2011 OEGセミナー

LEDの熱特性評価サービスと応用事例

2011年7月12日

沖エンジニアリング株式会社

信頼性技術事業部

清水　亙

130th Anniversary

© Copyright 2011 Oki Engineering Co., Ltd. All rights reserved

目次

1. はじめに
～熱特性評価の概略とその必要性について～
2. 熱過渡特性解析とは
～ JEDEC（JESD51-14）に準拠した熱抵抗測定～
3. LEDの特性評価
～熱特性 ＋ 光測定サービスの概略～
4. LED熱過渡解析の事例紹介とご提案
5. まとめ

© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

はじめに　～　熱特性評価の概略とその必要性について　～

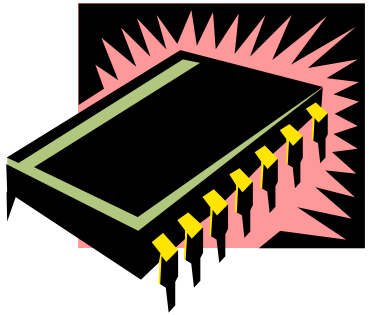
電子機器の中でも、急速に市場が拡大している照明用LEDや、車載品を
はじめとした消費電力の大きいパワーデバイス、高性能化が目覚ましいCPU等、
発熱量の大きいデバイスが増加している

⇩ でも…
様々な制約から、充分な放熱対策がとられていない場合もある

一般に半導体素子では…
接合温度（Tj）の増加　→　寿命が短縮・故障率が増加（**信頼性の低下**）
※Si半導体ではTjが150℃近辺を超えると**破壊される**

⇩ 対策は？

素子あるいはシステムの設計段階から、
素子の放熱性向上　・　実装状態での放熱性向上
を考慮した熱設計を行う。

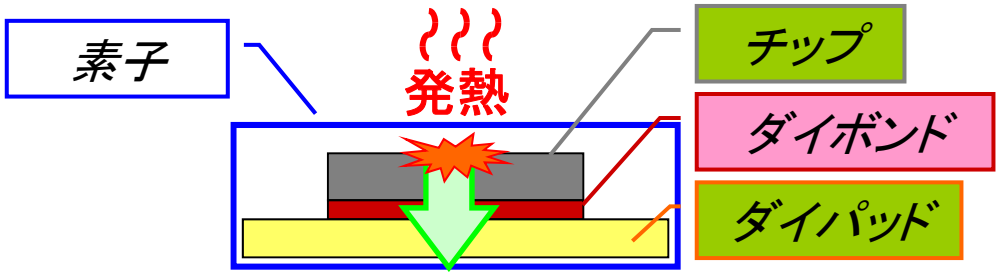


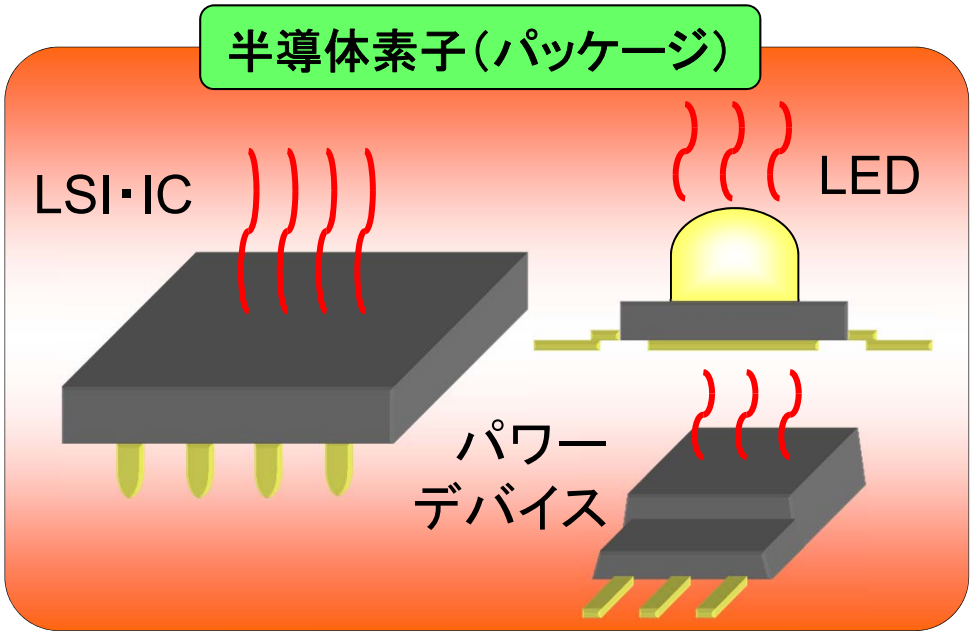
⇩ そのために

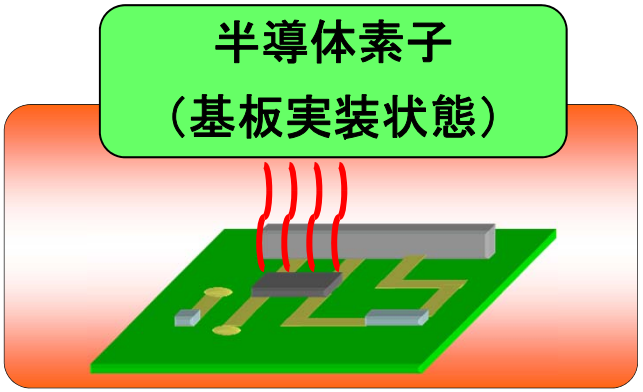
放熱性向上のための熱設計に重要な熱特性パラメータの一つ、
熱抵抗（Thermal resistance）を、簡便且つ高精度に測定する必要があります。

