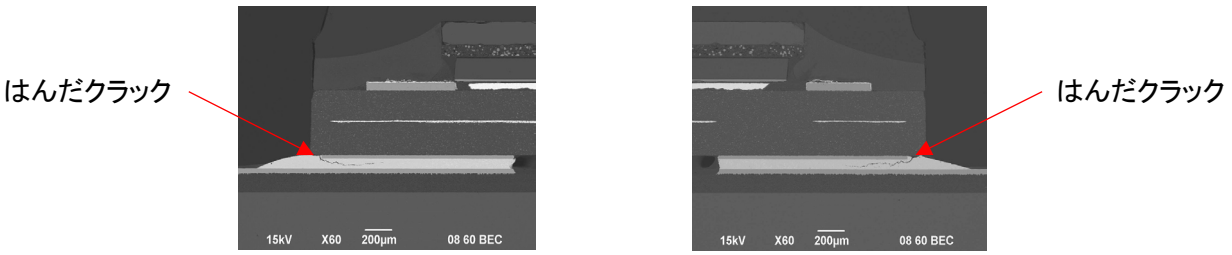


図 1. LED はんだ接合部断面観察(熱衝撃試験後)

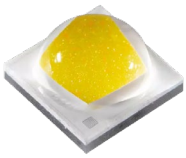
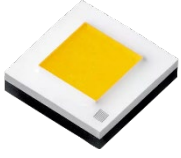
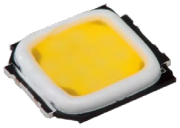
本書では、はんだクラックの発生メカニズムを解説し、これを低減する方法の一例を紹介します。
また、代表的な LED と基板の組み合わせではんだクラック評価(温度サイクル試験)を行いましたので、その評価結果も紹介します。

2. 適用品種

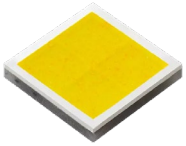
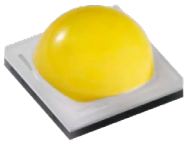
本書は、表 1 に示す LED を対象とした参考資料となります。

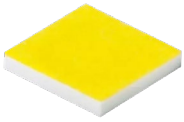
表 1. 適用品種

Middle Power				
品種	Nichia 757 Series	Nichia 385 Series	Nichia 585 Series	Nichia T02 Series
型番	NFxx757x	NF2W385x	NFxW585x	NSSxT02x
外観				
サイズ	3.0mm × 3.0mm	4.0mm × 3.6mm	4.0mm × 3.6mm	1.2mm × 0.7mm

High Power				
品種	Nichia x19 Series	Nichia 519 Series	Nichia 719 Series	Nichia 48 Series
型番	NxSx119x/NxSx219x	NVSW519x	NVSW719x	NFMW48xx
外観				
サイズ	3.5mm × 3.5mm	3.5mm × 3.5mm	3.5mm × 3.5mm	6.5mm × 5.8mm

This document contains tentative information, Nichia may change the contents without notice.

Super High Power			
品種	Nichia B35 Series	Nichia 144 Series	Nichia 149 Series
型番	NV4WB35x	NV4x144x	NV9W149x
外観			
サイズ	3.5mm × 3.5mm	5.0mm × 5.0mm	7.0mm × 7.0mm

Direct Mountable Chip				
品種	Nichia E11 Series	Nichia E13 Series	Nichia E17 Series	Nichia E21 Series
型番	NFSWE11x	NCSWE13x	NCSxE17x	NVSxE21x
外観				
サイズ	1.1mm × 1.1mm	1.25mm × 1.25mm	1.7mm × 1.7mm	2.1mm × 2.1mm

Direct Mountable Chip		
品種	Nichia L11 Series	Nichia T03 Series
型番	NFSWL11x	NFSWT03x
外観		
サイズ	1.1mm × 1.1mm	1.2mm × 0.7mm

3. はんだクラックについて

3.1 線膨張係数

はんだクラックは、LED と基板の線膨張係数の差が大きい場合に生じやすくなります。線膨張係数とは、温度の上昇によって物体の長さが変化する割合を示したものです。表 2 に一般的な LED のパッケージ材料および基板材料の線膨張係数を示します。表 2 の線膨張係数は、一般的な代表値を記載しています。

表 2. LED と基板の線膨張係数

LED パッケージ材料		品種
材料	線膨張係数(1/℃)	
セラミック	$5\sim7\times10^{-6}$	Nichia x19、519、719、B35、144、149 Series
樹脂	$14\sim20\times10^{-6}$	Nichia 757、385、585、T02、48x Series

