



型番 NxSxExxA

高密度実装モジュールについて

目次

1. 概要.....	2
2. LED の構造と高密度実装化における懸念点について.....	2
3. 高密度実装について.....	3
4. 基板について.....	4
5. 光学特性について.....	4
6. 放熱と光束について.....	8
7. モジュール設計例.....	13
8. ESD 対策について.....	15
9. まとめ.....	15

本書内に記載する型番 NxSxExxA、NCSxE17A および NVSxE21A 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

近年 LED 照明器具の小型化や大光量化により、小型で高光束、高効率な LED が求められています。弊社の NxSxExxA は、従来の同出力クラスの LED よりもサイズダウンしているため、高輝度、高光束タイプの高密度実装モジュール用に適しています。

本アプリケーションノートでは、NxSxExxA の高密度実装時における光学特性への影響や熱の集中に対する懸念点について、評価結果を交えつつ解説します。

2. LED の構造と高密度実装化における懸念点について

NxSxExxA は、コンパクトなパッケージかつ LED の発光効率を最大限に高めた構造としています。また、リードフレーム等の一次基板を介さない構造（フェイスダウン構造の素子を直接二次基板に半田実装可能）になっています。NxSxExxA の外観図を図 1 に、構造概略図を図 2 に示します。



図 1. NxSxExxA

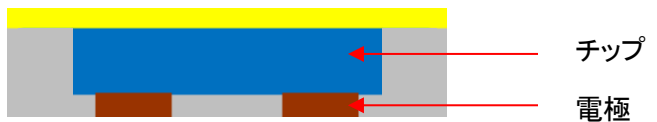


図 2. 構造概略図

弊社の NxSxExxA には、パッケージサイズが 2.1×2.1mm の NVSxE21A とパッケージサイズが 1.7×1.7mm の NCSxE17A の 2 種類があります。LED の外形寸法図を図 3、図 4 に示します。なお、高密度実装モジュールに使用する LED は、お客様での LED 照明器具の性能、デザインに応じて選択していただければ幸いです。

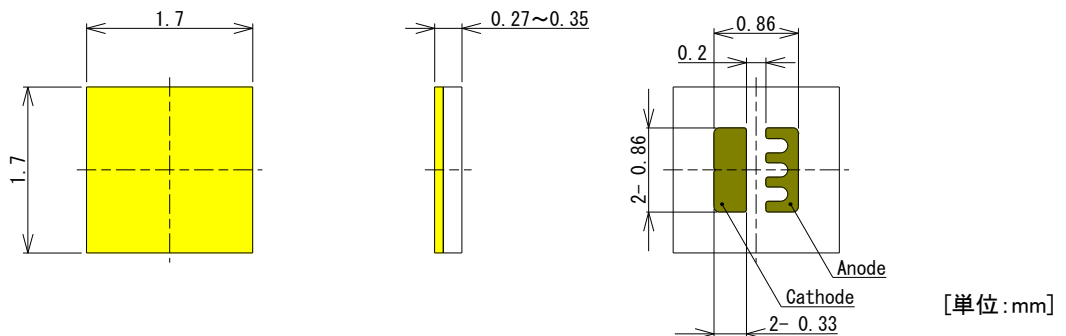


図 3. NCSxE17A 外形寸法

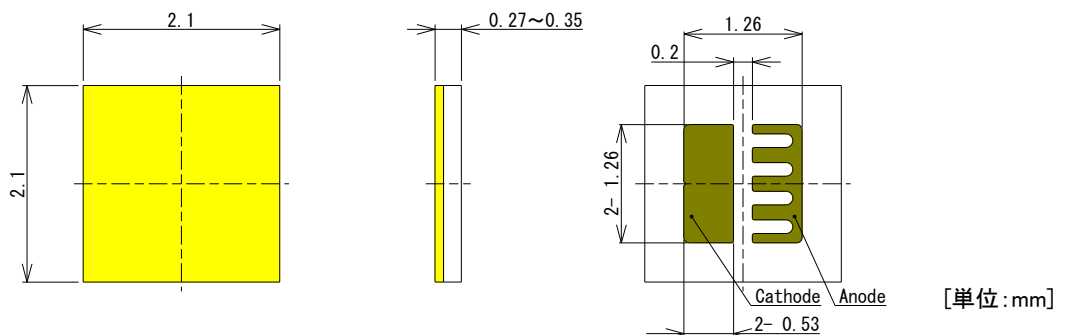


図 4. NVSxE21A 外形寸法

次に、高密度実装モジュールを設計するにあたって、懸念点となる項目を以下に示します。

- ① 高密度実装における LED 間隔
- ② 高密度実装に使用する基板材料
- ③ LED 間隔による光束への影響
- ④ LED 間隔による指向特性および配光色調への影響
- ⑤ LED 間隔によるマルチシャドウへの影響
- ⑥ LED 間隔による照射面への影響
- ⑦ LED 間隔による放熱と光束への影響

