

(2018.02.09)

# Comparison Evaluation of GaN-based LEDs

Vol.2 Conclusion



# Table of Contents

**I. Introduction**

**II. X-ray analyses**

**III. SEM analyses**

**IV. Environmental tests**

**V. Thermal resistivity measurements**

**VI. Summary and conclusions**



# IV. Environmental tests



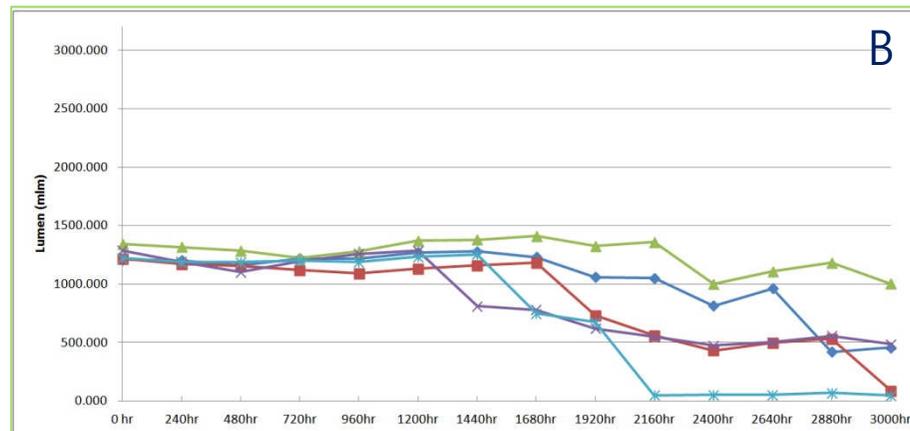
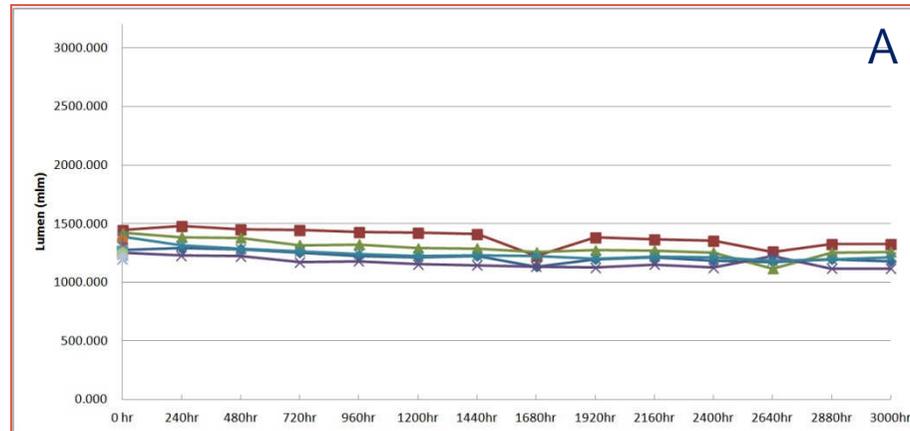
## Environmental test conditions

- **Test:**

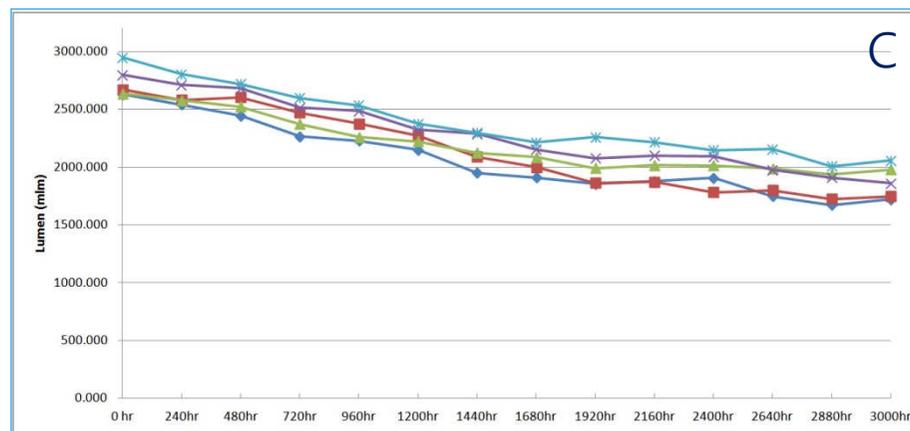
- High temperature and high humidity operation test:  
85 °C 85 %R.H., 3000 hr, rated current applied
- High temperature operation test: junction temperature 150 °C, 1000 hr
- Thermal shock test:  $(100 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $(-40 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ , each 20 min., 200 cycles

# Summary

# High temp. and high humidity operation test



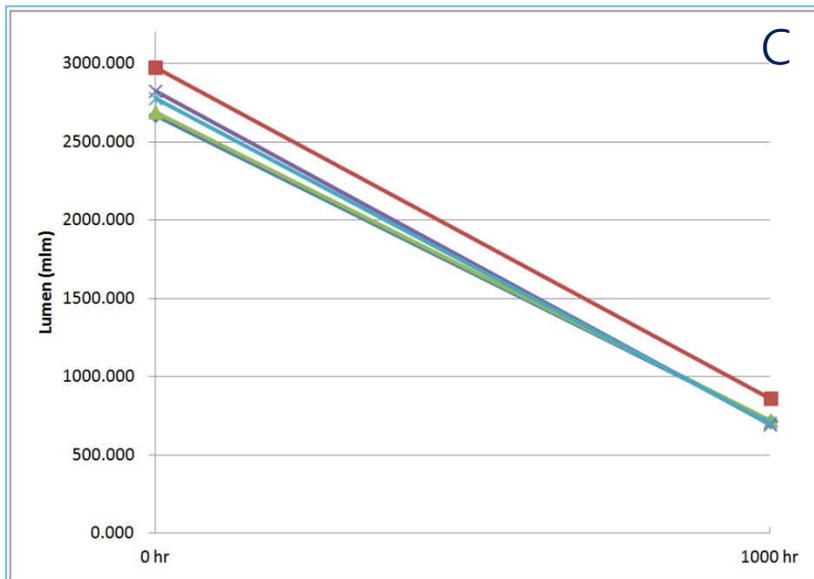
Luminous intensity spec.  
down:96%(max)