基板材料	線膨張係数(1/℃)
セラミック	8×10^{-6}
鉄(Fe)	12×10^{-6}
ガラスエポキシ(FR-4)	14×10^{-6}
銅(Cu)	17×10^{-6}
アルミ(Al)	21×10^{-6}
ガラスコンポジット(CEM-3)	25×10^{-6}

3.2 はんだクラックの発生メカニズム

LED を基板にはんだ実装した状態を図 2 に示します。

温度差の大きい環境下で LED を使用した場合、LED と基板の線膨張係数が異なるため、各部材の膨張、収縮時に、はんだ接合部に応力が印加されます。(図 3 参照)

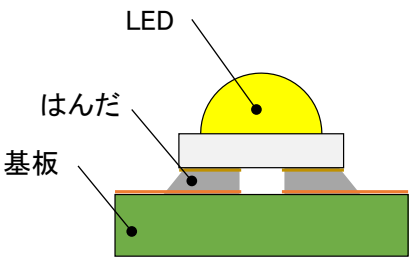


図 2. LED 実装状態

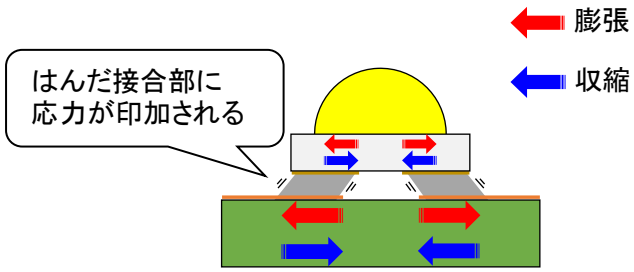


図 3. はんだ接合部の応力

はんだ接合部に応力が印加され続けると、はんだ接合部分に亀裂(はんだクラック)が発生します。はんだクラックは、最終的にはんだ接合部全体にまで進行するとLED に通電できなくなり不点灯になります。(図 4 参照)

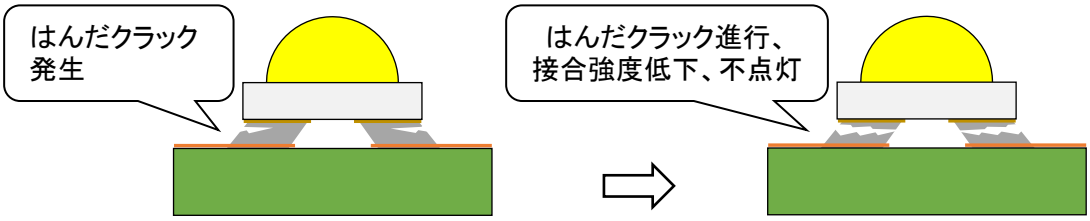


図 4. はんだクラックのイメージ図

This document contains tentative information, Nichia may change the contents without notice.

4. はんだクラックの低減方法

はんだクラックを低減させる方法を以下に示します。

4.1 はんだクラック耐性の高い LED を使用する

・パッケージサイズの小さい LED

温度の上昇に対して LED と基板の線膨張係数の差の影響が小さくなるので、はんだクラックを低減できると考えられます。

・電極間距離の短い LED

温度の上昇に対して LED と基板の線膨張係数の差の影響が小さくなるので、はんだクラックを低減できると考えられます。

・電極面積の広い LED

はんだ接合部分の強度が増し、はんだクラックを低減できると考えられます。

4.2 LED と基板の線膨張係数の差が小さい組み合わせを選択する

「3.2 はんだクラックの発生メカニズム」からも分かるように LED と基板の線膨張係数の差が小さい組み合わせの方が、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 2×10^{-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 16×10^{-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。(図 5 参照)

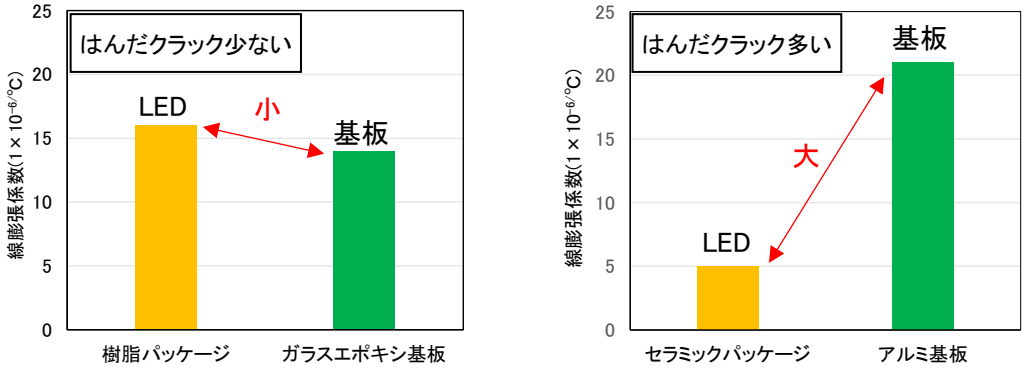


図 5. LED と基板の組み合わせ

4.3 アルミ基板を使用する場合は絶縁層に低弾性品を使用する

一般にアルミ基板の絶縁層に低弾性品を使用することで、はんだクラックの低減に効果があります。

低弾性品の絶縁層は、LED と基板材料の線膨張係数の差で生じた応力に変形して追従できるため、はんだ部分への応力を緩和することが可能です。(図 6 参照)