上記項目について、次章以降に解説しますので参考にしてください。

3. 高密度実装について

3.1 LED 間隔について

高密度モジュールでの LED 間隔は、実装機の精度・パッケージの寸法公差・パッケージと電極の公差を加味して設計する必要があります。必要 LED 間隔を式 1 に示します。

$$\sqrt{0.1^2(\text{実装機}) + 0.05^2(\text{パッケージ}) + 0.05^2(\text{パッケージと電極})} = 0.122\text{mm}(\text{片側}) \rightarrow 0.244\text{mm} \approx 0.3\text{mm}$$

式 1. 必要 LED 間隔

式 1 より、LED 間隔は、0.3mm 必要です。さらにパッケージの傾きも考慮し、最小 LED 間隔は 0.4mm 以上を推奨します。

なお、NxSxExxA は、電極間のクリアランスが非常に小さく、またセルフアライメントが効きにくいので、高密度実装時には十分注意する必要があります。詳細な実装方法等については、アプリケーションノート「NCSxE17A/NVSxE21A 実装について」を参照ください。

3.2 高密度実装配置例について

LED 間隔 0.4mm にて NVSxE21A を実装した場合の高密度実装配置例を表 1 に示します。

表 1. 高密度実装配置例

配置図					
LED 数	1	4	8	12	16
発光径 [mm]	φ 3.0	φ 6.5	φ 9.8	φ 10.7	φ 13.6
光束 [lm]	(300)	(1200)	(2400)	(3600)	(4800)

T_A=25°C

上記例に示すように、コンパクトなパッケージのため、自由な配置・設計が可能です。LED 配置を工夫していただくことにより LED 発光径の変更が容易となり、様々な光源設計に対応することができます。

4. 基板について

4.1 使用する基板材料について

LED を高密度実装する際には隣接する LED から熱の影響を受けて、温度が上昇することが予想されます。熱が集中することにより、LED では光束の低下や寿命への影響、基板ではレジストの変色等が懸念されるため、基板材料の選定が重要となります。

NxSxExxA 高密度実装用基板は、放熱性の悪い CEM-x や FR-x 基板では集中した熱を十分に拡散することが難しいため、放熱性のよい金属基板等の使用を推奨します。

4.2 ランドについて

ランドパターンは SMD (Solder Mask Defined) と NSMD (Non Solder Mask Defined) があります。NxSxExxA では精密な実装性が求められるため、NSMD を推奨します。

詳細な説明については、アプリケーションノート「NCSxE17A/NVSxE21A 実装について」を参照ください。

5. 光学特性について

高密度実装したモジュールについて、光学特性(光の干渉、指向特性・配光色度、マルチシャドウ、照射面状態)に懸念点があるため、NCSxE17A (5000K/R8000)を外形 25×25mm の基板に 12 個実装し、LED 間隔を 0.2～1.9mm と条件を振って評価を行いました。

5.1 評価に使用した高密度実装モジュールについて

評価に使用したモジュールの LED 配置図を表 2 に、基板仕様を表 3 に示します。

表 2. LED 配置図

LED 間隔 [mm]	0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
発光径 [mm]	φ 8.2	φ 8.9	φ 10.4	φ 12.0	φ 13.6
配置					

表 3. 基板仕様

外形 [mm]		25 × 25			
構造					
銅箔	厚み	[μm]	35		
	熱伝導率	[W/mK]	400		
レジスト	-	-	白		
絶縁層	厚み	[μm]	120		
	熱伝導率	[W/mK]	2.1	11.1	2.7
主金属	材質	-	Al6063		Cu
	厚み	[μm]	1.0	2.0	1.0
	熱伝導率	[W/mK]	218	218	400

5.2 LED 間隔による光束への影響について

高密度実装時には隣接する LED により光の干渉を受ける場合があります。高密度に実装してしまうと LED から出る光が遮られ、光束の低下の要因になります。LED 間隔における光の干渉メカニズムについて、図 5 および図 6 に示します。