Luminous intensity spec.  
down:34.62%(max)

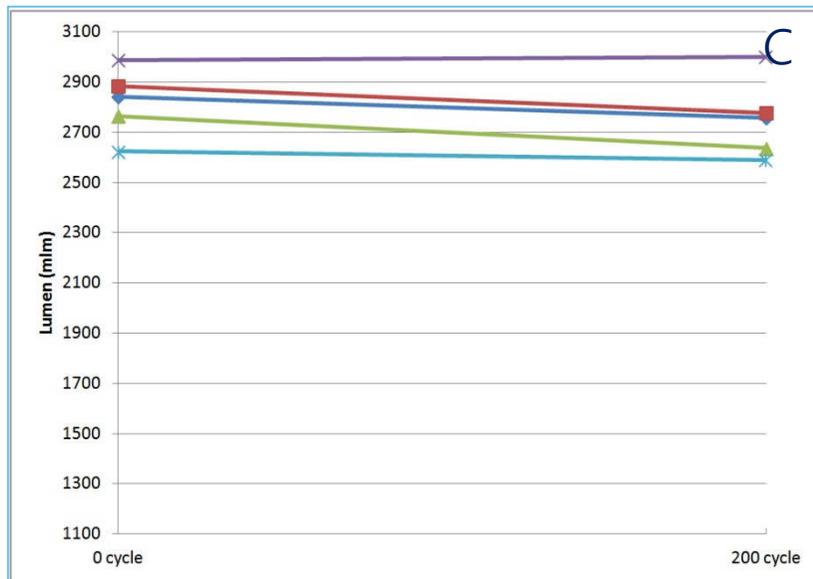
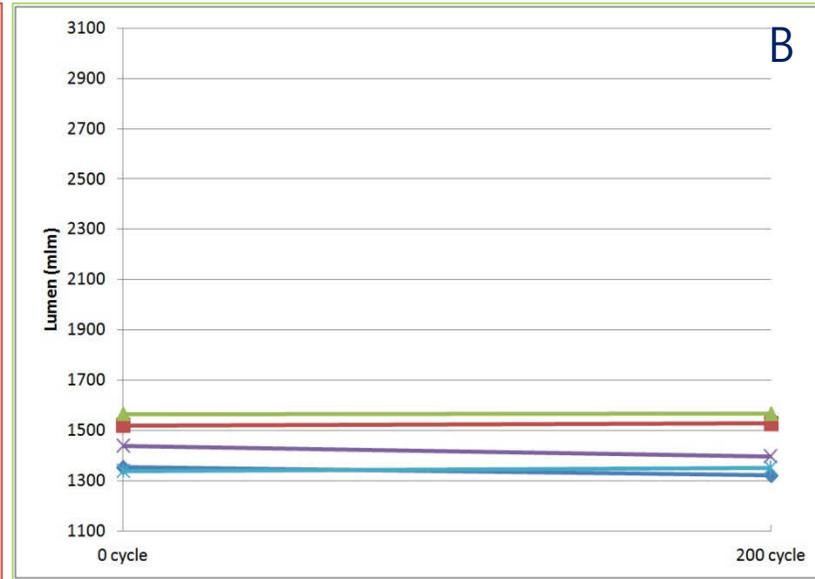
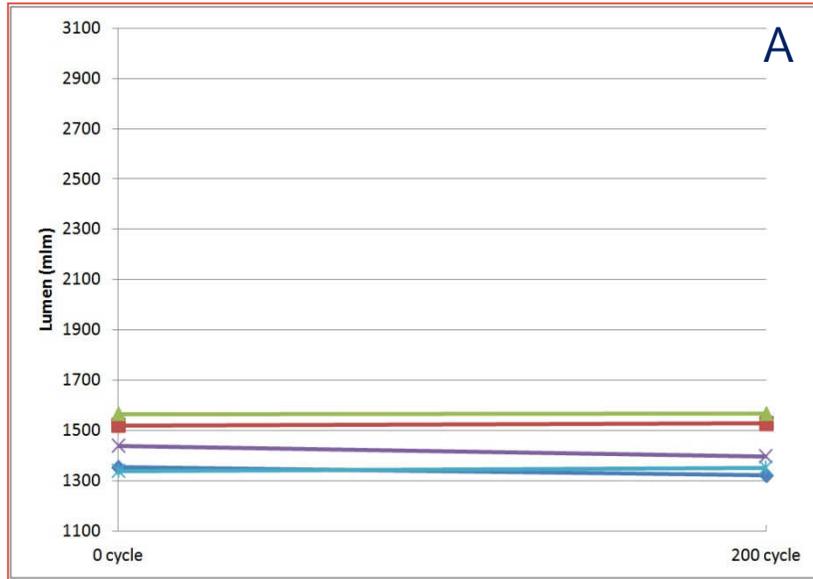
# Summary

