



型番 NVSW719AC の 熱設計について

Light Emitting Diode

目次

1. 概要	2
2. 製品紹介	2
3. 熱設計の注意点	3
4. 温度の測定方法	5
5. 熱評価	8
6. 参考設計例	11
7. まとめ	12

本書内に記載する型番 NVSW719AC 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 は長時間高温に晒されることで構成部材が劣化し性能や信頼性、寿命の低下などを引き起こします。よって LED 本来の性能を引き出すためには適切な放熱設計が重要になります。

照明用 LED の NVSW719AC は投入電力が大きく放熱設計が難しい製品ですが、適切な放熱により温度を抑えることができれば従来よりも小型かつ高輝度な器具の設計が可能となります。本書では NVSW719AC の熱評価方法について解説します。

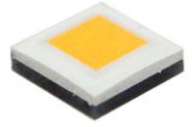


図 1. NVSW719AC 外観

2. 製品紹介

2.1 製品特徴

図 2 に本製品の外形寸法を示します。またパッケージ面積が同じ製品との投入電力比較を図 3 に示します。LED の発熱量は投入電力に比例して増加するため、本製品においては LED の温度上昇を抑えるための放熱設計が特に重要であることがわかります。

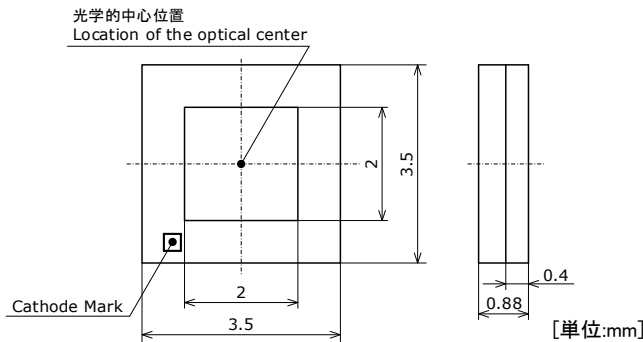


図 2. NVSW719AC 外形寸法

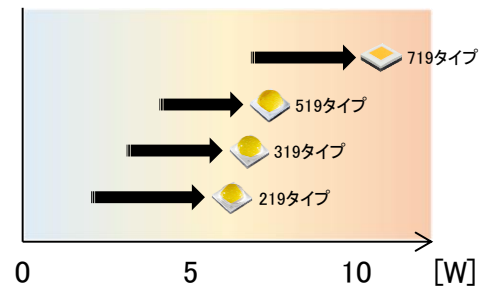


図 3. 投入電力比較¹

2.2 LED の構造および放熱経路

本製品の構造および放熱経路のイメージを図 4 に示します。主な発熱源はチップと蛍光体です。発生した熱は主にパッケージ基板、電極端子を経由して実装基板やヒートシンクなどの放熱部材へと放熱されていきます。

高輝度発光が特徴である本製品は小さな発光面に多くの光が集中することになります。これにより蛍光体層での発熱量が増え発光面の表面がチップよりも高温になる場合があります。よって本製品では従来のチップ温度(ジャンクション温度)の管理だけではなく、発光面の温度管理も重要になります。