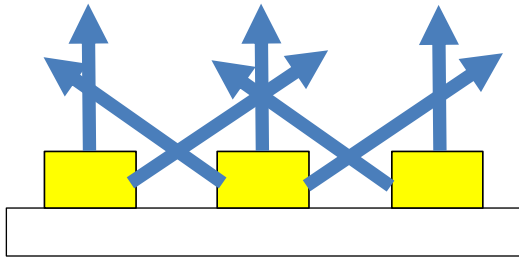


図 5. 十分な LED 間隔がとられている場合

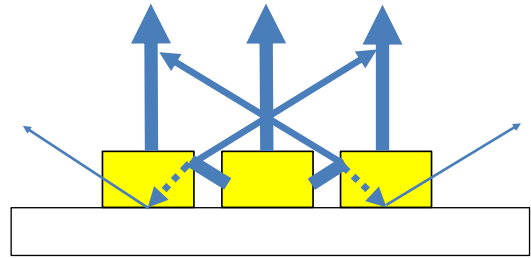


図 6. 十分な LED 間隔がとられていない場合

図 5 では十分な LED 間隔が確保されているため、隣接 LED への光の干渉が少ないですが、図 6 では十分な LED 間隔がとられていないため、隣接 LED に光が吸収され、総光束が低下する可能性があります。

上記のメカニズムから、高密度実装時には光の干渉が懸念されるため、LED 間隔を 0.2~1.9mm と条件を振って評価を行いました。高密度実装時の光束推移を表 4 および図 7 に示します。高密度実装品の光束推移結果より、LED 間隔差における光の干渉は見られません。

表 4. 高密度実装時の光束推移

測定条件: $I_{FP}=350\text{mA}$, $T_A=25^\circ\text{C}$

LED 間隔 [mm]	0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
AL (t=1.0mm)	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
AL (t=2.0mm)	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00
Cu (t=1.0mm)	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00

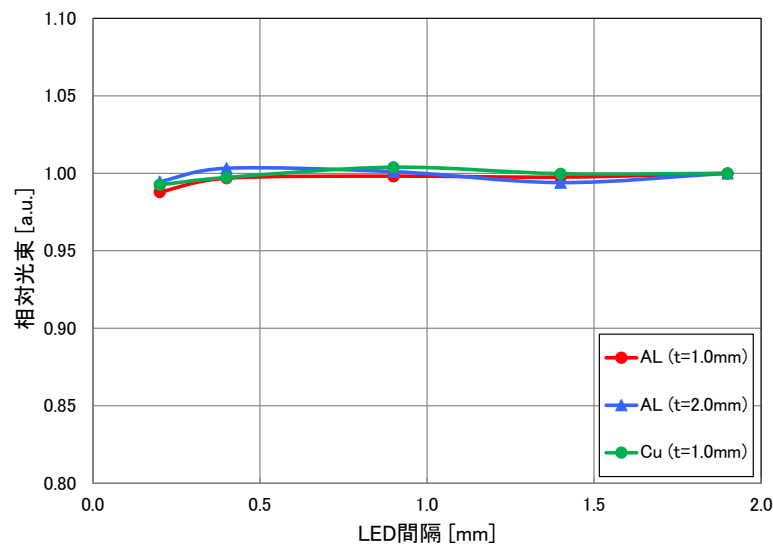


図 7. 高密度実装時の光束推移

5.3 指向特性および配光色調について

LED 単品と高密度実装品の指向特性および配光色調について、比較評価を行いました。指向特性比較を図 8 に配光色度比較を 図 9 に示します。

高密度実装品の指向特性および配光色調は、LED 単品との値と大差はありません。

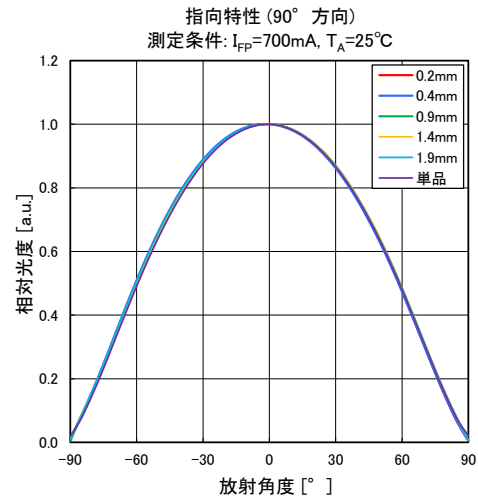
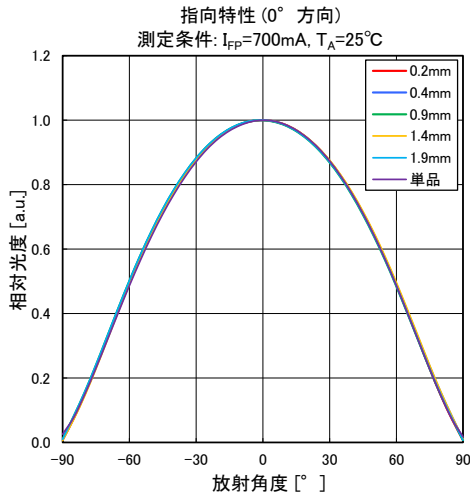
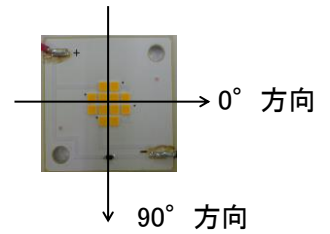