# High temp. operation test ( $T_j=150\text{ }^\circ\text{C}$ )



# Summary

# Thermal shock test



A	Lumen (mlm)														change rate (%)
	No.	0 hr	240 hr	480 hr	720 hr	960 hr	1200 hr	1440 hr	1680 hr	1920 hr	2160 hr	2400 hr	2640 hr	2880 hr	
1	1274.976	1291.835	1280.679	1253.860	1227.343	1212.889	1224.979	1135.727	1197.026	1210.628	1185.484	1175.474	1195.045	1179.365	-7.50
2	1446.174	1481.908	1453.103	1444.675	1429.609	1421.858	1411.152	1223.780	1382.168	1366.82	1353.734	1259.868	1326.139	1327.589	-8.20
3	1424.138	1385.789	1379.430	1317.959	1324.445	1290.724	1288.365	1257.410	1273.596	1272.208	1254.261	1117.385	1253.719	1258.974	-11.60
4	1253.809	1228.202	1222.393	1171.605	1180.850	1153.933	1146.512	1135.542	1125.197	1150.813	1124.792	1223.809	1118.327	1118.269	-10.81
5	1390.270	1313.857	1285.461	1263.348	1241.578	1224.606	1227.441	1227.274	1202.793	1217.71	1212.585	1186.475	1198.444	1213.153	-12.74
min	1253.809	1228.202	1222.393	1171.605	1180.850	1153.933	1146.512	1135.542	1125.197	1150.813	1124.792	1117.385	1118.327	1118.269	
max	1446.174	1481.908	1453.103	1444.675	1429.609	1421.858	1411.152	1257.410	1382.168	1366.820	1353.734	1259.868	1326.139	1327.589	
avg	1357.873	1340.318	1324.213	1290.289	1280.765	1260.802	1259.690	1195.946	1236.156	1243.636	1226.171	1192.602	1218.335	1219.470	-10.28

B	Lumen (mlm)														change rate (%)
	No.	0 hr	240 hr	480 hr	720 hr	960 hr	1200 hr	1440 hr	1680 hr	1920 hr	2160 hr	2400 hr	2640 hr	2880 hr	
1	1210.008	1201.360	1163.096	1217.157	1218.747	1272.042	1279.292	1228.304	1057.018	1050.629	814.4129	963.3203	419.492	457.2333	-92.86
2	1220.457	1174.448	1157.657	1118.585	1092.045	1130.317	1163.108	1182.564	732.8701	563.9453	433.8803	500.9654	534.3218	87.0833	-25.36
3	1343.851	1317.235	1286.059	1222.568	1281.382	1372.496	1379.669	1413.528	1326.505	1359.393	1001.417	1109.244	1183.353	1003.029	-62.16
4	1288.985	1191.601	1102.580	1198.286	1258.853	1286.552	812.127	781.374	621.4777	550.7728	475.1403	502.7919	558.088	487.7427	-96.05
5	1224.036	1187.224	1187.251	1200.947	1188.352	1233.670	1254.971	748.706	673.6347	50.1814	53.6747	53.1108	72.0024	48.3485	-96.00
min	1210.008	1174.448	1102.580	1118.585	1092.045	1130.317	812.127	748.706	621.478	50.181	53.675	53.111	72.002	48.349	
max	1343.851	1317.235	1286.059	1222.568	1281.382	1372.496	1379.669	1413.528	1326.505	1359.393	1001.417	1109.244	1183.353	1003.029	
avg	1257.467	1214.374	1179.329	1191.509	1207.876	1259.015	1177.833	1070.895	882.301	714.984	555.705	625.887	553.451	416.687	-74.49

\*赤いフォントは最初のLumenから30%以上の変化を示す。

C	Lumen (mlm)														change rate (%)
	No.	0 hr	240 hr	480 hr	720 hr	960 hr	1200 hr	1440 hr	1680 hr	1920 hr	2160 hr	2400 hr	2640 hr	2880 hr	
1	2630.030	2537.464	2444.658	2264.115	2227.822	2149.250	1950.235	1908.935	1853.338	1877.265	1905.627	1746.11	1670.287	1719.43	-34.52
2	2670.153	2580.536	2604.802	2469.154	2374.807	2271.705	2089.503	1997.998	1860.719	1870.074	1780.942	1796.611	1723.935	1748.286	-24.91
3	2636.708	2577.659	2523.372	2372.919	2260.407	2221.855	2122.394	2085.948	1989.659	2015.601	2013.949	1986.143	1938.94	1979.779	-33.49
4	2796.236	2712.561	2680.525	2513.699	2484.480	2325.372	2286.622	2152.894	2077.726	2100.266	2091.446	1978.299	1909.829	1859.791	-30.17
5	2947.066	2802.448	2720.179	2598.161	2534.811	2373.808	2297.700	2213.113	2258.912	2217.024	2147.194	2157.66	2008.746	2057.832	-34.62
min	2630.030	2537.464	2444.658	2264.115	2227.822	2149.250	1950.235	1908.935	1853.338	1870.074	1780.942	1746.110	1670.287	1719.430	
max	2947.066	2802.448	2720.179	2598.161	2534.811	2373.808	2297.700	2213.113	2258.912	2217.024	2147.194	2157.660	2008.746	2057.832	
avg	2736.039	2642.134	2594.707	2443.610	2376.465	2268.398	2149.291	2071.777	2008.071	2016.046	1987.831	1932.965	1850.347	1873.024	-31.55

\*赤いフォントは最初のLumenから30%以上の変化を示す。

A No.	Lumen (lm)		change rate (%)
	0 hr	1000 hr	
1	1392.406	459.059	-67.03
2	1414.430	525.604	-62.84
3	1391.195	428.441	-69.20
4	1494.983	522.602	-65.04
5	1313.980	522.532	-60.23
min	1313.980	428.441	
max	1494.983	525.604	
avg	1401.399	491.648	-64.87

\*赤いフォントは最初のLumenから30%以上の変化を示す。

B No.	Lumen (mlm)		change rate (%)
	0 hr	1000 hr	
1	1185.914	560.510	-52.74
2	1378.752	622.888	-54.82
3	1222.625	535.280	-56.22
4	1255.689	542.709	-56.78
5	1328.408	566.287	-57.37
min	1185.914	535.280	
max	1378.752	622.888	
avg	1274.278	565.535	-55.59

\*赤いフォントは最初のLumenから30%以上の変化を示す。

C	Lumen (mlm)		change rate (%)
	No.	0 hr	
1	2669.321	713.600	-73.27
2	2971.726	859.057	-71.09
3	2687.891	718.676	-73.26
4	2825.820	693.287	-75.47
5	2777.062	702.100	-74.72
min	2669.321	693.287	
max	2971.726	859.057	
avg	2786.364	737.344	-73.56