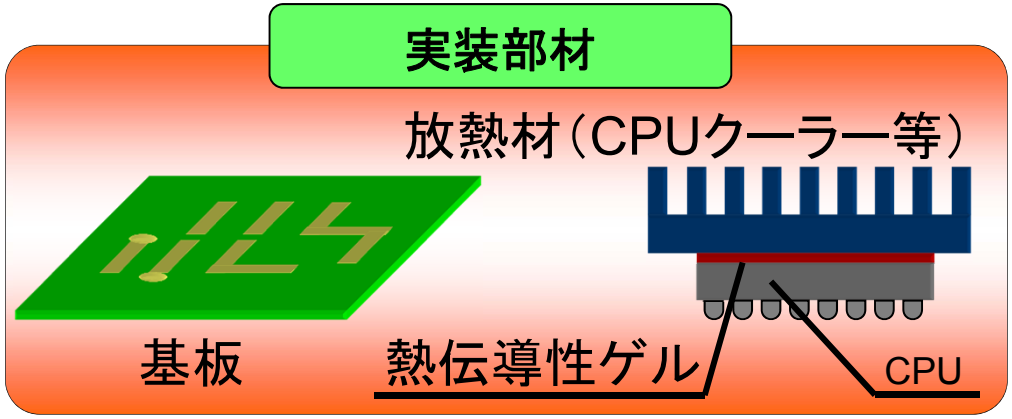
はじめに　～　熱特性評価の概略とその必要性について　～

熱特性評価のうち、ここでは
【熱過渡特性解析法による熱抵抗（熱の伝わりづらさ）評価】に関して紹介しております。









これらの対象について、熱特性評価が必要。

熱過渡特性解析の原理について

目次

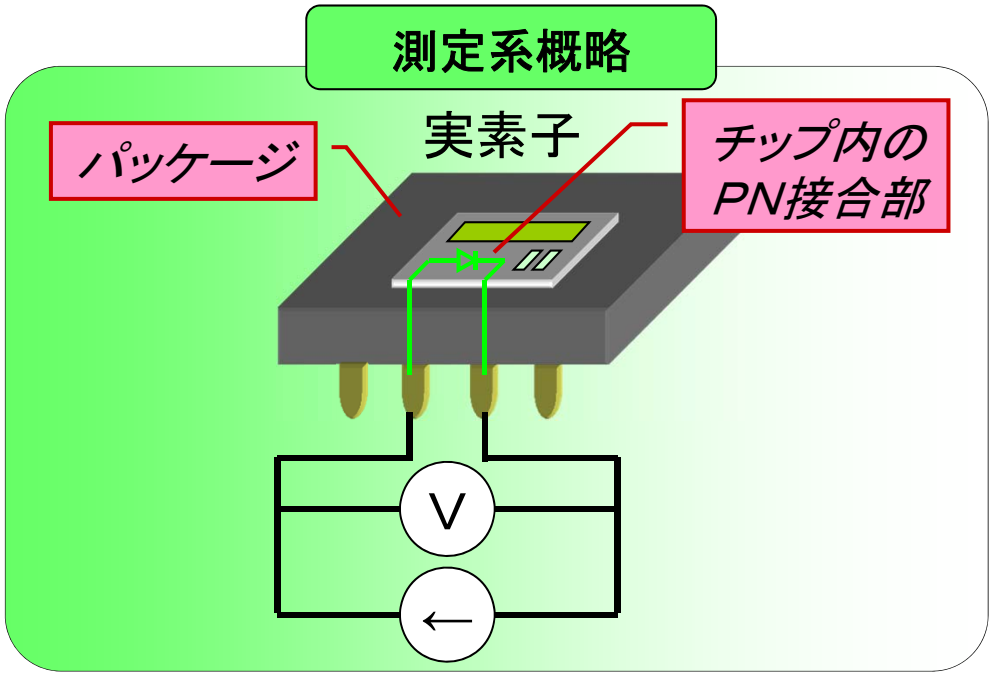
1. はじめに
～熱特性評価の概略とその必要性について～
2. 熱過渡特性解析とは
～ JEDEC（JESD51-14）に準拠した熱抵抗測定～
3. LEDの特性評価
～熱特性 ＋ 光測定サービスの概略～
4. LED熱過渡解析の事例紹介とご提案
5. まとめ

