



型番 NFMW48xAR の放熱設計について

目次

1. 概要	2
2. LED の構造と特長	2
3. 推奨ランドパターンと推奨メタルマスク形状	3
4. 実装基板材料について	3
5. 光源モジュールの放熱評価	6
6. まとめ	9

本書内に記載する NFMW481AR、NFMW484AR、NFMW486AR、NFMW488AR および NFMW48xAR 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 の熱設計は、LED の光束および順電圧等の光学電気特性を決定し、更に寿命にも関係しているため非常に重要です。また、LED の熱評価では、実際の使用環境において点灯させた場合にどのようなジャンクション温度になるか十分に確認しておかなければなりません。

弊社の NFMW48xAR は、小 LES (Light Emitting Surface) で光束密度が高く、熱抵抗が小さい製品です。また、様々なアプリケーション用途に使用できるように同一のパッケージで 4 種類の出力違いのラインナップを揃えています。なお、NFMW48xAR は、標準的な 1W~3W クラスの LED と比べると高出力が可能であるため熱設計を注意していただく必要があります。

本アプリケーションノートでは、NFMW48xAR の性能を十分に発揮していただくため、放熱設計について実験結果を交えて解説します。

2. LEDの構造と特長

NFMW48xAR は、外形寸法が 6.5mm × 5.8mm × 0.8mm でリードフレームにチップを複数実装した製品です。本製品のラインナップを表 1 に示します。

表 1. NFMW48xAR 製品ラインナップ

項目	単位	NFMW481AR	NFMW484AR	NFMW486AR	NFMW488AR
チップ数	-	7	10	12	14
順電流(※1)	mA	200	200	200	200
順電圧	V	22.9	32.8	39.3	45.9
消費電力	W	4.58	6.56	7.86	9.18
光束(※2)	lm	(640)	(900)	(1060)	(1240)
最大ジャンクション温度	°C	135	135	135	135
熱抵抗(最大値)	°C/W	3.8	3.4	3.1	2.8

※1: 順電流の絶対最大定格値は、250mA です。

※2: 光束値は、色温度 5000K、演色性 R8000 使用時の値です。詳細は製品仕様書を参照ください。

また、NFMW48xAR は、カソードの電極端子を放熱性に有利な構造となるよう大きく設計し熱抵抗を小さくした製品です。NFMW48xAR の製品外形寸法図を図 1 に示します。

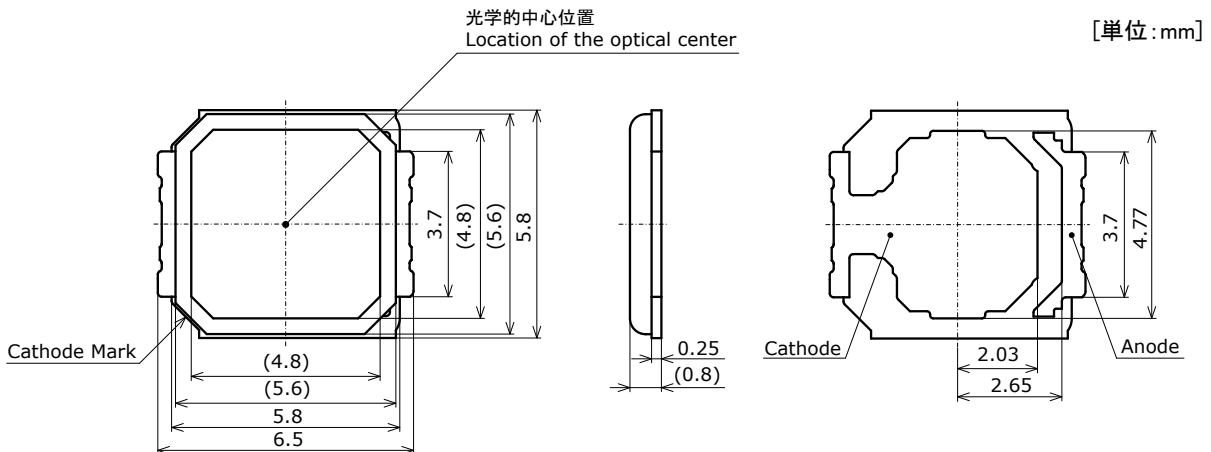


図 1. NFMW48xAR 製品外形寸法図(製品仕様書抜粋)