\*赤いフォントは最初のLumenから30%以上の変化を示す。

A type No.	Lumen (mlm)		change rate (%)
	0 cycle	200 cycle	
1	1354.3282	1321.6305	-2.41
2	1519.2444	1527.575	0.55
3	1565.1893	1566.2834	0.07
4	1438.6493	1396.8305	-2.91
5	1337.9189	1350.4048	0.93
min	1337.919	1321.631	
max	1565.189	1566.283	
avg	1443.066	1432.545	-0.75

B No.	Lumen (mlm)		change rate (%)
	0 cycle	200 cycle	
1	1303.2381	1242.7305	-4.64
2	1275.1155	1275.4882	0.03
3	1304.4218	1275.3839	-2.23
4	1351.5153	1310.3359	-3.05
5	1282.7763	1214.0846	-5.35
min	1275.116	1214.085	
max	1351.515	1310.336	
avg	1303.413	1263.605	-3.05

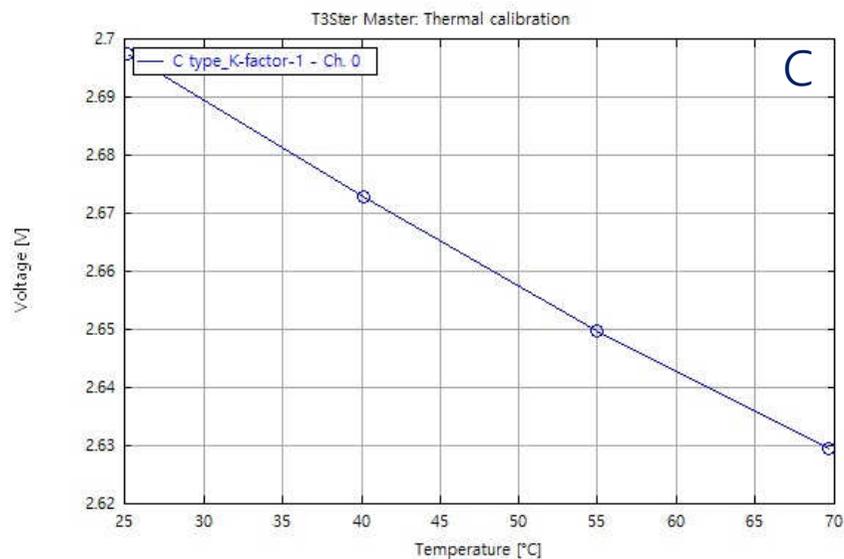
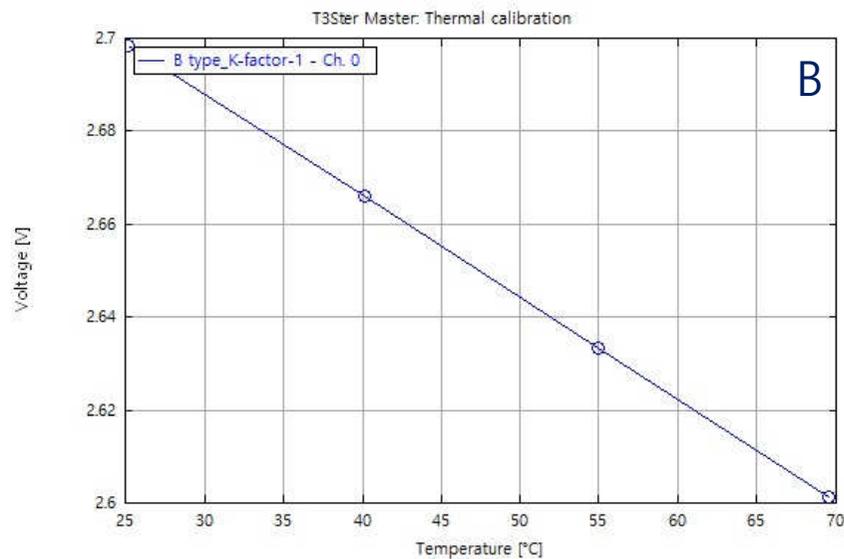
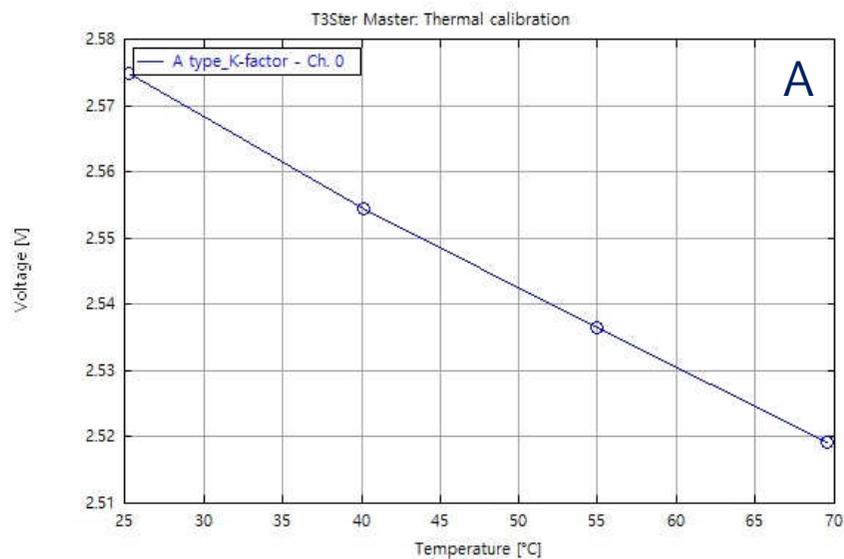
C No.	Lumen (mlm)		change rate (%)
	0 cycle	200 cycle	
1	2842.2325	2758.4913	-2.95
2	2885.1751	2777.573	-3.73
3	2765.4921	2636.8658	-4.65
4	2987.1745	3001.1508	0.47
5	2623.8034	2589.1284	-1.32
min	2623.803	2589.128	
max	2987.175	3001.151	
avg	2820.776	2752.642	-2.44