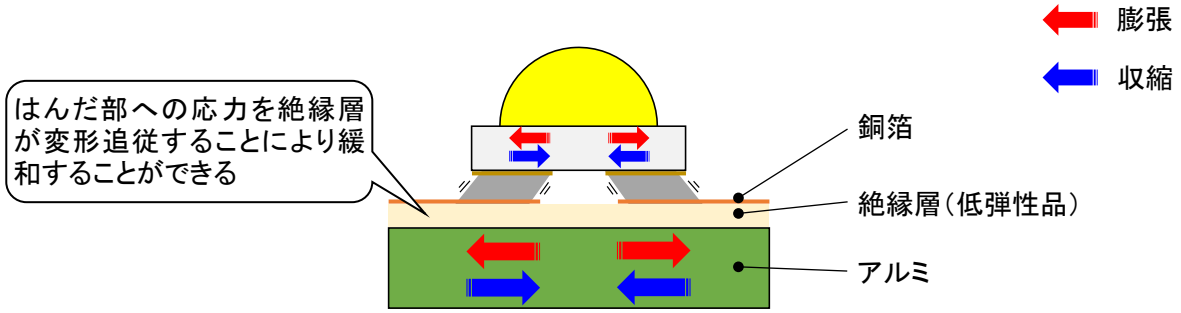


図 6. アルミ基板の絶縁層に低弾性品を使用した例

This document contains tentative information, Nichia may change the contents without notice.

参考までに、アルミ基板の絶縁層の変形しやすさを図 7 に示します。
低弾性品のアルミ基板の絶縁層は、標準的なアルミ基板の絶縁層と比較すると同じ応力での変形量が大きくなっています。

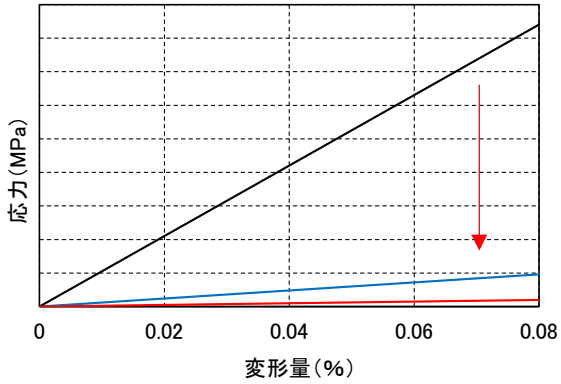


図 7. アルミ基板の絶縁層の変形しやすさ

アルミ基板材料の選定にあたっては、絶縁層の貯蔵弾性率の値を確認して選定してください。(表 3 参照)
アルミ基板材料の貯蔵弾性率は温度依存性があり、絶縁層の厚みによっても数値が変動します。また、貯蔵弾性率の値を低くするため、放熱性に重要な熱伝導率が低下する場合がありますのでご注意ください。
なお、低弾性品のアルミ基板を使用してもはんだクラックに対してあまり効果がない LED(パッケージサイズが大きいなど)もありますので、ご使用になる基板にて性能を十分に確認してください。

表 3. アルミ基板の貯蔵弾性率

アルミ基板材料※1	熱伝導率	貯蔵弾性率		
		低温(−40℃)	常温(25℃)	高温(125℃)
標準的なアルミ基板	2.1W/m・K	17GPa	12GPa	2.8GPa
低弾性品のアルミ基板(A)	3.0W/m・K	12GPa	1.2GPa	0.7GPa
低弾性品のアルミ基板(B)	2.5W/m・K	4.6GPa	0.51GPa	0.04GPa

※1:5 章のはんだクラック評価に使用しています。

4.4 高信頼性鉛フリーはんだを使用する

一般にはんだクラックの発生やはんだクラックの進行を抑制する高信頼性鉛フリーはんだを使用することで、標準の鉛フリーはんだ(Sn−3.0Ag−0.5Cu)と比較して、はんだ接合強度の低下およびクラックの発生時期を遅らせることが可能です。
標準の鉛フリーはんだは、一般に高温で使用したり、繰り返し熱衝撃が加わったりすると、はんだ組織の粗大化や合金層の成長などにより、はんだ接合強度が低下することが知られています。(図 8 参照)