3. 推奨ランドパターンと推奨メタルマスク形状

NFMW48xAR の推奨ランドパターンと推奨メタルマスク形状を図 2 に示します。

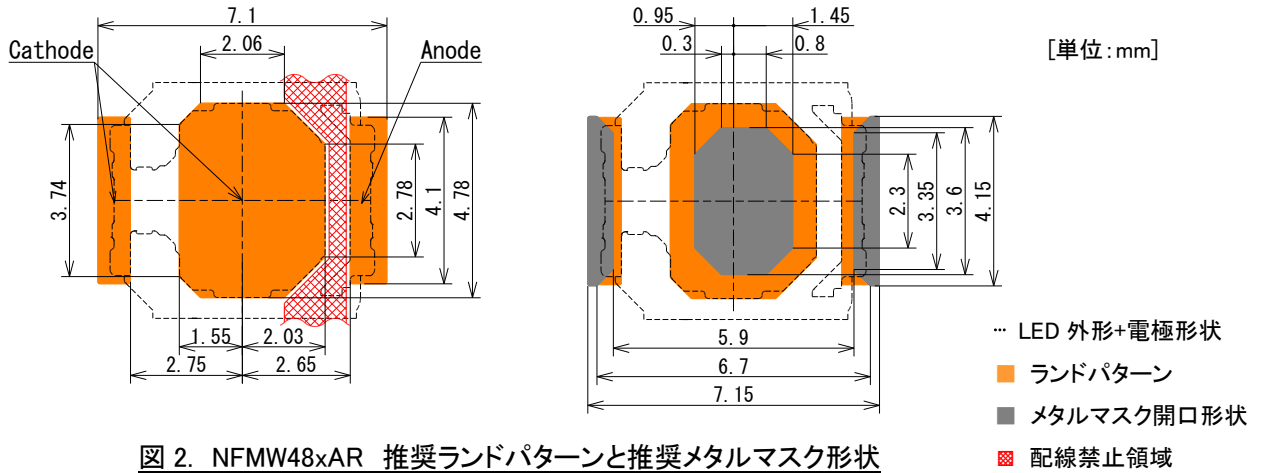


図 2. NFMW48xAR 推奨ランドパターンと推奨メタルマスク形状

注意事項

NFMW48xAR の電極端子形状は複雑な形状となっているため、配線パターンの引き回し方法によってはアノード電極とカソードパターンが接触しショートする可能性があります。よって、図 2 に示した配線禁止領域内には、配線パターンを設けないでください。

ランドパターンの形成方法は、実装基板への熱伝達性能を向上させるため放熱性が優れた SMD (Solder Mask Defined) 方式を推奨します。なお、SMD 方式のランドパターンの加工精度は高いものをご使用ください。代表的な配線パターン例を図 3 に示しますので参考にしてください。

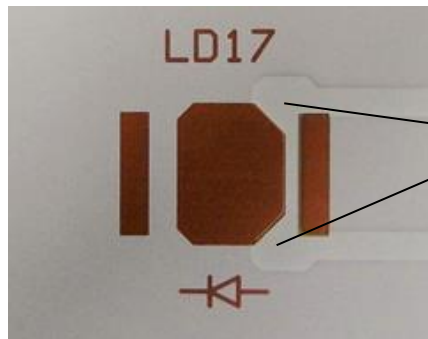


図 3. 代表的な配線パターン例

配線禁止領域内に
配線パターンを設けない。

4. 実装基板材料について

4.1 実装基板材料について

LED を実装する基板材料は、一般的にガラスエポキシ基板（以下「FR4 基板」という）、高放熱性のガラスコンポジット基板（以下「CEM3 基板」という）、アルミ基板などが多く使用されています。これらの基板材料の選択は、使用する LED の仕様およびその動作条件、照明器具の放熱性能に合わせて決定されると考えられます。

弊社の NFMW48xAR は、高出力で使用する場合は熱伝達性の観点からアルミ基板を選択することが予想されますが、低出力で使用する場合は FR4 基板や高放熱性の CEM3 基板でも使用可能となっています。

本アプリケーションノートでは、最大出力の NFMW48xAR を用いて、各基板材料でどのような放熱性の差異になるか、放熱評価を行いましたのでその結果を次項で紹介いたします。