# V. Thermal resistivity measurements



# A/B/C社

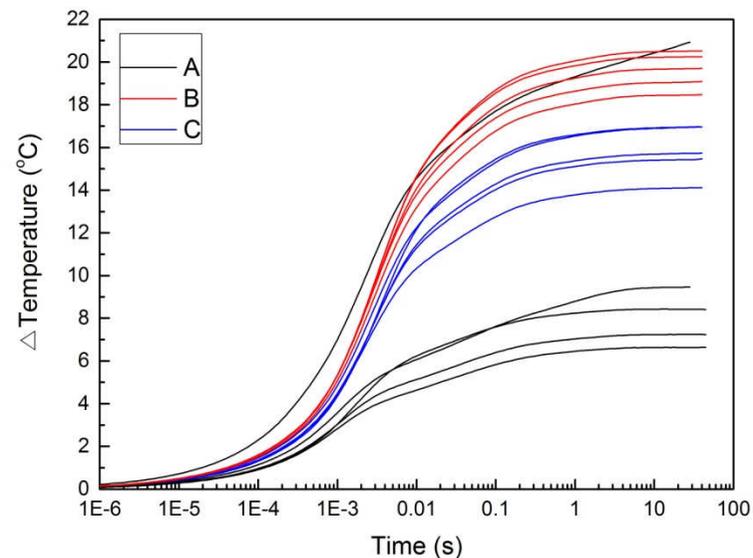
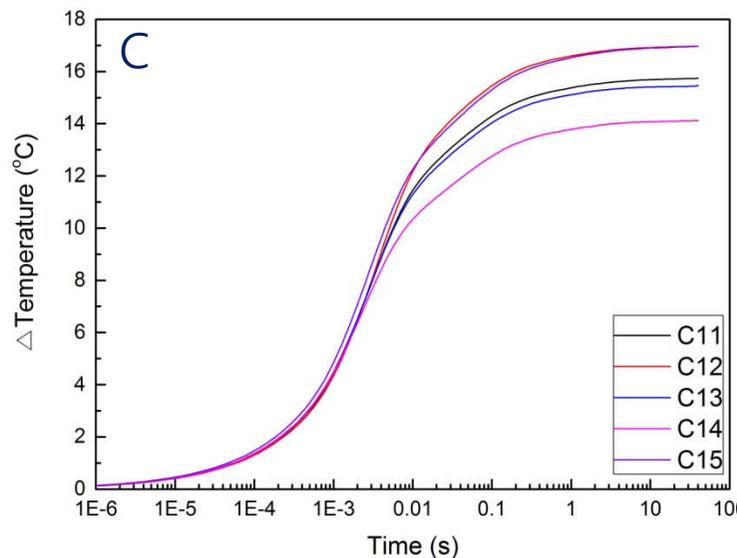
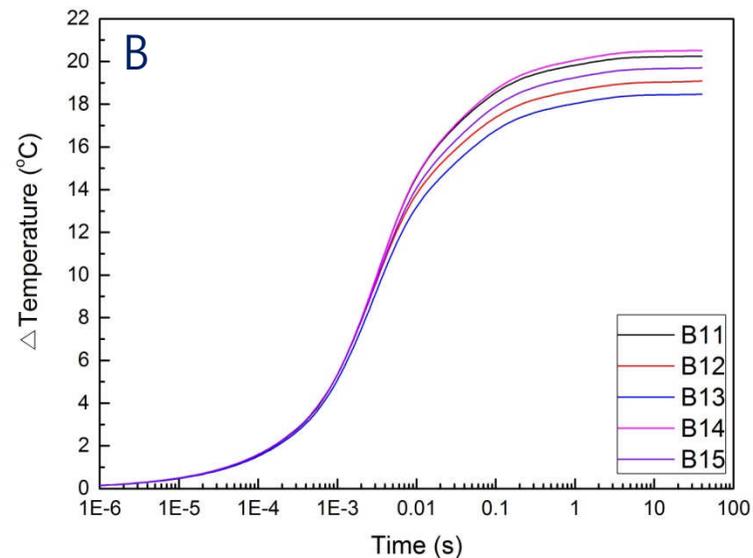
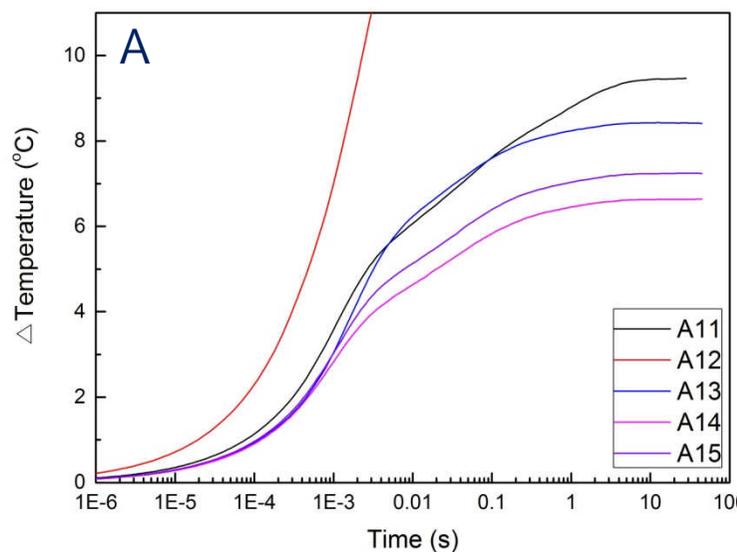
# K-factor