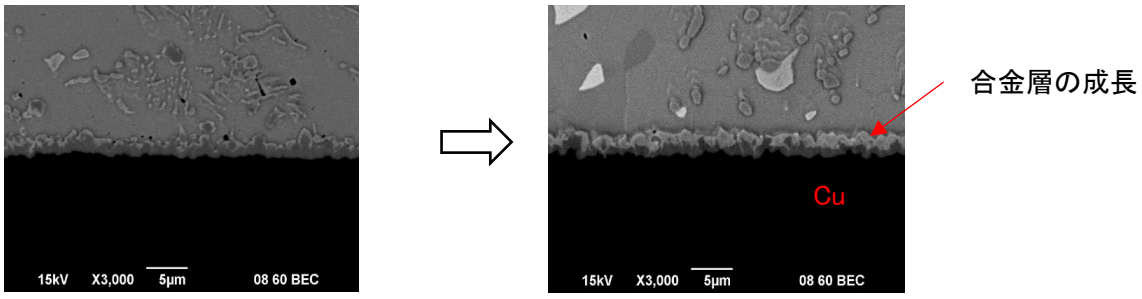


図 8. LED はんだ接合部断面観察(温度サイクル試験後)

This document contains tentative information, Nichia may change the contents without notice.

近年、はんだの高温使用および過酷な動作環境に対してもはんだ接合部の信頼性を維持するため、はんだ材料の検討および開発がなされています。

しかしながら、はんだクラック低減策として、このような高信頼性鉛フリーはんだを使用することで、逆に LED に応力が集中し LED 素子のクラックや破壊につながる場合もありますので、はんだペースト選定では注意してください。表 4 に、はんだペースト選定時の注意事項を示します。

表 4. はんだペーストの注意事項

はんだペースト※2	はんだ組成	注意事項
標準の鉛フリーはんだ	Sn-3.0Ag-0.5Cu	―
高信頼性鉛フリーはんだ	(例)Sn-3.4Ag-0.7Cu-3.2Bi-3.0Sb-Ni-X	Nichia E11, E13, E17, E21, L11, T03 Series には使用しないでください。

※2:5 章のはんだクラック評価に使用しています。

4.5 はんだ接合部のボイド量を低減する

LED 実装後のはんだ接合部にボイドが多いと LED 電極とランドパターンとの接合面積が減少します。ボイドが異常に多い実装品は過酷な動作環境で使用すると接合強度の低下およびはんだクラックが進展する場合がありますのでご注意ください。

温度サイクル試験後のシェア強度結果を図 9、試験サンプルの X 線写真を図 10、11 に示します。

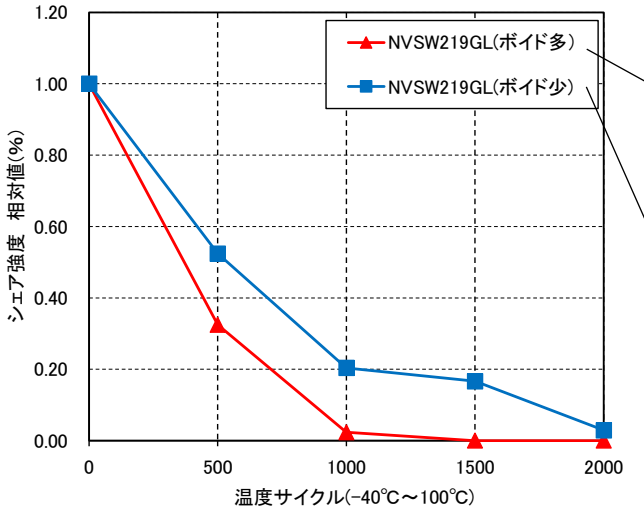


図 9. NVSW219GL 温度サイクル試験後のシェア強度
(標準的なアルミ基板、標準の鉛フリーはんだを使用)

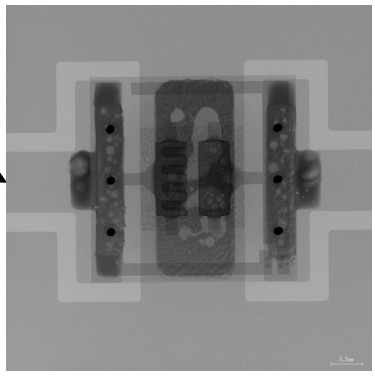


図 10. ボイド多 1000cyc 後

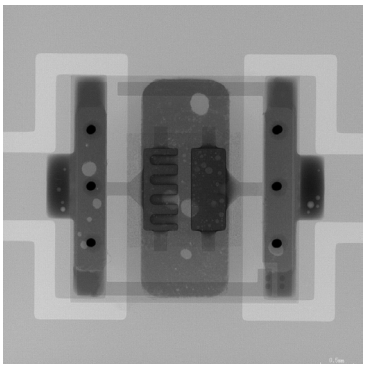


図 11. ボイド少 1000cyc 後

以上のことから、LED 実装後は、はんだ付け状態を X 線検査で確認し、ボイドが異常に多い場合は実装時の条件を見直してください。ボイド低減方法はリフロープロファイルなどの見直しが有効です。