4.2 各基板材料の放熱性について

4.2.1 評価基板の仕様

NFMW488AR の放熱性を確認するため、基板材料と基板外形サイズをパラメータとして温度評価を行いました。評価基板の外形寸法を表 2、評価基板材料を表 3 に示します。

表 2. 評価基板の外形寸法(5種類)

タイプ	A	B	C	D	E
外観写真					
基板外形寸法	12mm × 15mm	20mm × 20mm	25mm × 25mm	30mm × 30mm	35mm × 35mm
基板面積	180mm ²	400 mm ²	625 mm ²	900 mm ²	1225 mm ²

表 3. 評価基板材料(3種類)

項目	単位	FR4 基板※3	CEM3 基板※3	アルミ基板
熱伝導率	W/m・K	0.4	1.5	2.1(※4)
銅箔厚	μm	35	35	35
基板厚	mm	1.0	1.0	1.1

※3:FR4 基板および CEM3 基板は、ノンスルーホール両面基板を使用しています。

※4:アルミ基板の熱伝導率は、絶縁層の熱伝導率です。絶縁層の厚みは 120μm を使用しています。

4.2.2 評価条件

温度評価は、評価基板をヒートシンクに取り付けた状態で熱飽和後にはんだ接合部温度の測定を行いました。本評価に使用した部材を下記に示します(図 4 参照)。

- ・LED : NFMW488AR, 2700K, R8000, 順電流: If=200mA
- ・放熱グリス : サンハヤト製耐熱放熱用シリコーン SCH-301, 0.84W/m・K
- ・ヒートシンク : 縦 100mm × 横 100mm × 厚み 10mm, 熱抵抗 3.0°C/W, 0.2kg

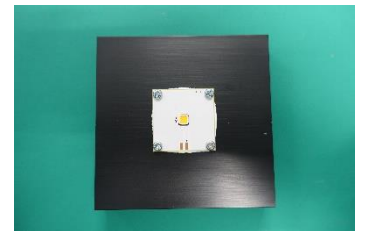


図 4. 評価基板

4.2.3 温度評価結果

LED のジャンクション温度は、基板材料の違いにより大きな差異が生じることを確認しました。順電流が If=200mA の場合では、アルミ基板のジャンクション温度が最も低く、CEM3 基板、FR4 基板では、最大ジャンクション温度を超える結果となりました。

ジャンクション温度と基板面積の関係については、アルミ基板では放熱性への影響が少なく、FR4 基板では基板面積が 400mm² より小さいと放熱性に影響することを確認しました。温度評価結果を図 5 に示します。なお、ジャンクション温度の算出については、以下の式にて算出しました。

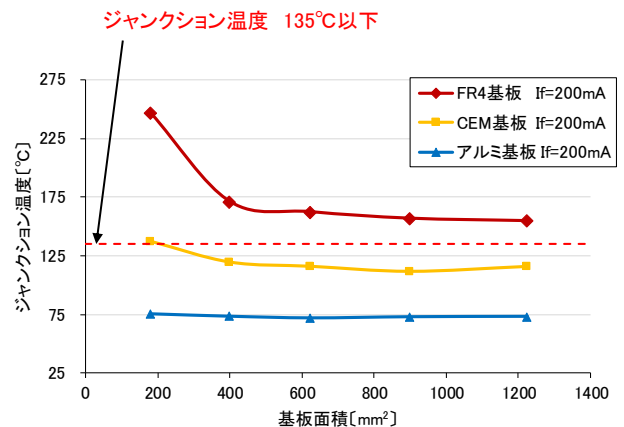


図 5. 基板材料違いによる温度評価結果

$$T_J = T_s + R_{\theta_{JS}} \cdot W$$

T_J : ジャンクション温度[°C], T_s : はんだ接合部温度[°C]
 $R_{\theta_{JS}}$: チップから T_s 測定ポイントまでの熱抵抗[°C/W], W : 投入電力[W]

4.3 FR4 基板および CEM3 基板の放熱性について

前項の放熱評価では、CEM3 基板、FR4 基板を使用した場合に最大ジャンクション温度を超える結果となったため、LED の順電流をパラメータとして温度評価を行いました。温度評価結果を図 6、図 7 に示します。なお、LED の順電流以外の評価条件は前項と同一としています。