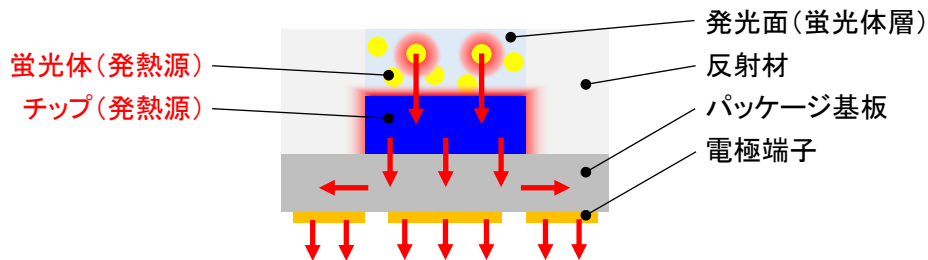


図 4. 放熱イメージ図

¹ 製品の定格電力から最大定格電力までを比較しています。タイプは弊社製品におけるタイプ名です。

3. 熱設計の注意点

3.1 熱抵抗モデルと各パラメータ

本製品の熱モデルを図 5 に示します。また本書で使用する用語の説明を表 1 に示します。

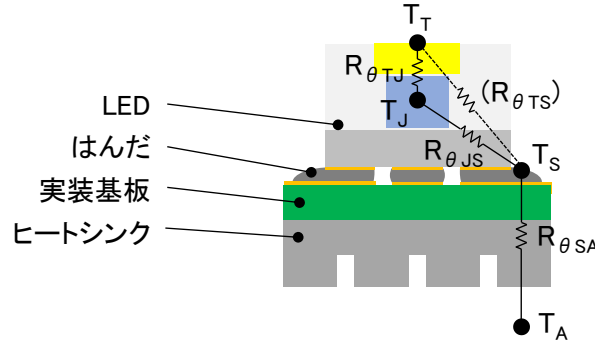
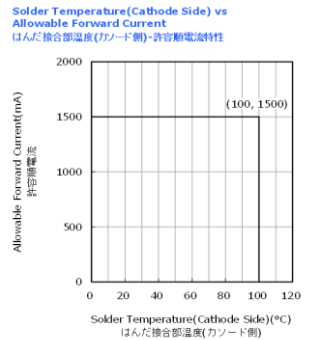


図 5. NVSW719AC の熱モデル

表 1. 熱設計に関する用語

用語	記号	説明
表面温度	T_T	LED 発光面の表面温度です。この温度が高い場合、樹脂部材の劣化による光束低下や色ずれ、信頼性の低下などが懸念されます。このため本製品では 180°C 以下での使用を推奨します。
ジャンクション温度	T_J	LED チップの温度です。いかなる使用条件においても最大定格温度を超えないように熱設計を行ってください。本製品の最大定格温度は 150°C です。なお LED の寿命はジャンクション温度のデレーティングによって設定されています。詳細は弊社営業担当までお問合せください。
はんだ接合部温度	T_S	LED のカソード端子側のはんだ接合部温度です。この部分の温度を熱電対で測定して熱評価を行います。 高温での使用ははんだの劣化やクラックの発生などの懸念があるため、出来るだけ低い温度での使用を推奨します。 また本製品のデレーティング特性は右図(詳細は製品仕様書を参照ください)のようになっていますので 100°C 以下でご使用ください。
周囲温度	T_A	LED の周囲温度です。密閉器具など LED 周辺に熱がこもり易い構造の場合は温度上昇を考慮する必要があります。
発光面とチップの熱抵抗	$R_{\theta TJ}$	LED 発光面の表面からチップまでの熱抵抗です。主に蛍光体の特性なので色度や演色性ランクなどにより抵抗値は変動します。
LED の熱抵抗	$R_{\theta JS}$	LED チップからはんだ接合部までの熱抵抗です。この熱抵抗値を使用してはんだ接合部温度と投入電力からジャンクション温度を算出することができます。
発光面とはんだ接合部の熱抵抗	$R_{\theta TS}$	LED の発光面からはんだ接合部までの熱抵抗です。はんだ接合部温度の測定値から表面温度を算出することができます。
実装基板および放熱部材の熱抵抗	$R_{\theta SA}$	LED のはんだ接合部から周囲(空气中)までの熱抵抗です。実装基板や放熱グリッド、ヒートシンクなどの放熱部材の合成抵抗です。



3.2 ランドパターン設計

本製品の電極端子形状および推奨ランドパターン形状を図 6、7 に示します。放熱に対する影響が一番大きいのはダイヒートシンク端子です。この端子は LED 内で電氣的に絶縁されているため図 8 に示すようにカソード端子とダイヒートシンク端子を銅箔パターンで接続することが可能です。このようにダイヒートシンク直下の銅箔パターンを広くとることで発生した熱を効率良く実装基板に広げることができます。