ボイド低減方法の詳細についてはアプリケーションノート「LED の機械実装について」を参照ください。

5. はんだクラック評価

5.1 温度サイクル試験（その 1）

4 章のはんだクラックの低減方法で紹介した「LED と基板の線膨張係数が異なる組み合わせ」について、温度サイクル試験を行いましたのでその結果を紹介します。

5.1.1 試験条件および評価部材

・温度サイクル条件： −40℃（15 分）⇔100℃（15 分）、2000 サイクル（非通電）
・評価 LED、使用基板： 表 5、6、図 12 参照
・はんだ： Sn−3.0Ag−0.5Cu 、メタルマスク厚さ：100μm
・確認方法： 点灯検査、順電圧上昇確認[1]、断面解析

表 5. 評価 LED

LED 型番	パッケージ材料	線膨張係数（1/℃）	端子数	電極面積（mm^2）
NVSL119B−V1	セラミック（Al_2O_3）	（7×10^{-6}）	2	8.3
NVSL119C	セラミック（AlN）	（5×10^{-6}）	2	8.3
NVSL219B−V1	セラミック（Al_2O_3）	（7×10^{-6}）	3	6.2
NVSL219C	セラミック（AlN）	（5×10^{-6}）	3	6.2



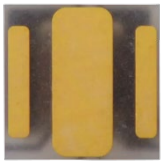
NVSL119B−V1/NVSL219B−V1
サイズ：3.5mm×3.5mm



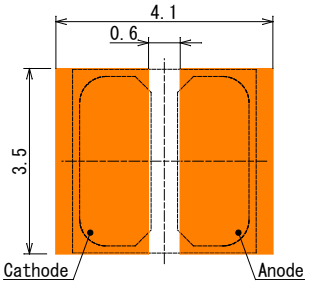
NVSL119C/NVSL219C
サイズ：3.5mm×3.5mm



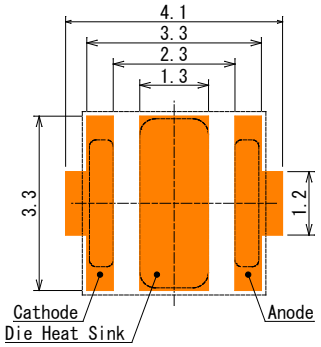
裏面形状（2 端子）



裏面形状（3 端子）



ランドパターン図（2 端子）



ランドパターン図（3 端子）

図 12. 評価 LED およびランドパターン図

表 6. 使用基板

基板材料	線膨張係数（1/℃）	基板厚み（mm）	銅箔厚（μm）	絶縁層厚（μm）
鉄（Fe）	12×10^{-6}	0.5	35	120
ガラスエポキシ（FR−4）	14×10^{-6}	1.0	35	−
アルミ（Al）	21×10^{-6}	1.0	35	120

[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います。順電圧上昇率 10%は弊社信頼性試験の判定基準値を参考としています。

This document contains tentative information, Nichia may change the contents without notice.

5.1.2 試験結果

温度サイクル試験を 2000 サイクルまで行いましたが、いずれの組み合わせでも不点灯は発生しませんでした。しかし、LED と線膨張係数の差が大きくなるアルミ基板と電極面積の小さい LED の組み合わせでは、1000 サイクル以降で順電圧が上昇しました。(表 7、8 参照)

表 7. 温度サイクル試験結果(点灯不良数)

基板材料	鉄(Fe)				ガラスエポキシ(FR-4)				アルミ(Al)			
サイクル数	500	1000	1500	2000	500	1000	1500	2000	500	1000	1500	2000
NVSL119B-V1	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	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 8. 温度サイクル試験結果(順電圧 10%以上上昇数)

基板材料	鉄(Fe)				ガラスエポキシ(FR-4)				アルミ(Al)			
サイクル数	500	1000	1500	2000	500	1000	1500	2000	500	1000	1500	2000
NVSL119B-V1	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	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

なお、LED と線膨張係数の差が小さい鉄基板やガラスエポキシ基板の組み合わせでは、順電圧の 10%以上の上昇は見られませんでした。また、LED の電極面積の大きいものは、小さいものと比較すると、はんだクラックに対して優位であることを確認しました。(表 9 参照)

表 9. 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 型番	端子数	電極面積 (mm^2)	LED と基板の線膨張係数の差(1/℃)		
			鉄(Fe)	ガラスエポキシ(FR-4)	アルミ(Al)
NVSL119B-V1	2	8.3	5×10^{-6}	7×10^{-6}	14×10^{-6}
NVSL119C	2	8.3	8×10^{-6}	10×10^{-6}	17×10^{-6}
NVSL219B-V1	3	6.2	5×10^{-6}	7×10^{-6}	**14×10^{-6}**
NVSL219C	3	6.2	8×10^{-6}	10×10^{-6}	**17×10^{-6}**

This document contains tentative information, Nichia may change the contents without notice.