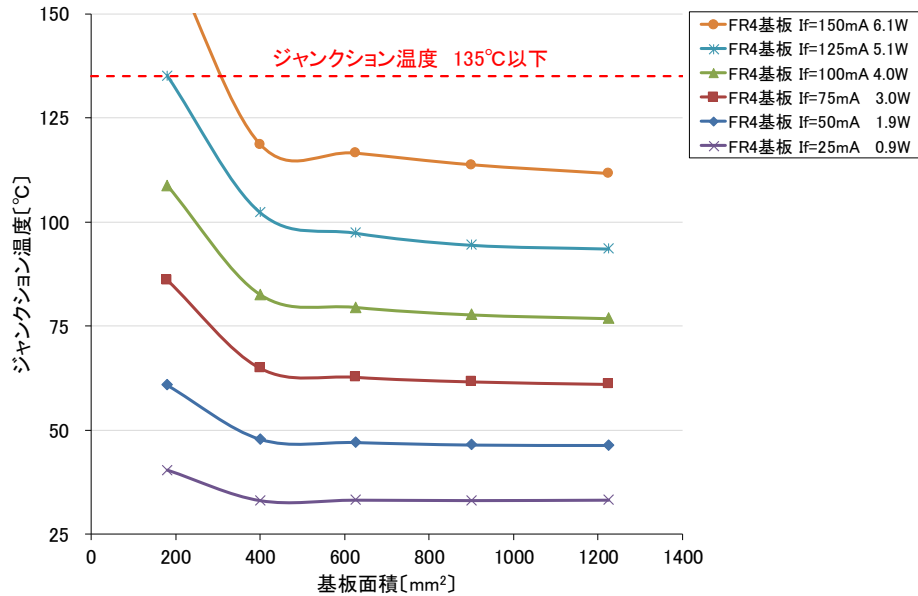


図 6. FR4 基板を使用した場合における温度評価結果

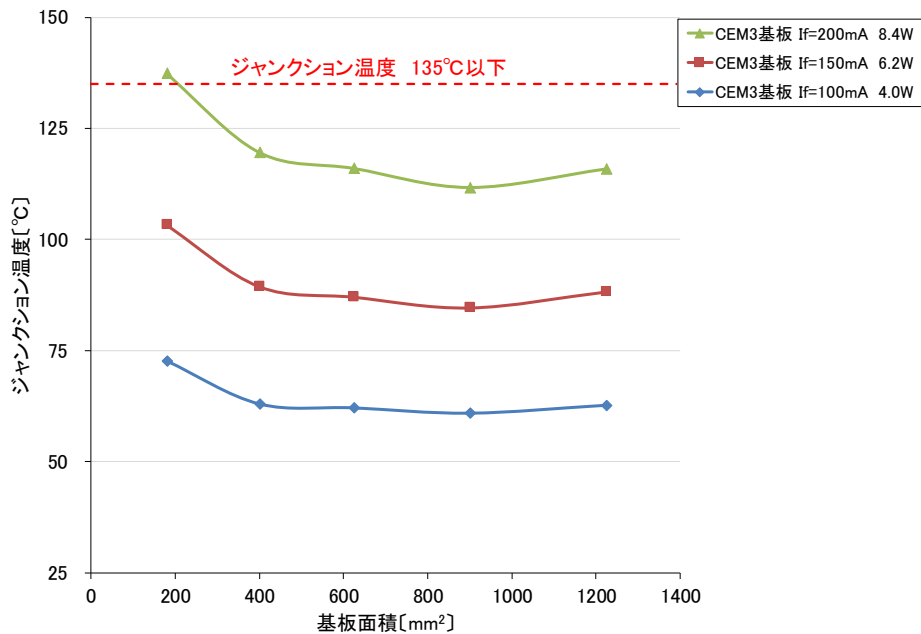


図 7. CEM3 基板を使用した場合における温度評価結果

図 6 および 図 7 の評価結果より、ジャンクション温度が 135°C 以下となるのは、FR4 基板は順電流 $I_f=100\text{mA}$ 以下、CEM3 基板は順電流 $I_f=150\text{mA}$ 以下となりました。ジャンクション温度は、照明器具の放熱性能によって決定されますが、FR4 基板および CEM3 基板でも順電流が低電流であれば十分使用可能と考えられます。