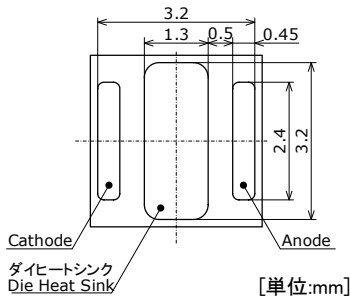


図 6. 電極端子

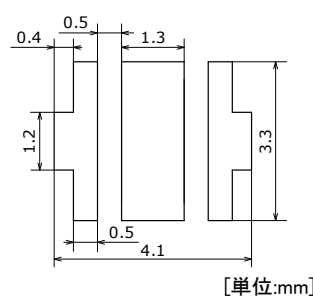


図 7. 推奨ランドパターン形状

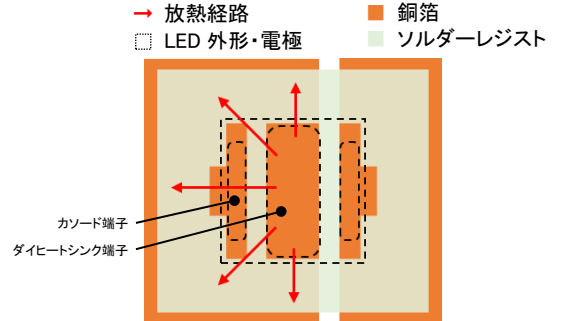


図 8. ランドパターン形成例

3.3 周辺部材について

2次光学レンズやカバーなどの周辺部材をご使用になられる場合は LED 表面で発生した熱や光が周辺部材に影響を与えないことをご確認ください。(図 9 参照) 参考に光学部品として使用される部材の一般的な耐熱温度を表 2 に示します。

また LED 表面や周辺部材にフラックスやゴミなどの異物が付着している場合、LED から発せられた強烈な光が照射されることで異物が発熱し、焦げや発煙などにつながる恐れがあるためご注意ください。(図 10 参照)

表 2. 参考耐熱温度²

材質	参考耐熱温度
アクリル	70-90°C
ポリカーボネート	120-130°C
ガラス	> 200°C
シリコーン	> 200°C



図 9. 熱による二次光学レンズの変形例

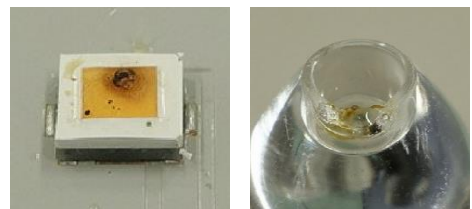


図 10. フラックス付着による焼損例

² 参考温度です。製品や仕様によって異なる場合があります。

4. 温度の測定方法

本製品の熱評価では、はんだ接合部温度 T_s 、ジャンクション温度 T_J 、表面温度 T_T を測定する必要があります。本章では各温度の測定方法をご紹介します。

4.1 はんだ接合部温度 T_s の測定方法

はんだ接合部温度は図 11 のようにはんだ接合部分(カソード端子側)に熱電対を固定して測定してください。放熱性能に影響が出ないよう熱電対は先端が小さく細いものを使用します。熱電対取り付けの際にフラックスや接着剤などが発光面に付着していないことを確認してください。

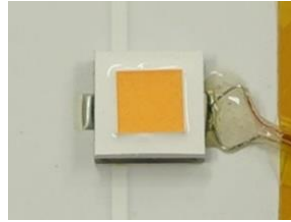


図 11. 接着剤による熱電対取り付け例

4.2 ジャンクション温度 T_J の測定方法

ジャンクション温度の測定には以下の 2 つの方法があります。各々の測定方法について簡単に説明します。

- ・ JESD51 に準拠した測定方法
- ・ はんだ接合部温度と投入電力から算出

4.2.1 JESD51 に準拠した測定方法

弊社では JESD51 に準拠した方法でジャンクション温度を測定しています。通常はジャンクション温度と相関関係がある順電圧 (ΔV_F) を測定することでジャンクション温度を導き出しますが、本製品に限っては順電圧よりも線形性に優れた LED チップのピーク波長 λ_P を使用します。測定の概要を以下に示します。