このグラフは温度（X軸）と電圧（Y軸、 $V_f$ ）の関係を示す。グラフの形を見て内部構造を推定することが出来る。温度が上がる次第、定電圧が減少する。もしこのグラフの傾きが変わる点があったらそこが材料の界面である。（でも、このページはあまり意味はない。）

K-factor

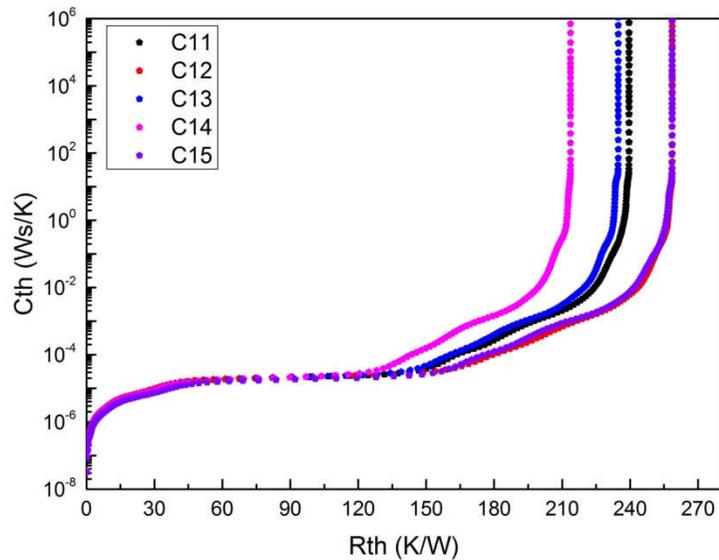
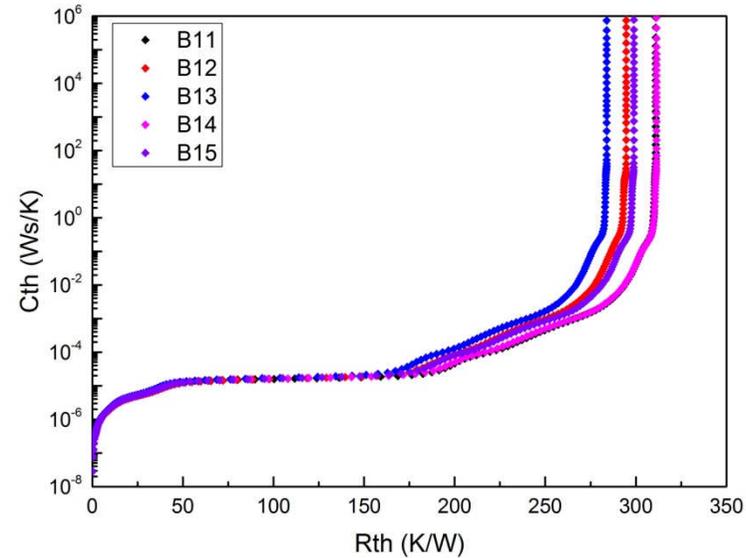
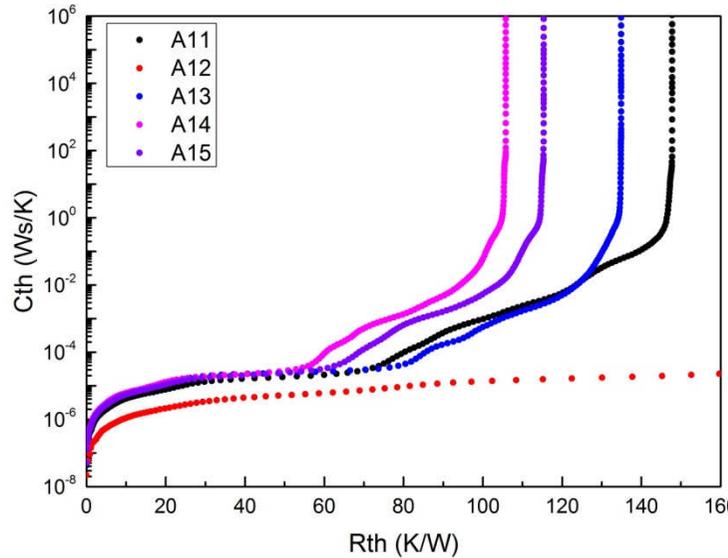
A: 1.250 mV/K, B: 2.188 mV/K, C: 1.567 mV/K



このグラフは時間によるLED chipのjunction温度の変化を示す。同じ時間が経ったらB社の製品の温度変化が一番大きい。  
(つまりB社に製品の熱抵抗が高い)だが、これが製品にとって悪いことだとは言えない。

# A/B/C社

# Structure function



X軸：熱容量 / Y軸：熱抵抗

熱抵抗が大きければ大きいほど熱平行への到達が難しい。  
A社の製品の熱抵抗はばらつきが大きい。これは使われる素材または生産過程に品質的な問題があると思われる。

B社の製品の熱抵抗が一番高い。勿論これが製品にとって悪いことだとは言えないが発熱のせいでB社の信頼性が問題になる可能性はある。

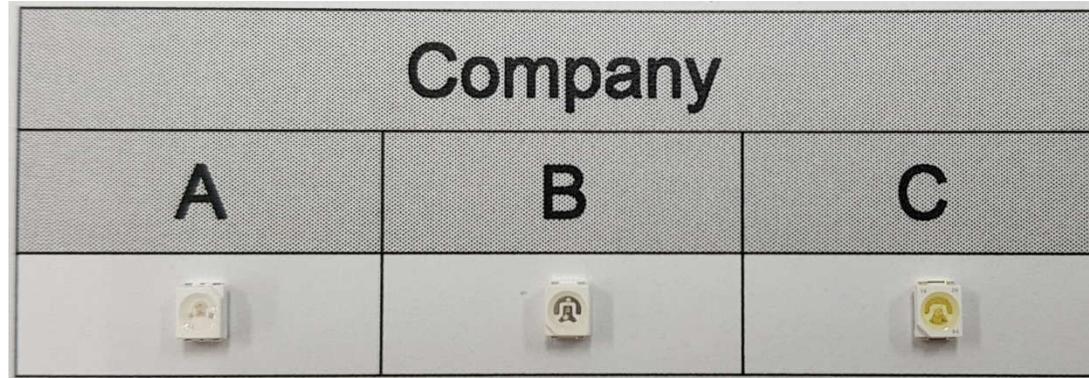
C社の製品は熱抵抗も高いしばらつきもあるのでこれも信頼性観点から見ると問題になる可能性がある。