5.2 温度サイクル試験（その 2）

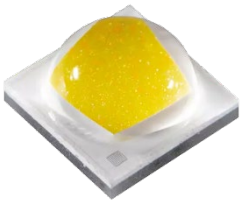
4 章のはんだクラック低減方法で紹介した「アルミ基板の絶縁層に低弾性品を使用する」「高信頼性鉛フリーはんだを使用する」について、温度サイクル試験を行いましたのでその結果を紹介します。

5.2.1 試験条件および評価部材

・温度サイクル条件：　−40℃（15 分）⇔100℃（15 分）、2000 サイクル（非通電）
・評価 LED、使用基板、使用はんだ：　表 10、11、12、図 13 参照
・確認方法：　点灯検査、順電圧上昇確認、断面解析

表 10. 評価 LED

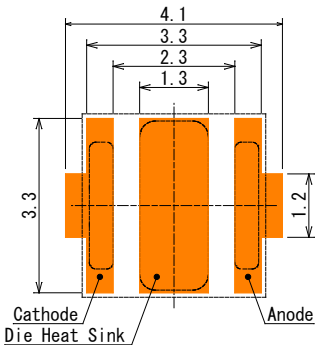
LED 型番	パッケージ材料	線膨張係数（1/℃）	端子数	電極面積（mm^2）
NVSW219F−V1	セラミック（AlN）	（5×10^{-6}）	3	6.2



NVSW219F−V1
サイズ：3.5mm × 3.5mm



裏面形状（3 端子）



ランドパターン図（3 端子）

図 13. 評価 LED およびランドパターン図

表 11. 使用基板

アルミ基板材料	貯蔵弾性率（25℃）	アルミ厚み（mm）	銅箔厚（μm）	絶縁層厚（μm）
標準的なアルミ基板	12GPa	1.0	35	120
低弾性品（A）	1.2GPa	1.0	35	120
低弾性品（B）	0.51GPa	1.0	35	100

表 12. はんだペースト

はんだペースト	はんだ組成	メタルマスク厚
標準の鉛フリーはんだ	Sn−3.0Ag−0.5Cu	100 μm
高信頼性鉛フリーはんだ	Sn−3.4Ag−0.7Cu−3.2Bi−3.0Sb−Ni−X	100 μm

This document contains tentative information, Nichia may change the contents without notice.

5.2.2 試験結果

・アルミ基板の絶縁層に低弾性品を使用した場合

標準的なアルミ基板では、1000 サイクルで順電圧の上昇が見られるが、低弾性品(A)を使用すると順電圧の上昇を 2000 サイクルまで遅らせることを確認しました。低弾性品(B)を使用した場合は、2000 サイクル以内では順電圧の上昇が見られませんでした。(図 14、表 13 参照)

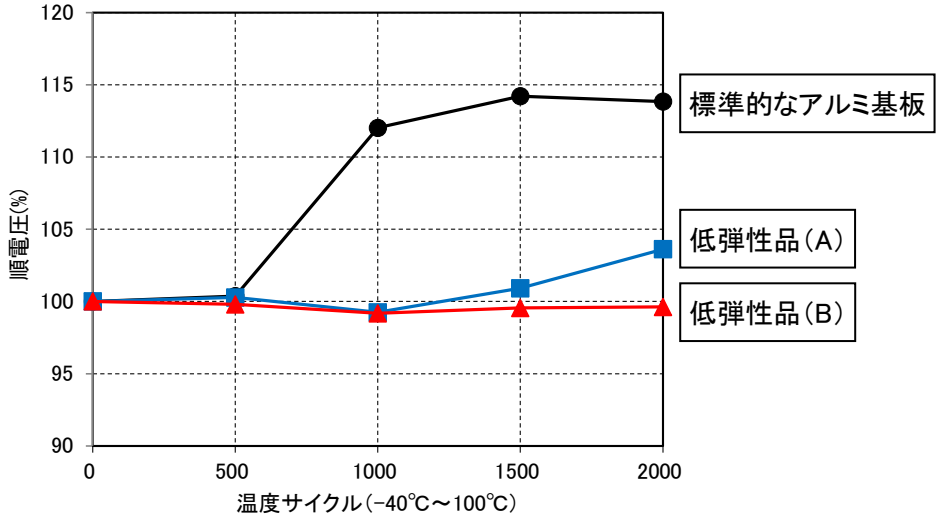


図 14. 温度サイクル試験結果(平均順電圧)