①ジャンクション温度—ピーク波長特性の取得

恒温槽内で一定温度に保たれた LED に駆動電流 I_F と同じ電流値で熱の発生が限りなく小さいパルス電流 I_{FP} を流し、発光スペクトル(LED チップのピーク波長 λ_P) を測定します。(図 12) これを複数の温度条件で実施します。LED の自己発熱がないため LED のジャンクション温度は恒温槽内の温度と一致します。よって図 13 のようにジャンクション温度とピーク波長の関係性が取得できます。

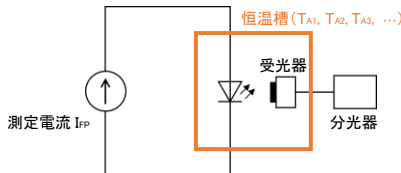


図 12. 測定回路

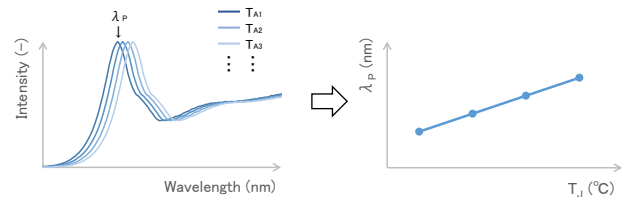


図 13. ジャンクション温度とピーク波長の関係

②ピーク波長の測定およびジャンクション温度の算出

駆動電流 I_F を流し熱飽和するまで十分な時間点灯させピーク波長を測定します。(図 14) 図 13 のジャンクション温度-ピーク波長特性を使用してここで測定されたピーク波長からジャンクション温度を導き出すことができます。(図 15)

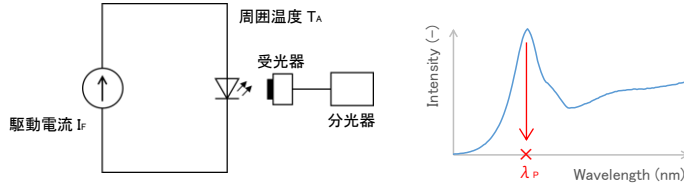


図 14. LED チップのピーク波長測定

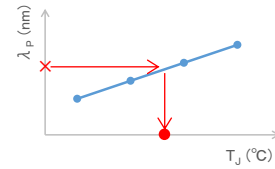


図 15. ジャンクション温度の算出

本製品では上記のような方法でジャンクション温度および熱抵抗の測定を行っています。³ ただし、この測定は専用の測定器が必要で、かつ器具やモジュールなどの測定には適していないため、お客様においては次に説明するはんだ接合部温度と投入電力から算出する方法をお勧めします。

4.2.2 はんだ接合部温度 T_S と投入電力から算出

熱電対で測定したはんだ接合部温度と熱抵抗 $R_{\theta JS}$ および投入電力(順電圧 V_F × 駆動電流 I_F)を使ってジャンクション温度を算出することができます。

計算式および計算に必要な熱抵抗値は式 1、表 3 または製品仕様書をご確認ください。なお設計に余裕を持たせるため熱抵抗値は最大値を使用することをお勧めします。

$$T_J = T_S + R_{\theta JS} \times W \quad (\text{式 1})$$

- T_J = ジャンクション温度(°C)
- T_S = はんだ接合部温度(°C)
- $R_{\theta JS}$ = チップからはんだ接合部までの熱抵抗(°C/W)
- W = 投入電力(W)

表 3. NVSW719AC の熱抵抗 $R_{\theta JS}$ ⁴

	単位	標準	最大
熱抵抗 $R_{\theta JS}$	°C/W	2.5	3.5

³ 測定精度向上のため予告なく変更する可能性があります。

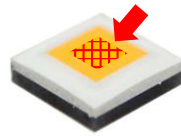
⁴ 最大値は参考値です。(使用基板: Al t=1.5mm、銅箔 t=35μm)