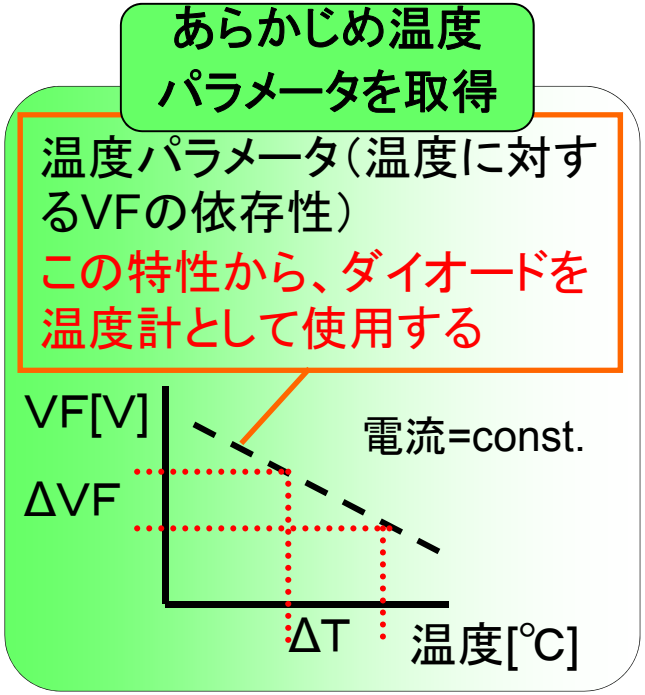
© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

熱過渡特性解析とは　～ JEDECに準拠した熱抵抗測定 ～

●熱過渡特性解析の原理－1



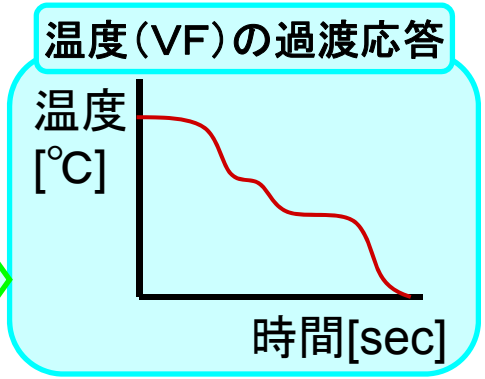


VF；ダイオード順方向電圧

●測定シーケンス

- ・PN接合ダイオードに電流を流し、素子を加熱
- ・低電流に切り替え、熱を冷ましていく
- ・冷却時の**過渡的**なVF値変化をμ秒単位でモニタし、温度パラメータから温度に変換する

この特性が得られます



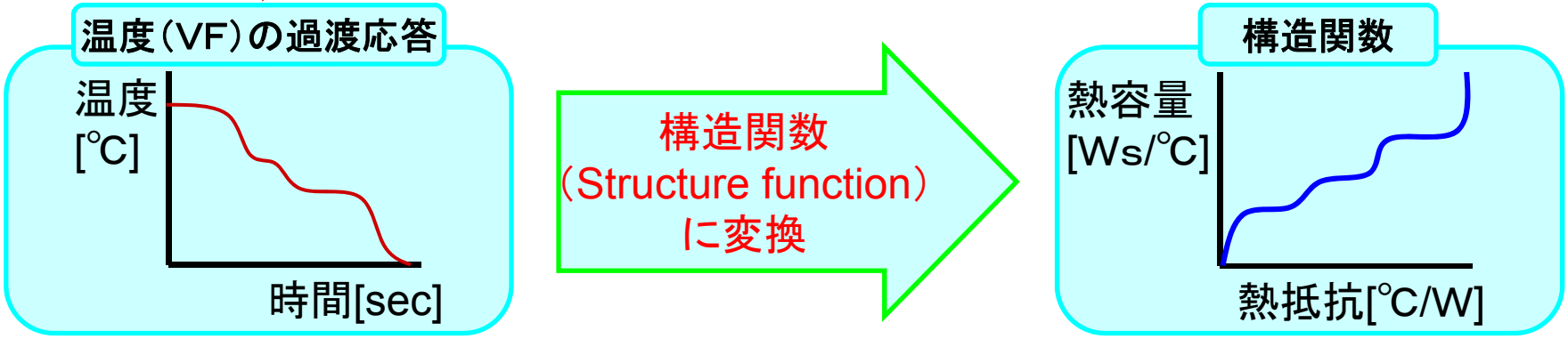
© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