表 13. 温度サイクル試験結果(順電圧 10%以上上昇数)

アルミ基板	はんだペースト	500cyc	1000cyc	1500cyc	2000cyc
標準的なアルミ基板	標準の鉛フリーはんだ	0/20	18/20	20/20	20/20
低弾性品(A)	標準の鉛フリーはんだ	0/20	0/20	0/20	2/20
低弾性品(B)	標準の鉛フリーはんだ	0/20	0/20	0/20	0/20

・高信頼性鉛フリーはんだを使用した場合

標準の鉛フリーはんだでは、1000 サイクルで順電圧の上昇がみられるが、高信頼性鉛フリーはんだを使用すると順電圧の上昇を 1500 サイクルまで遅らせることを確認しました。(図 15、表 14 参照)

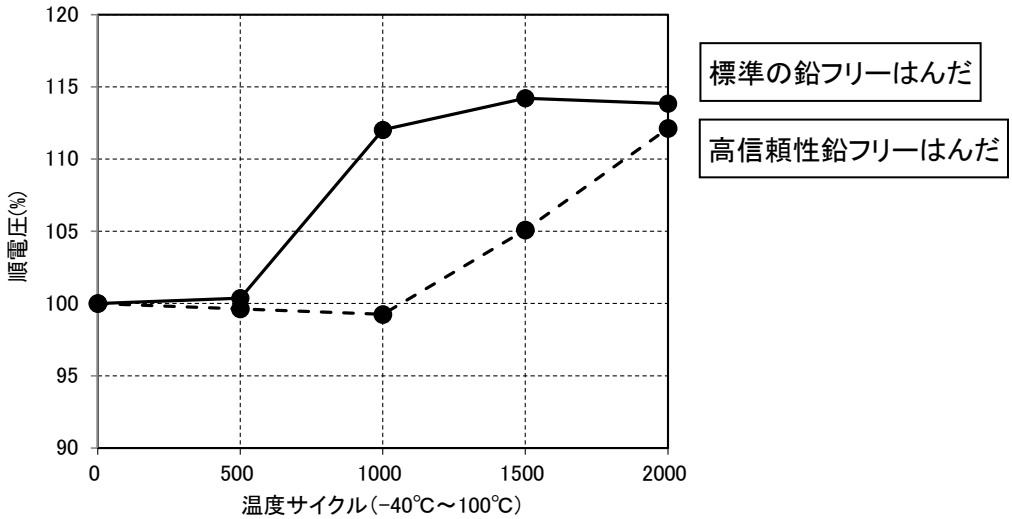


図 15. 温度サイクル試験結果(平均順電圧)

表 14. 温度サイクル試験結果(順電圧 10%以上上昇数)

アルミ基板	はんだペースト	500cyc	1000cyc	1500cyc	2000cyc
標準的なアルミ基板	標準の鉛フリーはんだ	0/20	18/20	20/20	20/20
標準的なアルミ基板	高信頼性鉛フリーはんだ	0/20	0/20	2/20	14/20

・アルミ基板の絶縁層に低弾性品および高信頼性鉛フリーはんだを使用した場合

低弾性品および高信頼性鉛フリーはんだを使用した場合は、2000 サイクル以内では順電圧の上昇が見られませんでした。(図 16、表 15 参照)