4.3 表面温度 T_T の測定方法

表面温度の測定は非接触型の赤外線サーモグラフィを使用してください。熱電対などの接触型測温器を使用した場合、センサー部や接着剤に光が当たることによって発熱し正確な測定値を得られない可能性があります。

表面温度は図 16 に示す製品発光面の中心部付近の温度を測定してください。ただし測定器の解像度が低い場合は温度が平均化され正確な測定ができませんので製品サイズに適した解像度の測定器を選定してください。

なお光学レンズやカバーなどで LED が覆われる場合は赤外線サーモグラフィによる測定ができません。この場合は熱電対で測定したはんだ接合部温度から表面温度の概算値を推測することになります。はんだ接合部温度と表面温度の関係については次章の評価結果を参照してください。



※測定放射率:0.95

図 16. 表面温度の測定箇所

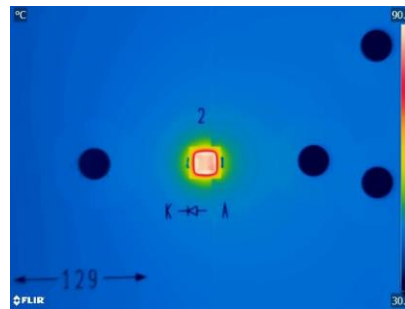


図 17. 赤外線サーモグラフィによる測定例

5. 熱評価

はんだ接合部温度 T_s と LED 表面温度 T_T を測定しました。

5.1 評価条件

5.1.1 評価 LED

白色 LED では色温度が低いものや演色性が高いものほど蛍光体濃度が高くなり、それに伴い蛍光体層(発光面)の発熱量は大きくなります。本評価では代表して以下 4 ランクの熱評価を行いました。

Lot1: 色度ランク sm27(色温度 2700K 相当)、演色性ランク R9050($R_a \geq 90$ 相当)

Lot2: 色度ランク sm40(色温度 4000K 相当)、演色性ランク R9050($R_a \geq 90$ 相当)

Lot3: 色度ランク sm50(色温度 4000K 相当)、演色性ランク R9050($R_a \geq 90$ 相当)

Lot4: 色度ランク Cr70(色温度 7000K 相当)、演色性ランク Rnn(R_a フリー)

5.1.2 実装基板およびヒートシンク

評価に使用した LED 実装基板およびヒートシンクは以下の通りです。

LED 実装基板

材質:	アルミ (厚み 1mm)
絶縁層熱伝導率 ⁵ :	2.7W/m \cdot K
絶縁層厚み:	120 μ m
銅箔厚み:	35 μ m
ランドパターン:	弊社推奨形状(図 7.8 参照)

ヒートシンク

参考寸法:	38mm \times 50mm \times 25mm
参考熱抵抗 ⁶ :	5.77 $^{\circ}$ C/W

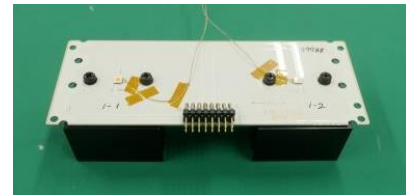


図 18. 評価基板、ヒートシンク外観

5.1.3 駆動電流値

水準 1: $I_f=500$ mA

水準 2: $I_f=1050$ mA(定格電流)

水準 3: $I_f=1500$ mA(最大定格電流)

5.2 評価方法

周囲温度 $T_A=25^{\circ}$ Cの無風環境で点灯させ、十分に熱飽和した状態ではんだ接合部温度と発光面温度を測定しました。はんだ接合部温度は熱電対で測定、表面温度は発光面の表面を赤外線サーモグラフィで測定しました。