5. 光源モジュールの放熱評価

5.1 光源モジュールの仕様および評価条件

第4章ではLED 1個実装品での評価であったため、本章では複数実装品にて放熱評価を行いました。放熱評価に使用した光源モジュールの仕様を表4に示します。

表4. 光源モジュールの仕様

項目	仕様
光源モジュール	
基板外形寸法	縦 119mm × 横 136mm
実装 LED と数量	NFMW488AR 5000K R70, 20pcs
LED 実装配置※5	縦 20mmP, 横 25mmP
LED 回路構成	2 直列 × 10 並列
放熱グリス	サンハヤト製耐熱放熱用シリコーン SCH-301 ,0.84W/m ² ・K
ヒートシンク	縦 200mm × 横 250mm × 厚み 40mm, 熱抵抗 0.45°C/W, 2.4kg, アルミニウム

※5: LED 実装配置については、第4章で評価した基板面積と放熱性の関係により、LED の放熱面積が 400 mm² より大きくなる LED 配置としています。

本評価で使用した基板材料を表5に示します。

表5. 評価基板材料仕様

項目	単位	CEM3 基板	アルミ基板
熱伝導率	W/m ² ・K	1.5	2.1(絶縁層 120 μm)
銅箔厚	μm	35(ノンスルーホール両面基板)	35
基板厚	mm	1.0	1.1
基板材料名	-	パナソニック(株)製 R-1586(H)	日本理化学工業製 NRA-8

5.2 温度評価結果

CEM3 基板では LED 1 個につき順電流を $I_f=50\text{mA}$ から $I_f=100\text{mA}$ 、アルミ基板では LED 1 個につき順電流を $I_f=100\text{mA}$ から $I_f=200\text{mA}$ にて温度評価を行いました。光源モジュールでの評価結果を図 8、表 6 に示します。

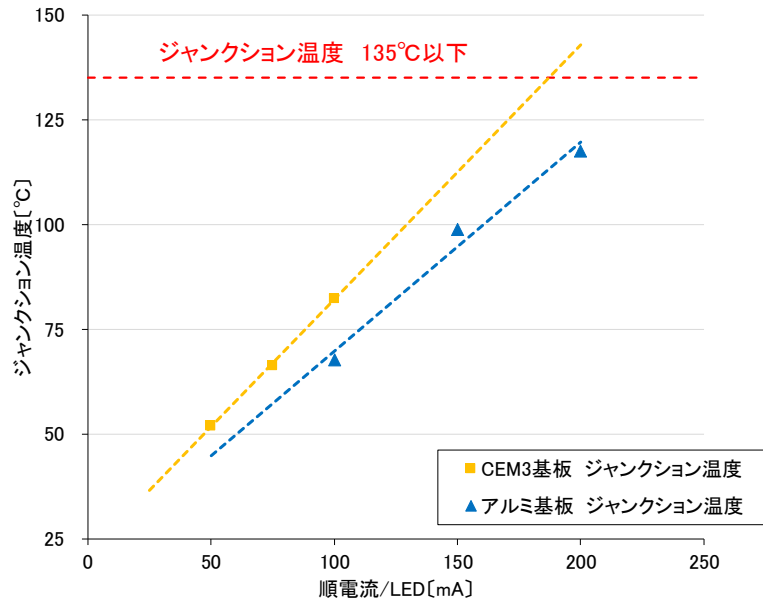


図 8. 光源モジュールの温度評価結果

表 6. 光源モジュールの光学電気特性と温度評価結果

	CEM3 基板			アルミ基板		
	50	75	100	100	150	200
順電流 (mA/LED)	50	75	100	100	150	200
モジュール動作電流 (mA)	500	750	1000	1000	1500	2000
モジュール動作電圧 (V)	77.4	78.7	79.9	80.6	82.9	84.8
消費電力 (W)	38.7	59.0	79.7	80.6	124.4	169.6
光束 (lm)	6746	9555	11887	12608	17148	20365
発光効率 (lm/W)	174.3	161.9	149.1	156.4	137.9	120.1
はんだ接合部温度 (°C) ※6	46.6	58.1	71.2	56.4	81.5	94.0
ジャンクション温度 (°C) ※7	52.0	66.3	82.4	67.7	98.9	117.7
周囲温度 (°C)	24.6	24.8	24.9	25.0	25.3	25.4

※6: はんだ接合部温度の測定は、熱飽和後に熱電対を用いて測定しています。

※7: ジャンクション温度は、LED の熱抵抗 $R_{\theta JS}=2.8(^{\circ}\text{C}/\text{W})$ を用いて算出しています。