図 8. 指向特性比較

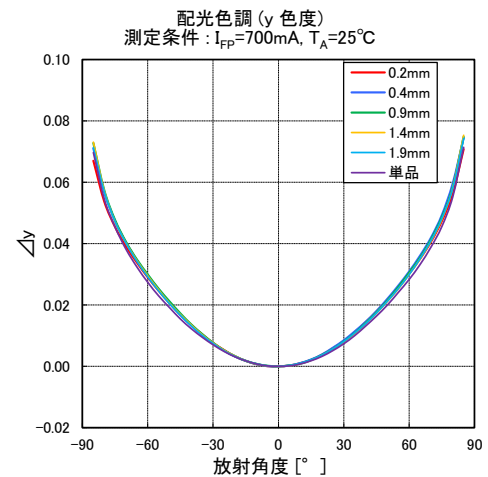
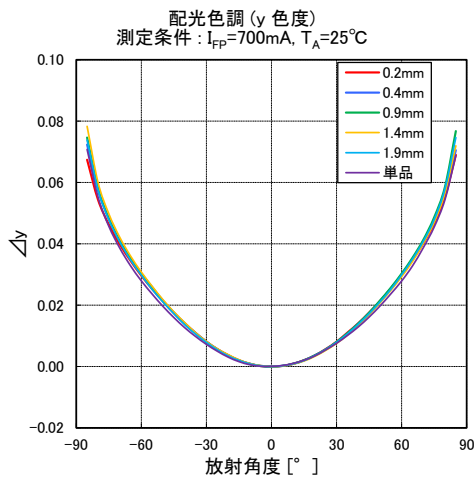
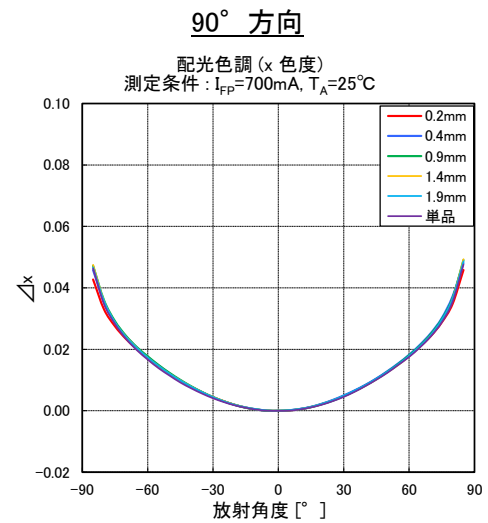
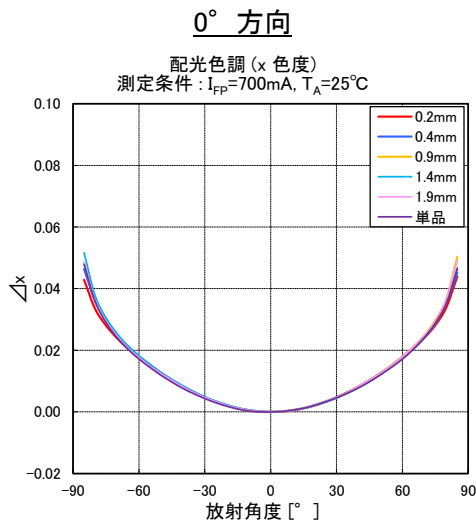


図 9. 指向色度比較

5.4 マルチシャドウについて

LED 間隔が異なれば物体への光の照射角度が変わるため、LED 光源とスクリーンを固定し、物体を動かした時のマルチシャドウについて評価しました。マルチシャドウ確認評価方法を図 10 に評価結果を表 5 に示します。