また測定されたはんだ接合部温度と熱抵抗 $R_{\theta_{JS}}$ (3.5 $^{\circ}$ C/W)を使用しジャンクション温度を算出しました。

⁵ メーカーのカタログ値です。

⁶ シミュレーション値です。

5.3 評価結果

はんだ接合部温度と表面温度の測定結果、およびはんだ接合部温度から算出されたジャンクション温度を図 19-22 に示します。

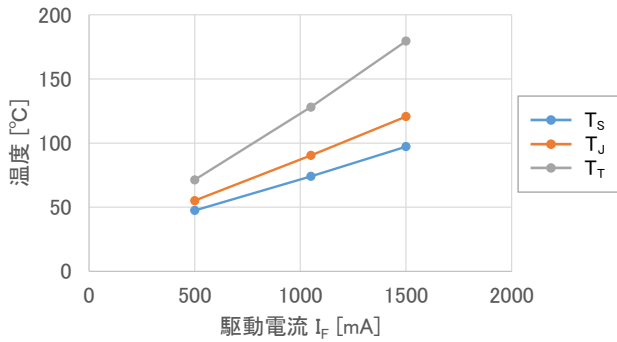


図 19. sm27/R9050 ランク測定結果

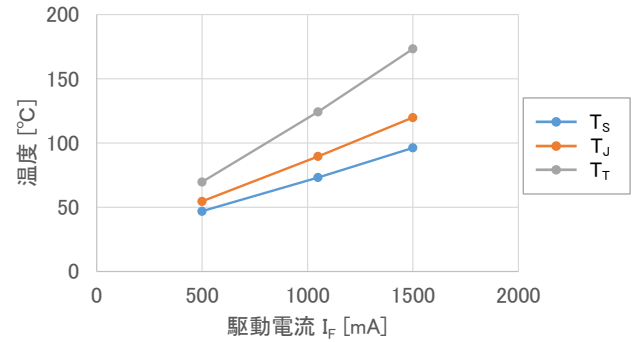


図 20. sm40/R9050 ランク測定結果

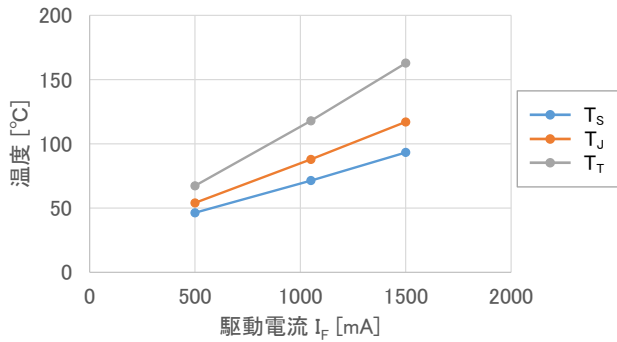


図 21. sm50/R9050 ランク測定結果

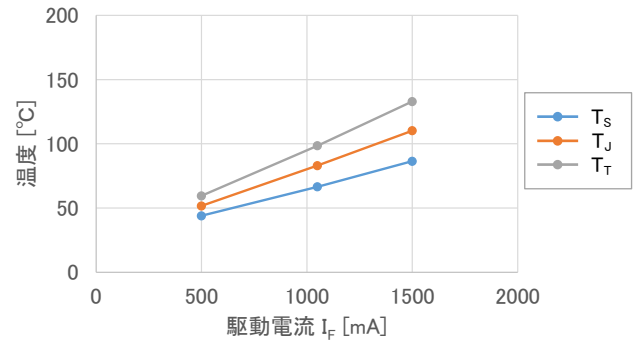


図 22. Cr70/Rnn ランク測定結果

いずれの条件もジャンクション温度より表面温度の方が高くなります。特に色温度の低いものほど表面温度の上昇が大きいため注意が必要です。器具設計の際はジャンクション温度とともに必ず表面温度を測定し、最大定格温度または推奨温度を超えていないことを確認する必要があります。

5.4 表面温度 T_T の算出方法について

図 19-22 の結果から得られる熱抵抗 $R_{\theta TS}$ (発光面からはんだ接合部までの熱抵抗) を図 23-26 に示します。この熱抵抗 $R_{\theta TS}$ を使用することではんだ接合部温度から表面温度の概算値を算出することができます。計算式は式 2 を参照してください。使用する熱抵抗値は LED ランクおよび駆動電流の組み合わせで一番近い条件の値を読み取ってください。