図 8 の光源モジュールの温度評価結果では、アルミ基板を使用した場合のジャンクション温度が CEM3 基板を使用した場合よりも低くなり、第 4 章で紹介した内容と同様の結果となりました。

同じ順電流時の LED の発光効率は、表 6 の評価結果よりアルミ基板を使用した場合の方が CEM3 基板より高くなりました。

次項では CEM3 基板およびアルミ基板を使用した場合におけるサーモグラフィによる観察結果と各基板の特徴を紹介します。

5. 3 CEM3 基板およびアルミ基板を使用した場合における特徴

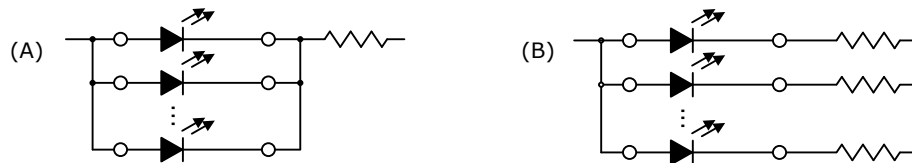
表 7. CEM3 基板およびアルミ基板を使用した場合における特徴

	CEM3 基板	アルミ基板
サーモグラフィによる温度分布確認		
放熱性	<ul style="list-style-type: none"> ・低出力用途向き ・LED で発生した熱は放射状に拡散しているが基板内の温度分布は、不均一になっている。 ・ヒートシンクへの熱伝達性が悪い。(ヒートシンクと基板の温度差が大きい。) ・ヒートシンクへの取り付けは、放熱グリスを用いて、熱伝達性を向上させる必要がある。 ・基板の固定が不十分なところで、LED の温度上昇がみられる。(ヒートシンクとの密着性が悪い) 	<ul style="list-style-type: none"> ・高出力用途向き ・LED で発生した熱を基板全体へ均等に拡散している。 ・ヒートシンクへの熱伝達性が良い。(ヒートシンクと基板の温度差が小さい。) ・基板の固定が不十分なところで、LED の温度上昇がみられる。(CEM3 基板よりは良好な結果)
はんだクラック	<ul style="list-style-type: none"> ・NFMW48xAR は、樹脂パッケージを使用しているため、LED と基板の線膨張係数の差が小さい。はんだクラックの発生を低減可能。 ・基板の線膨張係数 $19 \sim 23 \times 10^{-6}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ・同左 ・基板の線膨張係数 24×10^{-6}
絶縁性	<ul style="list-style-type: none"> ・十分な沿面距離を確保することにより、高耐電圧性能が可能となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・基板の絶縁層の性能に左右される。高耐電圧性能はなし。 ・使用動作電圧に制限がある。回路電圧が 100V 以上になる場合は、絶縁層の性能を十分に確認する必要がある。

5. 4 光源モジュールの回路設計上の注意

本評価に用いた光源モジュールの回路構成は並列回路を使用したため、一部のLEDで順電流のばらつきによるジャンクション温度の上昇が確認されました。このような例は、最悪の場合回路内の一部のLEDにおいて最大定格電流を超える可能性があり、製品の信頼性に悪影響を及ぼすことが考えられます。よって、実際の照明器具に使用するLED回路の構成は、以下の条件にて設計対応をお願いします。

- ・LED 毎に定電流駆動することを推奨します。
- ・LED 毎に絶対最大定格を超えないように回路設計を行ってください。
- ・定電圧駆動する場合は、(A)の回路はLEDの順電圧の影響によりLEDに流れる電流がばらつく可能性がありますので、(B)の回路を推奨します。



光源モジュール設計において、LEDの順電圧の分布、ランク分け等について不明な点がある場合は、お手数ですが弊社営業担当までお問い合わせください。

6. まとめ

NFMW48xARは放熱性に優れた製品で様々なアプリケーションに使用することが可能です。光源モジュールの設計においては、本実験結果を参考にいただき、照明器具の要求性能に適した実装基板材料を選定してください。温度評価では、熱電対による測定に合わせてサーモグラフィによる温度分布確認も有効ですので参考にしてください。

本アプリケーションノートでは、NFMW48xARの放熱設計について、実験結果を交えて解説しました。本書での評価結果は一例であり、LEDの品種およびお客様の使用条件、使用環境によって値が異なる可能性がありますので、お客様にて十分な検証を行ってください。

以上

<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