LED 間隔が狭い程、マルチシャドウは改善する傾向にあります。また、対物距離が遠いほど、明瞭な影を確認することができます。

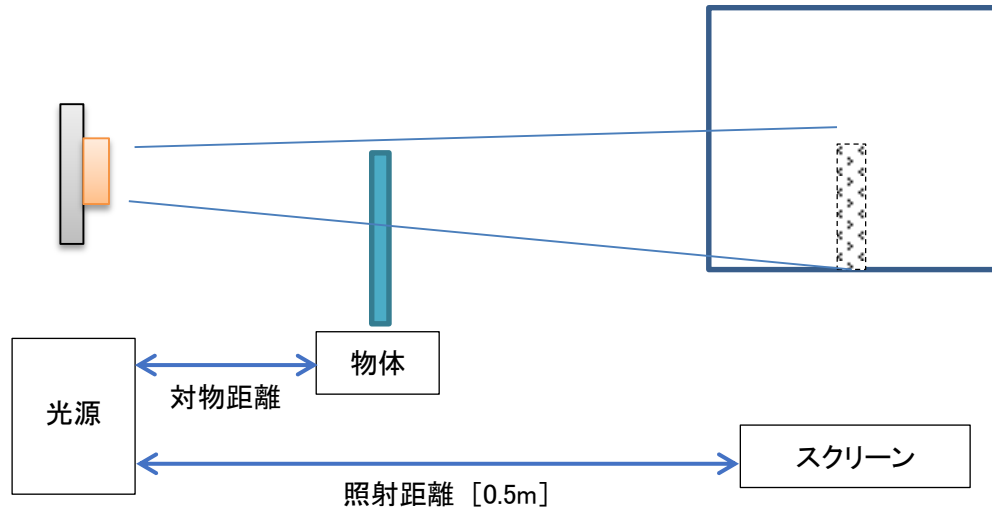


図 10. マルチシャドウ評価方法

表 5. マルチシャドウ評価結果

$I_f=50\text{mA}$, 照射距離 0.5m

LED 間隔 [mm]		0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
対物距離 [m]	0.1					
	0.2					
	0.3					
	0.4					

5.5 照射面確認

LED 間隔における照射面の差異を確認しました。検証方法は先のマルチシャドウ確認評価方法の図 10 から物体を除外しています。照射面確認結果を表 6 に示します。高密度実装を行っても、拡散レンズやリフレクターの有無によらず正面光・側面光に差は見られません。

表 6. 照射面確認結果

$I_F=50\text{mA}$, 照射距離 0.5m

LED 間隔 [mm]		0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
外観						
正面	灯具					
	リフレクターのみ					
	LED のみ					
側面						
目視による差異		色ムラ無し。各実装間隔による見栄え変化無し。				

Light Emitting Diode

6. 放熱と光束について

LED を高密度実装することにより、隣接する LED からの熱の影響を受け、熱集中による光束低下が懸念されます。この章では、LED 間隔による熱集中と熱による光束低下について評価しました。

まず、熱集中を緩和する為には、十分な放熱環境が必要となります。12W 基板 ($I_F=350\text{mA}$, 1W/LED)では、熱抵抗 2.0°C/W のヒートシンクを選定し、24W 基板 ($I_F=700\text{mA}$, 2W/LED)では熱抵抗 0.5°C/W のヒートシンクを選定しました。それぞれのヒートシンクの寸法と写真を図 11, 12 に示します。なお、使用したグリスの熱伝導率は $0.84\text{W/m}\cdot\text{K}$ です。



図 11. 熱抵抗 2.0°C/W 品 (100*143*30mm)



図 12. 熱抵抗 0.5°C/W 品 (150*294*90mm)

6.1 12W 印加時の LED 間隔と熱集中および熱による光束低下

12W 印加時における 1 時間エージング後の熱を評価しました。放熱評価結果を表 7~9 と図 13 に示します。

表 7. 放熱評価結果 (AL 基板 t=1.0mm)

LED 間隔 [mm]	0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
熱分布					
LED 表面温度 T_T [°C]	65.5	63.3	61.2	57.4	51.6
基板温度 T_B [°C]	37.3	36.6	35.5	35.9	35.1
熱抵抗 $R_{\theta TB}$ [°C/W]	27	25	24	20	16

表 8. 放熱評価結果 (AL 基板 t=2.0mm)

LED 間隔 [mm]	0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
熱分布					
LED 表面温度 T_T [°C]	53.6	53.6	54.3	50.1	50.1
基板温度 T_B [°C]	34.1	34.4	34.8	34.8	34.3
熱抵抗 $R_{\theta TB}$ [°C/W]	19	18	19	15	15

表 9. 放熱評価結果 (Cu 基板 t=1.0mm)

LED 間隔 [mm]	0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
熱分布					
LED 表面温度 T_T [°C]	66.8	59.4	56.1	51.7	49.6
基板温度 T_B [°C]	32.8	33.4	33.2	33.7	35.1
熱抵抗 $R_{\theta TB}$ [°C/W]	32	25	22	17	14