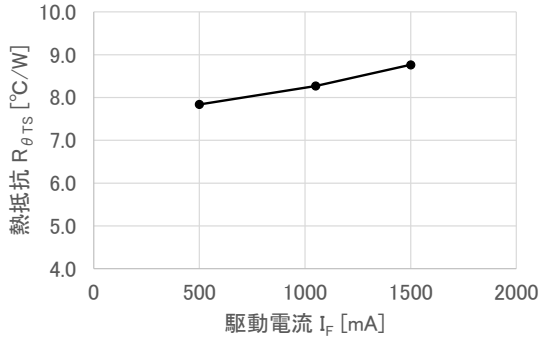


図 23. sm27/R9050 ランク測定結果

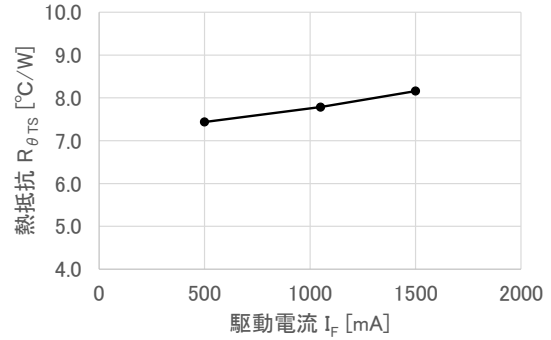


図 24. sm40/R9050 ランク測定結果

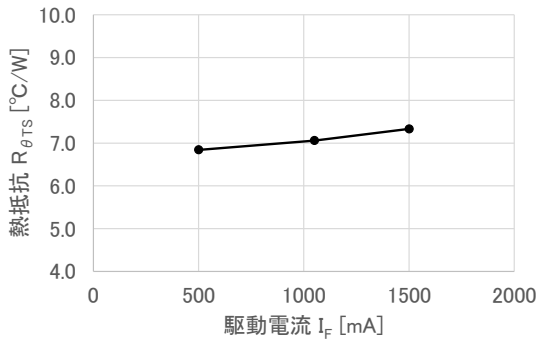


図 25. sm50/R9050 ランク測定結果

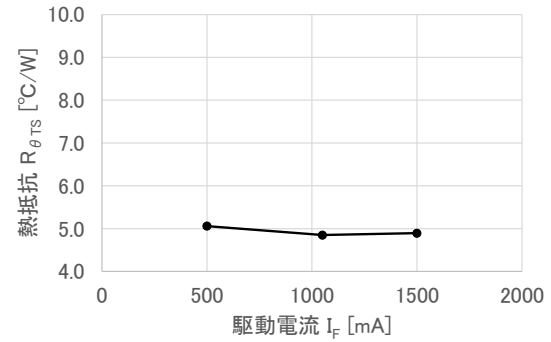


図 26. Cr70/Rnn ランク測定結果

$$T_T = T_S + R_{\theta TS} \times W \quad (\text{式 2})$$

- T_T = 表面温度(°C)
- T_S = はんだ接合部温度(°C)
- $R_{\theta TS}$ = 表面からはんだ接合部までの熱抵抗(°C/W)
- W = 投入電力(W)




6. 参考設計例

放熱性能の異なる3つのモジュールの熱評価を行いました。放熱設計の参考にしてください。

6.1 評価モジュール仕様

評価したモジュールの仕様を表4に示します。

表 4. 評価モジュール仕様

		モジュール①	モジュール②	モジュール③
外観				
搭載 LED		NVSW719AC sm27/R9050	←	←
LED 実装基板	寸法	Φ20mm	Φ40mm	Φ60mm
	材質	アルミ(厚み 1.0mm)	←	←
	絶縁層熱伝導率 ⁷	2.7 W/m・K	←	←
ヒートシンク	寸法	Φ23.5mm × 14mm	Φ40mm × 27mm	66mm × 75mm × 40mm
	参考熱抵抗 ⁷	19°C/W	10°C/W	1.9°C/W