熱過渡特性解析とは　～ JEDECに準拠した熱抵抗測定 ～

●熱過渡特性解析の原理－2

パッケージを構成する構造材毎に熱の伝わり易さが異なるため、温度の時間変化にはパッケージの構造情報が含まれている

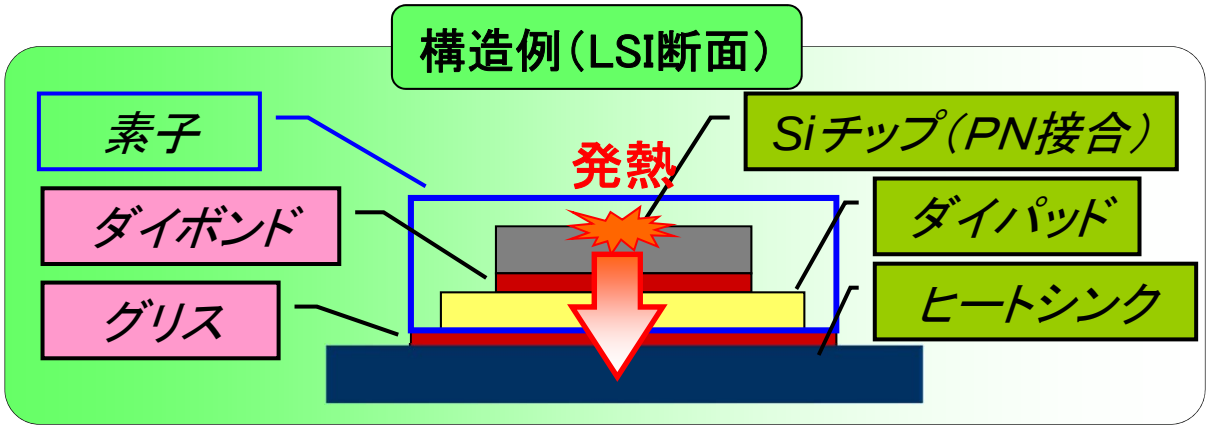


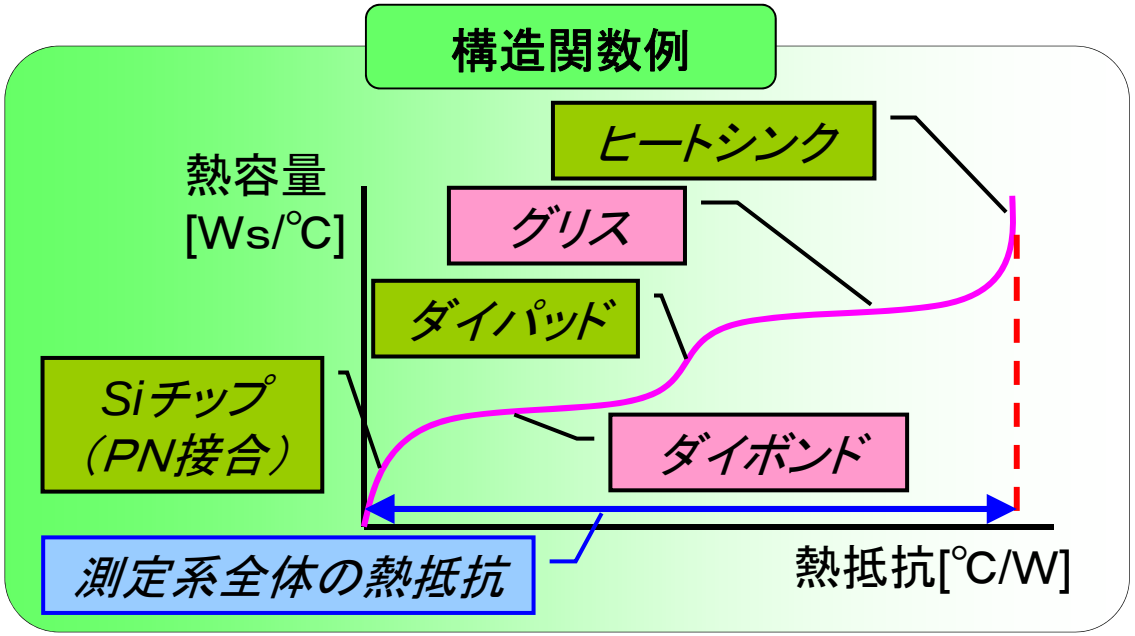
熱過渡解析から構造関数を得ることで、各構成材毎の熱抵抗（構造情報）が得られる

構造関数の見方

熱過渡特性解析とは　～ JEDECに準拠した熱抵抗測定 ～

●構造関数が表すもの（イメージ）





熱の伝わり易さが傾きで表される

ダイボンド、グリス
●熱が伝わりづらい
＝熱抵抗が高い
⇒ 傾きが小さい

Siチップ、金属
●熱が伝わり易い
＝熱抵抗が低い
⇒ 傾きが大きい

熱過渡解析法による熱抵抗測定により、
各構造部それぞれの熱特性を評価可能

© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

熱過渡特性解析とは　～ JEDECに準拠した熱抵抗測定 ～

●JEDEC(Joint Electron Device Engineering Council；電子機器技術評議会)
半導体部品分野で規格の標準化を行っている米国の業界団体

熱過渡特性解析法が、

『一次元放熱経路を持つパッケージのRthjc測定法（JESD51-14）』

2010年11月にJEDECのデファクトスタンダードとして認定されました。

この中には幾つかの重要な規定事項が設けられています。

【例】

●冷却条件；ヒートシンク（コールドプレート等）にマウントして測定すること。
●評価過程；必ず冷却過程での過渡熱を測定すること。
●データ補正；測定時の初期ノイズは時間軸をsquare rootとしてCutすること。
●データの見方；TDI（Transient Dual Interface）測定法による構造関数の分岐点を定常θjcと見なす。　　etc…