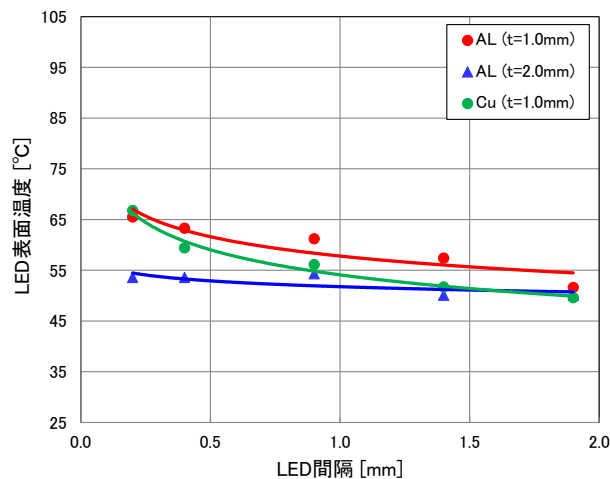


図 13. 基板種類と LED 間隔による放熱影響

LED 間隔を狭くすることで熱集中が発生します。放熱性の良い基板を用いることで、熱集中を抑制することが可能です。次に熱集中による光束の低下を評価しました。放熱評価結果を表 10～12 と図 14 に示します。

表 10. 放熱評価結果 (AL 基板 t=1.0mm)

LED 間隔 [mm]		0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
光束 [lm]	点灯時間 1.5 秒	1702	1717	1719	1718	1722
	点灯時間 1 時間	1589	1610	1621	1624	1629
光束低下 [%]		6.6	6.2	5.7	5.5	5.4

表 11. 放熱評価結果 (AL 基板 t=2.0mm)

LED 間隔 [mm]		0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
光束 [lm]	点灯時間 1.5 秒	1722	1737	1733	1721	1731
	点灯時間 1 時間	1633	1641	1642	1636	1646
光束低下 [%]		5.2	5.5	5.3	5.0	4.9

表 12. 放熱評価結果 (Cu 基板 t=1.0mm)

LED 間隔 [mm]		0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
光束 [lm]	点灯時間 1.5 秒	1710	1718	1729	1722	1722
	点灯時間 1 時間	1594	1618	1631	1632	1631
光束低下 [%]		6.8	5.8	5.7	5.2	5.3

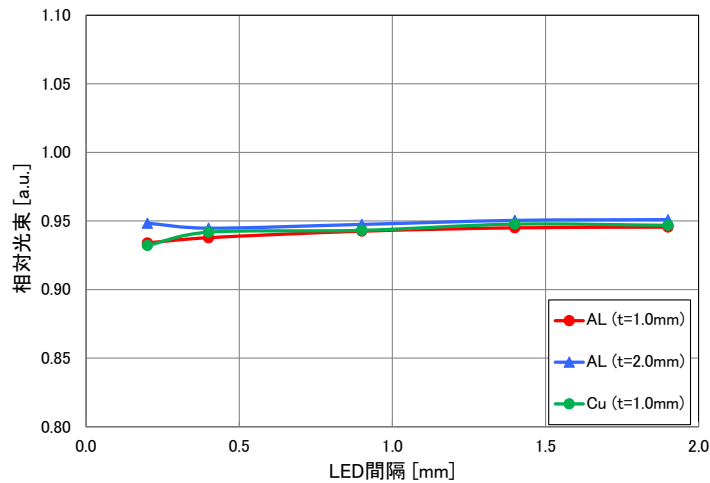


図 14. 基板種類と熱集中による光束影響

LED 間隔を狭めることで熱集中による光束低下が発生します。放熱性の良い基板を用いることで、熱集中による光束低下を抑制することが可能です。

6.2 24W 印加時の LED 間隔と熱集中および熱による光束低下

24W 印加時における 1 時間エージング後の熱を評価しました。放熱評価結果を表 13~15 と図 15 に示します。

表 13. 放熱評価結果 (AL 基板 t=1.0mm)

LED 間隔 [mm]	0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
熱分布					
LED 表面温度 T_T [°C]	100.5	93.1	91.8	81.7	80.7
基板温度 T_B [°C]	37.3	37.2	37.0	37.3	37.3
熱抵抗 $R_{\theta TB}$ [°C/W]	30	27	26	21	21

表 14. 放熱評価結果 (AL 基板 t=2.0mm)

LED 間隔 [mm]	0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
熱分布					
LED 表面温度 T_T [°C]	74.4	66.7	68.5	61.9	56.3
基板温度 T_B [°C]	25.5	25.4	25.7	25.9	25.9
熱抵抗 $R_{\theta TB}$ [°C/W]	23	20	20	17	14

表 15. 放熱評価結果 (Cu 基板 t=1.0mm)

LED 間隔 [mm]	0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
熱分布					
LED 表面温度 T_T [°C]	96.4	85.5	77.3	74.4	66.9
基板温度 T_B [°C]	30.5	30.5	29.9	30.7	30.3
熱抵抗 $R_{\theta TB}$ [°C/W]	31	26	23	21	17