# VI. Summary and conclusions



## Specimens

Open brand name



**BROADCOM**

**Kingbright**

**Seoul semiconductor**

Sample	Chip	Color	Wavelength (nm)	$I_f$ (mA)	$V_r$ (V)	$V_f$ (V)	$I_v$ (mcd, @20 mA)	Package /size (mm)	Junction Temp. (°C)	Operating Temp. (°C)
A	InGaN	Blue	455	30	5	3.3	300	PLCC /3528	110	-55~+100
B	InGaN	Blue	460	30	5	3.3	150	PLCC /3528	N/A	-40~+85
C	InGaN	Blue	468	30	5	3.4	70	PLCC /3528	125	-40~+110

## 【KETI 考察内容】

3社のGaN LEDについて色んな試験で比較評価を行った。

3社はBroadcom(A), Kingnight(B), Seoul Semiconductor(C)である。

比較評価試験は内部構造分析、高温高湿通電試験、高温通電試験、熱衝撃試験で構成される。

内部構造分析はX-rayとFIBを利用し色んな環境試験は専用のチャンバーを利用した。

内部構造的には3社の製品の間にもあまり差はない。だが、C社のGaNアクティブリージョンは表面に凸凹が観察されない。

高温高湿通電試験(85 °C, 85 %R.H.) では3社全部10%以上の変化があり、B社製品の変化率平均値は74%で一番大きい変化が現れた。(変化が大きい順 : B>C>A)

1,000時間の高温通電試験 ( $T_j=150$  °C) では3社全部55%以上の変化があり、C社製品の変化率は73%で一番大きい変化が現れた。(変化が大きい順 : C>A>B)

熱衝撃試験では3社全部あまり大きい変化はなかったが、B社製品は3%低下、C社製品は2.4%低下、A社製品は0.7%の低下した。(変化が大きい順 : B>C>A)

以上の結果で見れば他の2社に比べB社の製品が外部からのストレスに弱いと思われる。

熱の観点から見るとA社は熱抵抗のばらつきが高い。高いばらつきは素材または生産過程に品質的な問題がある可能性がある。B社の熱抵抗が一番高い。高い熱抵抗は発熱する物では信頼性の問題につながる可能性がある。

値段と使用所によって上の点を考えて製品を選ぶべきだと思われる。

# KETI試験結果の考察



## ■LED各種試験結果比較

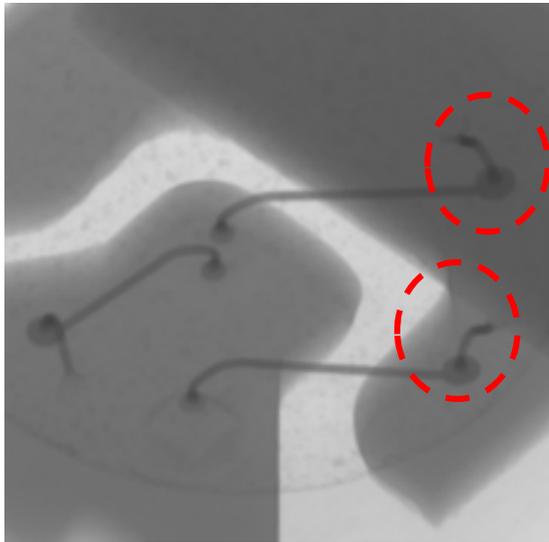
KETIにて実施しましたLED製品3社の各種試験結果を比較して纏めました。

TEST ITEM	BROADCOM HSMN-A100	Kingbright AA3528QES/D	Seoul semicon MSBT801
X-ray/内部構造観察	問題なし	問題なし	疑義あり※1
SEM/内部断面観察	問題なし	問題なし	問題なし
環境試験	High temp.High humidity test 高温高湿試験: 85°C/85%	問題なし	疑義あり※2
	High temp. operation test Tj=150°C	問題なし	問題なし
	Thermal shock test 熱衝撃試験: 100°C~-40°C	問題なし	問題なし
熱抵抗試験	熱抵抗のバラツキが有る	熱抵抗が高い	熱抵抗がやや高い
まとめ	問題なし	熱ストレスに弱い	熱ストレスにやや弱い

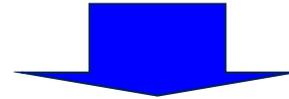
※Kingbright/Seoul semiconductor製品で、試験結果に疑義が見られる。次節にて詳細を解説します。

# KETI試験結果の考察

## ①X-ray/内部構造観察について: Seoul semiconductor製品

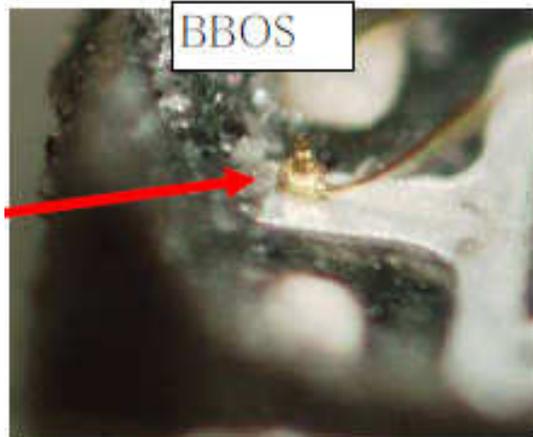


ワイヤーボンディング部に鬚状のワイヤー切れ端が見られる。



### <検証結果>

鬚状のワイヤーは、**BBOSボンディング**により発生する切れ端です。BBOSボンディングは**試作段階**で使用されるケースが多く、MP生産で使用されるケースは少ないです。それは、このような切れ端が**異物**となってしまうためです。また、今回の製品では余剰部分が長く、適正にボンディング装置が**設定されていない事**を示しています。