★OEGでは、これら規定事項に沿った評価環境を準備可能です。
★JEDECスタンダードに沿った熱抵抗測定が可能なのは、熱過渡解析装置のみです。
★熱過渡解析を用いた熱特性評価サービスをご提供しているのは日本でOEGのみです。
⇒JEDECに準拠した熱特性評価が必要な場合は、是非**OEGにご用命下さい**。

© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

目次

1. はじめに
～熱特性評価の概略とその必要性について～
2. 熱過渡特性解析とは
～ JEDEC（JESD51-14）に準拠した熱抵抗測定～
3. LEDの特性評価
～熱特性 ＋ 光測定サービスの概略～
4. LED熱過渡解析の事例紹介とご提案
5. まとめ

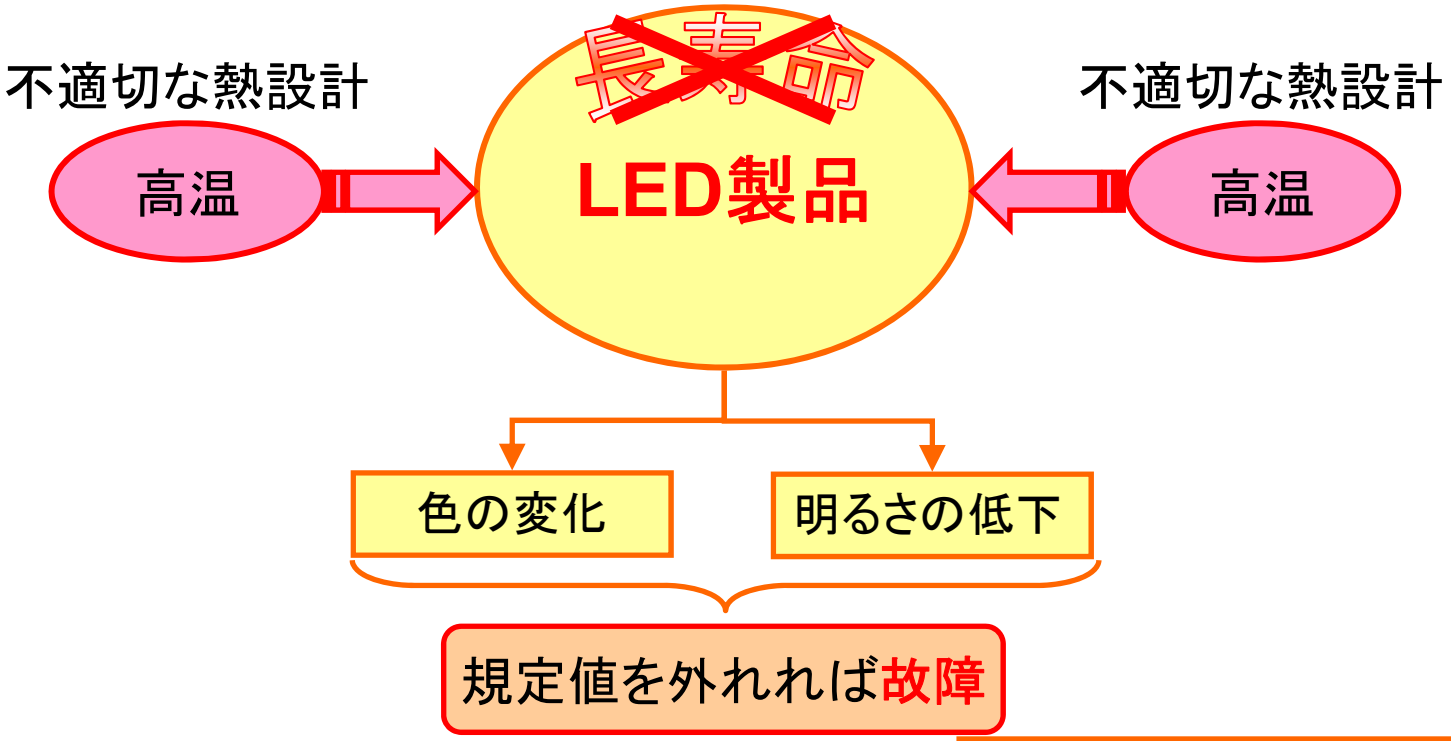
© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