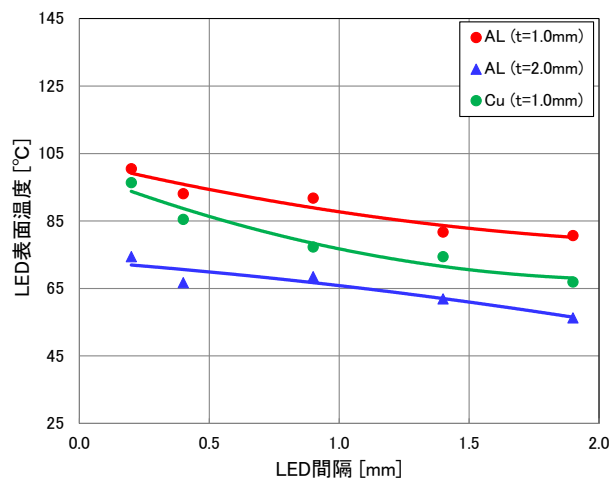


図 15. 基板種類と LED 間隔による放熱影響

高電流印加時には、高密度実装時に急激な温度の上昇が確認できます。ジャンクション温度の上昇を抑えるには、放熱性の良い基板を用いることと LED 間隔に注意する必要があります。次に熱集中と光束の低下を評価しました。放熱評価結果を表 16～18 と図 16 に示します。

表 16. 放熱評価結果 (AL 基板 t=1.0mm)

LED 間隔 [mm]		0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
光束 [lm]	点灯時間 1.5 秒	3054	3047	3070	3072	3081
	点灯時間 1 時間	2763	2810	2855	2872	2888
光束低下 [%]		9.5	7.8	7.0	6.5	6.3

表 17. 放熱評価結果 (AL 基板 t=2.0mm)

LED 間隔 [mm]		0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
光束 [lm]	点灯時間 1.5 秒	3089	3104	3102	3070	3093
	点灯時間 1 時間	2902	2927	2926	2917	2931
光束低下 [%]		6.0	5.7	5.7	5.0	5.2

表 18. 放熱評価結果 (Cu 基板 t=1.0mm)

LED 間隔 [mm]		0.2	0.4	0.9	1.4	1.9
光束 [lm]	点灯時間 1.5 秒	3070	3065	3095	3084	3086
	点灯時間 1 時間	2773	2849	2889	2895	2899
光束低下 [%]		9.7	7.0	6.6	6.1	6.1

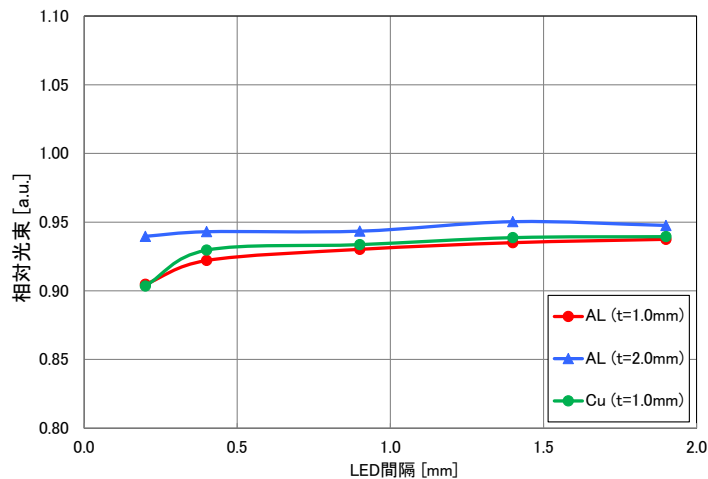


図 16. 基板種類と LED 間隔による光束影響

高電流印加時には、十分な放熱環境を整えても、著しい光束の低下が発生します。十分な光束を維持する場合には、基板と LED 間隔の適切な選定が必要です。

なお、6 章での温度は赤外線サーモグラフィでの測定値となります。これはチップ温度ではなく、LED 表面温度となります。また、実際に赤外線サーモグラフィで測定する場合には、熱電対と併用し、整合性を確認してください。

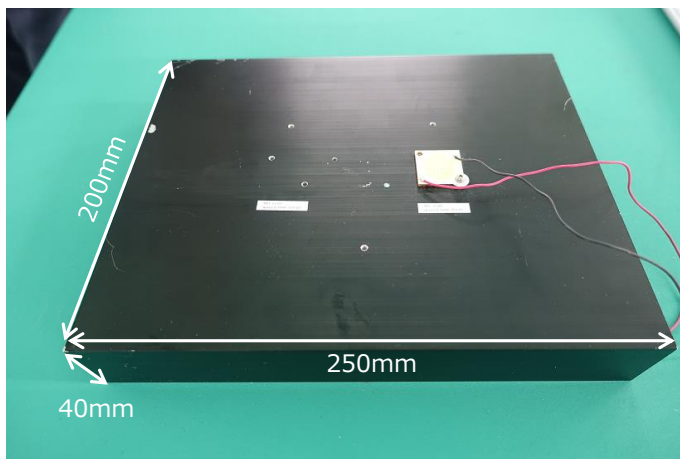
7. モジュール設計例

これまでの章を踏まえて例としてモジュールを設計しました。ターゲットとして、 $\phi 20\text{mm}$ 7000lm/50W @ $T_J=85^\circ\text{C}$ と設定します。モジュール設計例を表 19 に示します。