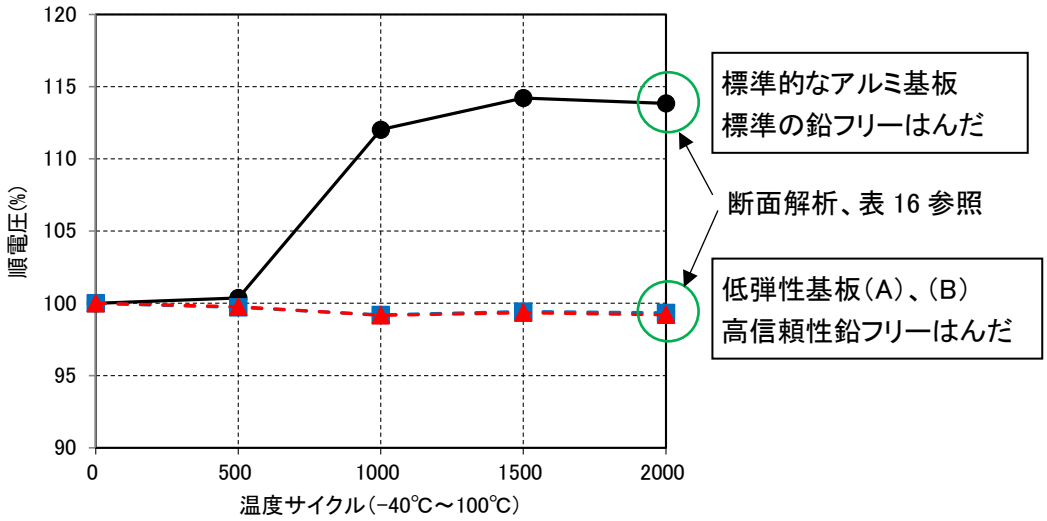


図 16. 温度サイクル試験結果(平均順電圧)

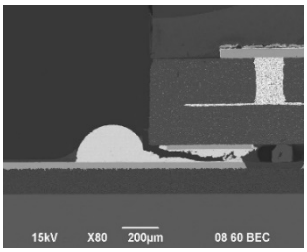
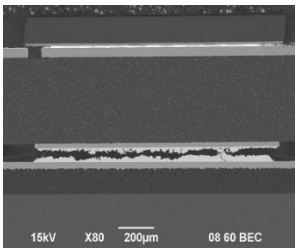
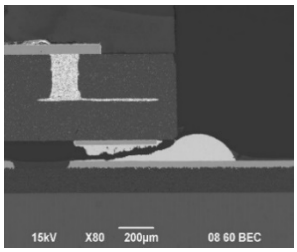
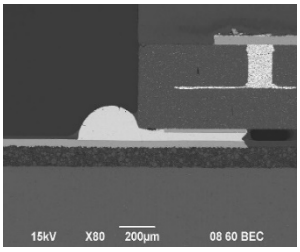
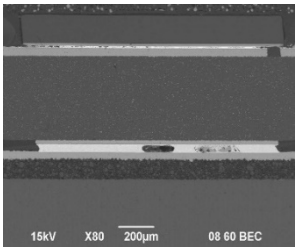
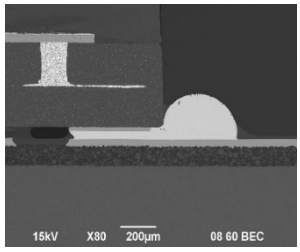
表 15. 温度サイクル試験結果(順電圧 10%以上上昇数)

アルミ基板	はんだペースト	500cyc	1000cyc	1500cyc	2000cyc
標準的なアルミ基板	標準の鉛フリーはんだ	0/20	18/20	20/20	20/20
低弾性品(A)	高信頼性鉛フリーはんだ	0/20	0/20	0/20	0/20
低弾性品(B)	高信頼性鉛フリーはんだ	0/20	0/20	0/20	0/20

参考までに、2000 サイクル時点での断面解析結果の一例を表 16 に示します。

This document contains tentative information, Nichia may change the contents without notice.

表 16. 断面解析結果

電極	カソード	ダイヒートシンク	アノード
標準的なアルミ基板 標準の鉛フリーはんだ			
クラック率	100%	100%	100%
低弾性基板（B） 高信頼性鉛フリーはんだ			
クラック率※3	0%	0%	0%

※3　クラック率（%）＝クラック長さ／はんだ接続部の電極長さ×100

6. まとめ

LED を実装した基板を高温で使用したり、温度差の大きい過酷な環境下で通電したりした場合、はんだクラックが発生し不点灯になる場合があります。

本書では、はんだクラックの低減対策の一例として、「LED のパッケージ材質と適切な仕様の基板の組み合わせ」、「アルミ基板では低弾性の絶縁層の使用」、「高信頼性鉛フリーはんだの使用」を記載していますので参考にしてください。

実際の照明器具の設計では、はんだ接合部の温度および器具の使用環境条件を十分に確認してください。なお、はんだ接合部が高温になる場合は適切な放熱設計を行い、はんだ接合部に著しい応力をかけないようにしてください。また、はんだクラック低減対策を行う場合は、ご使用になる照明器具のライフに応じて適切に行ってください。

最終的には、事前にお客様の最終仕様製品の実装基板、クリームはんだ、ご使用になる環境などを十分に確認した上で、はんだ接合部に影響がないこと、および想定される最終製品のライフに適合していることを確認してください。

※図 1、図 8、表 16 の断面解析写真「画像素材：株式会社　クオルテック」

This document contains tentative information, Nichia may change the contents without notice.

＜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 774-8601 徳島県阿南市上中町岡491番地
http://www.nichia.co.jp Phone: 0884-22-2311 Fax: 0884-21-0148

This document contains tentative information, Nichia may change the contents without notice.

SP-QR-C2-210926-4
May 27, 2026