6.2 評価方法

周囲温度 $T_A=25^\circ\text{C}$ の無風環境で点灯させ、十分に熱飽和した状態ではんだ接合部温度と発光面温度を測定しました。はんだ接合部温度は熱電対で測定、表面温度は発光面の表面を赤外線サーモグラフィで測定しました。

また測定されたはんだ接合部温度と熱抵抗 $R_{\theta\text{JS}}$ (3.5°C/W) を使用しジャンクション温度を算出しました。

⁷ メーカーのカタログ値です。

6.3 評価結果

評価結果を図 27-29 に示します。

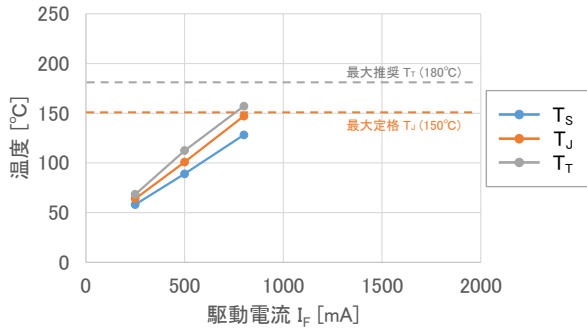


図 27. モジュール①(Φ20mm)測定結果

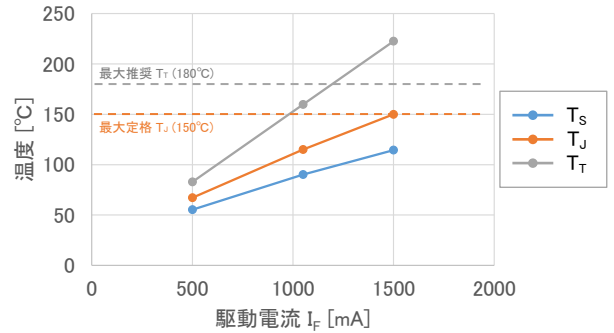


図 28. モジュール②(Φ40mm)測定結果

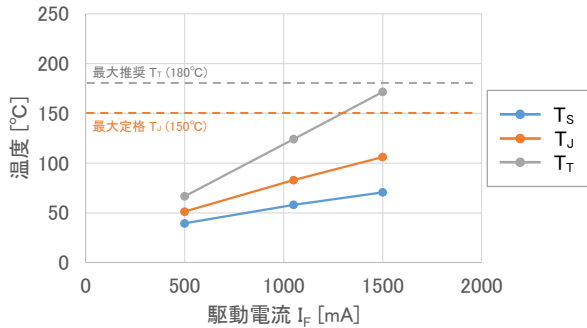


図 29. モジュール③(Φ60mm)測定結果

ヒートシンクの容量が小さく放熱性能が低いモジュール①では $I_F=800\text{mA}$ でジャンクション温度が最大定格温度に達するためそれ以上出力を上げることができません。またモジュール②では $I_F=1200\text{mA}$ で表面温度が 180°C を超えるためそれ以上での使用は推奨されません。本製品を最大出力で使用するにはジャンクション温度と表面温度がいずれも最大定格温度および最大推奨温度を超えないモジュール③同等もしくはそれ以上の放熱性能が必要であることがわかります。

なお本評価は周囲温度 $T_A=25^\circ\text{C}$ での測定結果です。器具設計の際は光学カバーや筐体で密閉されることによる LED 周囲温度の上昇を加味した熱設計を行う必要があります。

7. まとめ

NVSW719AC の高輝度、高出力という特徴を活かすためには放熱設計が重要になります。お客様においては本書を参考に、最終仕様製品で十分な熱評価を実施し、余裕を持った熱設計を行ってください。

本書に示す評価結果および熱抵抗値 $R_{\theta TS}$ は弊社評価条件および環境におけるものであり、お客様の使用条件や環境によって結果が異なる場合があります。これらの値は参考値としてお取り扱い願います。

<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