LEDの特性評価　～　熱特性、光測定サービスの概略　～

●LEDの熱・光測定の重要性について

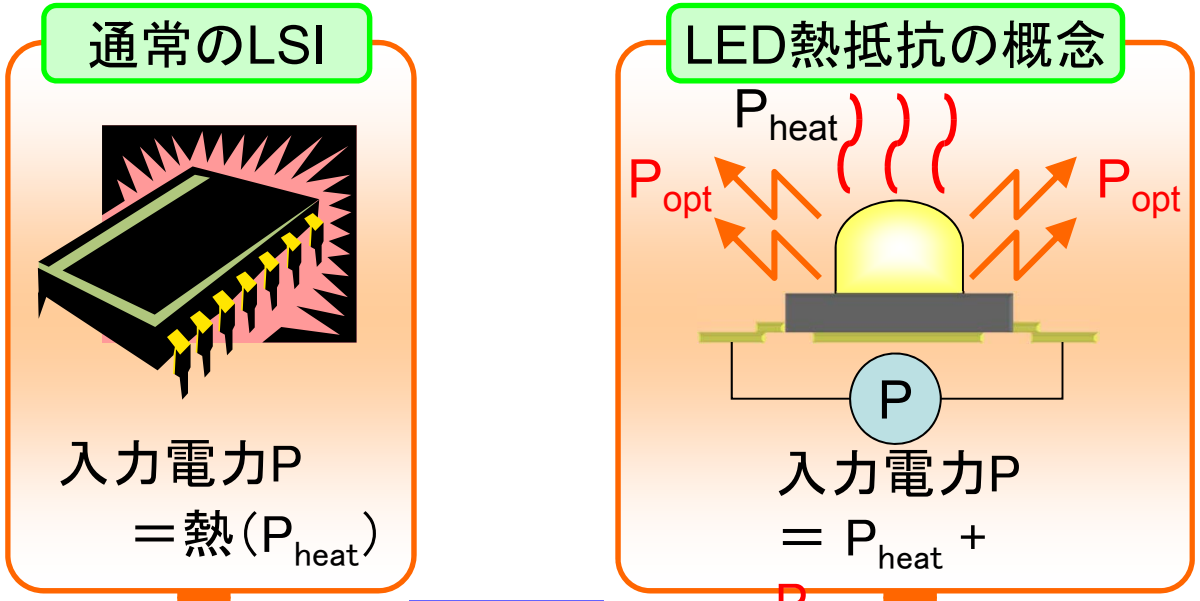
エコロジー意識の高まりや省エネ活動の進展、さらに電力不足の影響もあり、各家庭や企業で使用する照明や液晶ディスプレイのバックライトなど、様々な用途で低消費電力・長寿命なLEDを採用した製品が急増しています。