表 19. モジュール設計例

NCSxE17A PKG □1.7mm 4000K Ra>70		
配置図		
LED 間隔	0.4 mm	
LED 数	60pcs	63pcs
条件	目標光束 7000lm/50W $T_J=85^\circ\text{C}$	
光束	[lm]	7003
順電流	[mA]	295
消費電力	[W]	50.3
発光効率	[lm/W]	139

これらのモジュールを十分に放熱させるために使用したヒートシンクの仕様を図 17 に示します。



$T_A: 25^\circ\text{C}$
 ヒートシンク: 0.33°C/W
 グリス: $9.0\text{W/m}\cdot\text{K}$
 基板: Cu, $t=1.5\text{mm}$
 絶縁層 $120\mu\text{m}$ ($3\text{W/m}\cdot\text{K}$)
 銅 $35\mu\text{m}$

図 17. ヒートシンク

モジュールをヒートシンクに取り付け、諸特性を確認しました。モジュール評価結果を表 20.に示します。

表 20. モジュール評価結果

NCSxE17A PKG □1.7mm 4000K Ra>70						
配置図						
LED 間隔	0.4 mm					
LED 数	60pcs			63pcs		
点灯条件 (I_F /点灯時間)	$I_F=295\text{mA}$			$I_F=280\text{mA}$		
	算出値	測定値		算出値	測定値	
1.5sec		1hr	1.5sec		1hr	
光束[lm]	7003	7723	7502	7020	7759	7560
消費電力[W]	50.3	51.6	50.2	50.0	51.2	49.8
発光効率[lm/W]	139	150	149	141	152	152
ジャンクション温度 T_J [°C]	85	-	-	85	-	-

2つのモジュールの熱分布を赤外線サーモグラフィにて確認を行った結果を表 21 に示します。1pcs あたりに流れる電流値が少なければ、熱の集中を軽減することができます。

表 21. 熱分布確認結果

NCSxE17A PKG□1.7mm,4000K Ra>70						
LED 間隔	0.4 mm					
LED 数	60pcs			63pcs		
条件	$I_F=295\text{mA}$			$I_F=280\text{mA}$		
熱分布						
基板温度 T_B [°C]	58.6			55.2		
LED 表面温度 T_T [°C]	68.8			65.2		
熱抵抗 $R_{\theta JT}$ [°C/W]	12.2			12.6		

8. ESD 対策について

NxSxExxA には保護素子が搭載されていないため、モジュール化するには ESD 対策として LED 近傍に保護素子を搭載することを推奨します。基板上の保護素子の有無による 2 種類の静電耐圧試験を行いました。

HBM 試験結果を表 22 に、MM 試験結果を表 23 に示します。保護素子を搭載しない場合、少しの電圧で破壊状態になる可能性があります。なお、当結果は動作を保証するものではありません。お客様の環境下にて保護素子の選定や試験を実施してください。

表 22. HBM 試験結果

 HBM, 1.5k Ω , 100pF, 順逆 1 回

ZD	電流	最大電圧 [kV]	結果
有り	順	10	OK
	逆	10	OK
無し	順	10	OK
	逆	1.7	NG

表 23. MM 試験結果

 MM, 0 Ω , 200pF, 順逆 1 回

ZD	電流	最大電圧 [kV]	結果
有り	順	4	OK
		4	OK
	逆	4	OK
		4	OK
無し	順	1.1	NG
		1.4	NG
	逆	1.2	NG
		1.5	NG

9. まとめ

NxSxExxA の高密度実装モジュールにおける懸念点を本アプリケーションノートで評価した結果、LED 間隔による光学特性への影響は確認できませんでした。しかし、LED 間隔を狭めるほど熱の集中が発生し、光束への影響が大きくなることを確認しました。また、7 章のモジュール設計例では、十分に放熱できる環境であれば、熱の集中も緩和され、光束への影響も抑えることも確認しました。

お客様で NxSxExxA を高密度実装モジュールに使用する場合には、LED 照明器具の設計に応じて、LED 間隔、器具の放熱設計等を十分ご検討ください。

なお、本アプリケーションノートでご紹介した内容は、いずれも NxSxExxA を取り扱う上で重要な項目となりますので、評価結果を参考に十分な検討、評価を行ってください。

<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