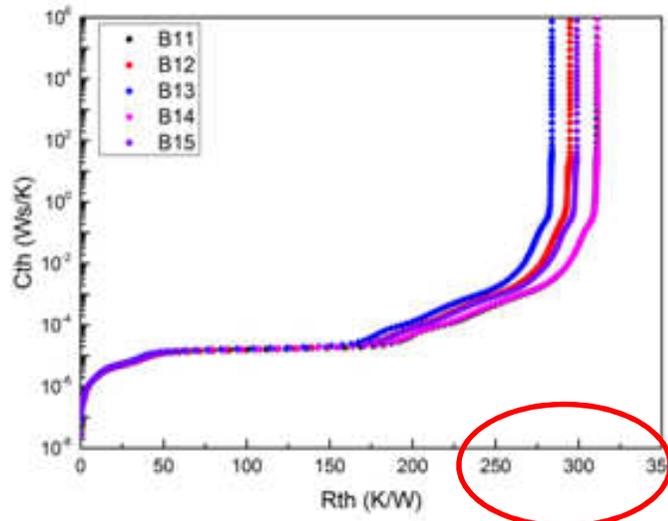
BBOS (Ball bonding operation stress) ボールボンディングにてワイヤーを圧接固定する方法です。フィシュテールボンディングと同様に使用されていますが、MP生産での使用は少ないと聞きます。

# KETI試験結果の考察

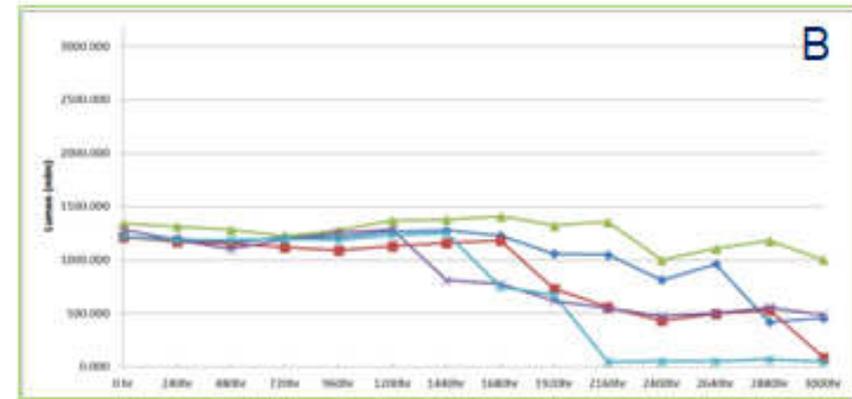
## ②高温高湿試験結果について

今回の試験条件の、**85°C/85%** (通電) はJIS等では規定されていない厳しいものです。JIS等では、高温保存/低温保存試験は定義されています。よって、この結果をメーカーに問い合わせても**保証外**と言われるだけです。

また、3社の動作保証温度は異なります。Kingbrightは、**+85°C**であり最も低い数値で条件的に厳しいものです。一方で、BRADCOMは、**+100°C**、Seoul semicoは、**+110°C**です。試験方法には疑問を感じます。しかし、Kingbright製品は熱抵抗値が高いため、放熱効果が低く、断線が発生したと推測できます。

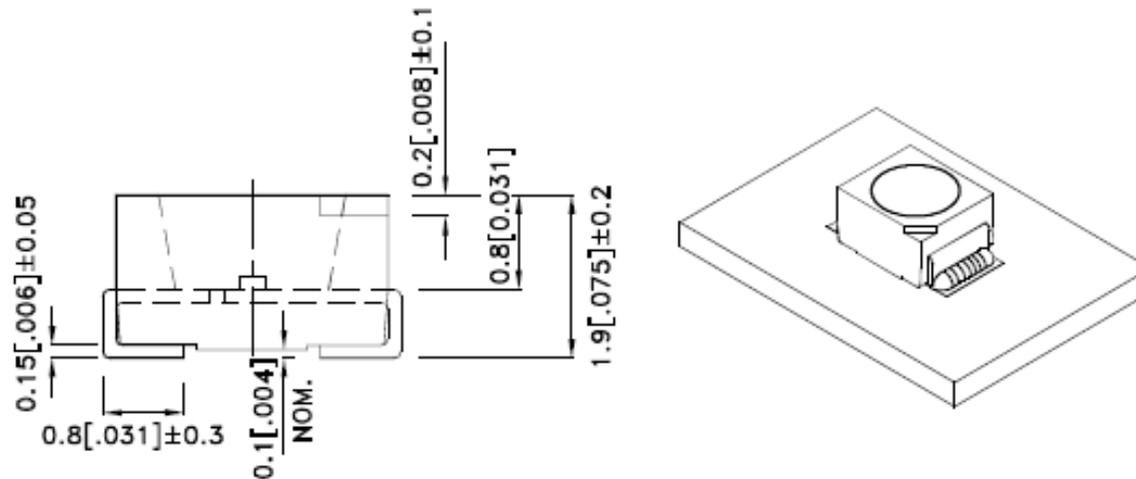


熱抵抗値が高い (Rth 値が高い)



高温高湿試験で輝度が**最大96%低下**する/ほぼ断線

# KETI試験結果の考察



今回の製品はPLCCタイプであり、LED素子を内部に封止し周囲をモールドレンズにて包んでいます。そのため、**放熱構造の差異**も輝度低下に影響していると想像出来ます。

いずれにしても、Kingbright社のPLCC製品は高温条件下では輝度低下となる問題が事が判明しました。これは、全てのKingbright製品での問題では無い点は注意が必要です。