LEDの寿命の為には熱問題が重要
LED熱特性評価の特徴は？

LEDの特性評価　～　熱特性、光測定サービスの概略　～

●LEDの熱・光測定の重要性について



LEDに入力された電力Pは熱（P_{heat}）と光（P_{opt}）に変換される

測定

$$\theta_{jc} = \frac{T_J - T_C}{P_{heat}} = \frac{T_J - T_C}{P}$$

既知

測定

$$\theta_{jc} = \frac{T_J - T_C}{P_{heat}} = \frac{T_J - T_C}{P - P_{opt}}$$

既知

重要

Θ_{jc}；求めたい熱抵抗
T_J　；接合温度
T_C　；ケース温度

正確な熱抵抗の算出には光（P_{opt}）の測定が不可欠です

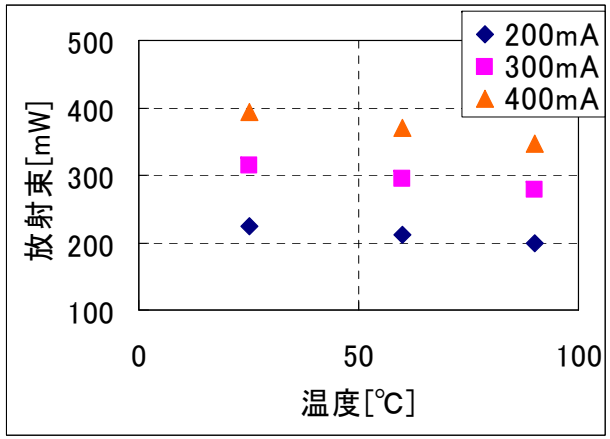
光特性を測定するには？　測定装置のご紹介

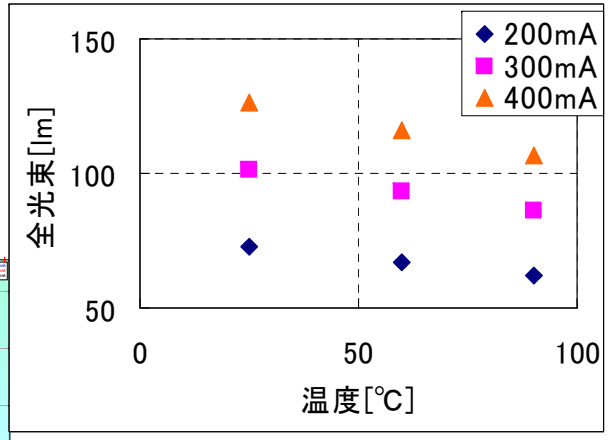
LEDの特性評価　～　熱特性、光測定サービスの概略　～

●光特性測定装置（積分球）

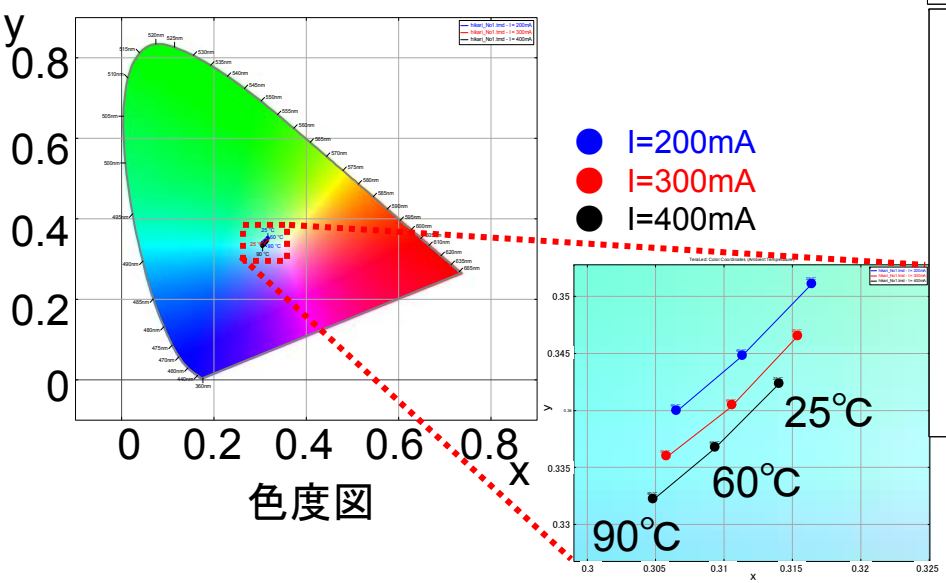
OEGでは、熱過渡特性解析装置とリンクさせ、『光特性』と『熱特性』を同時に取得可能な光特性測定システムを新たに導入・構築いたしました。

- 測定項目
  - 放射束（radiant flux）[W]
    光のエネルギー量
  - 全光束（luminous flux）[lm]
    光の明るさ
  - 三刺激値（tristimulus value）
  - その他
    順方向電圧、電力変換効率、発光効率、暗順応答　等





測定装置（積分球）



本装置を使った
評価事例のご紹介

目次

1. はじめに
～熱特性評価の概略とその必要性について～
2. 熱過渡特性解析とは
～ JEDEC（JESD51-14）に準拠した熱抵抗測定～
3. LEDの特性評価
～熱特性 ＋ 光測定サービスの概略～
4. LED熱過渡解析の事例紹介とご提案
5. まとめ

© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

LED熱過渡解析の事例紹介とご提案－1

●LEDの熱抵抗測定例

目的

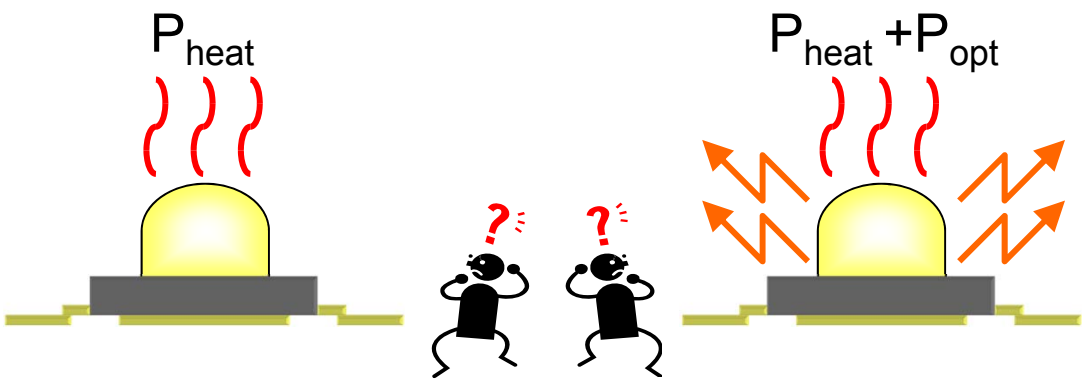
- 照明用高輝度LEDの熱抵抗を、光エネルギー（P_{opt}）を考慮した場合と、考慮しない場合で比較し、結果の違いを確認する

試料

- パワーLED（1Wクラス）

測定条件

- 加熱電流：200mA 、300mA 、400mA
- 測定電流：10mA
- 加熱時間：300sec
- 測定時間：600sec



© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

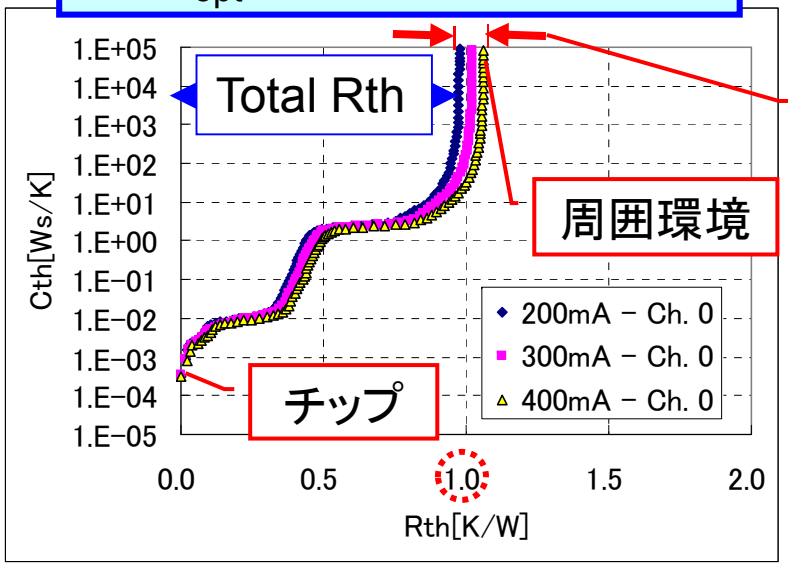
LED熱過渡解析の事例紹介とご提案－1

●LEDの熱抵抗測定例－測定結果

LEDの構造が同じ場合、動作条件が変わっても熱抵抗は変化しないはず

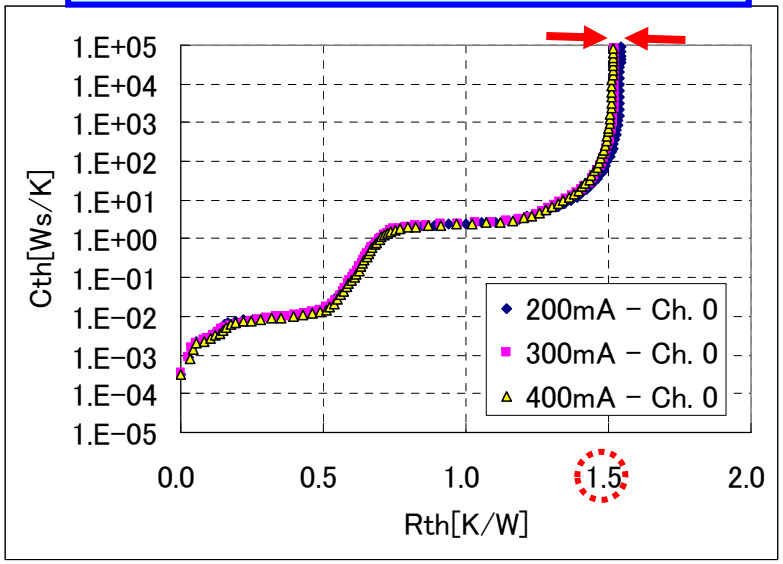
$$\theta_{jc} = \frac{T_J - T_C}{P_{heat}} = \frac{T_J - T_C}{P - P_{opt}}$$

P_{opt}を考慮しない場合



同一LEDでも、電流条件によってP_{otp}を考慮しないと熱抵抗に差分が生じる

P_{opt}を考慮した場合



Potpを考慮することで、
・電流変化に伴うTotal Rthの差分が小さくなっている
・Rthの値が大きく異なっている
→ 光エネルギーを考慮しなければ、正確な熱抵抗は算出できない

© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd. 沖エンジニアリング株式会社 All rights reserved

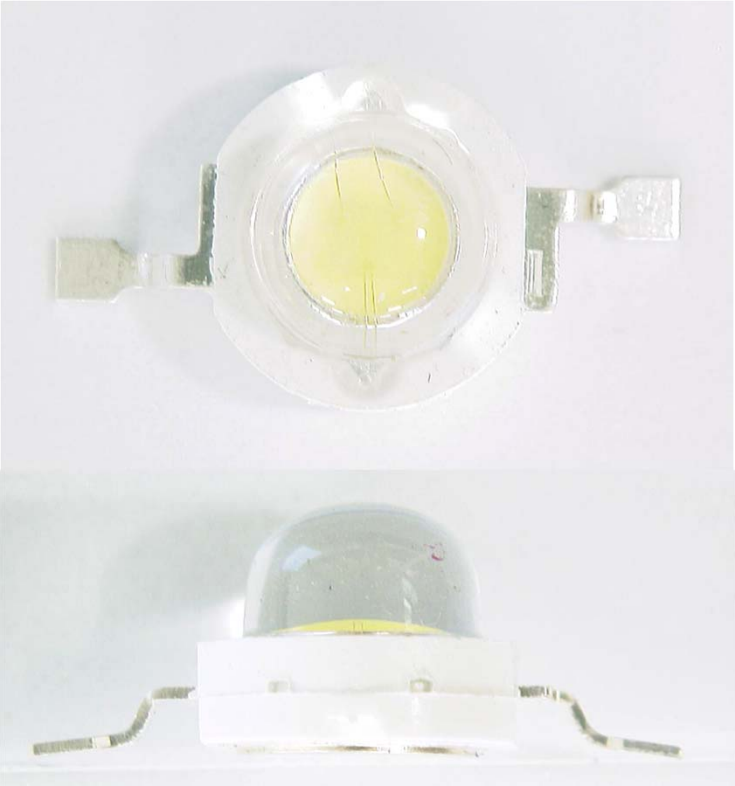
LED熱過渡解析の事例紹介とご提案－2

●LEDの放射特性劣化診断例

- 目的
  - パワーLEDを高温放置し、熱ストレスの印加により劣化を加速させ、光特性から劣化度合いを診断する
- 試料
  - パワーLED（1Wクラス）
- ストレス印加条件
  - 恒温槽温度：120℃
  - 放置時間：48h,144h
  - 電流条件：300mA

測定条件

- 加熱電流：300mA
- 測定電流：10mA
- 印加温度：25℃, 60℃, 90℃



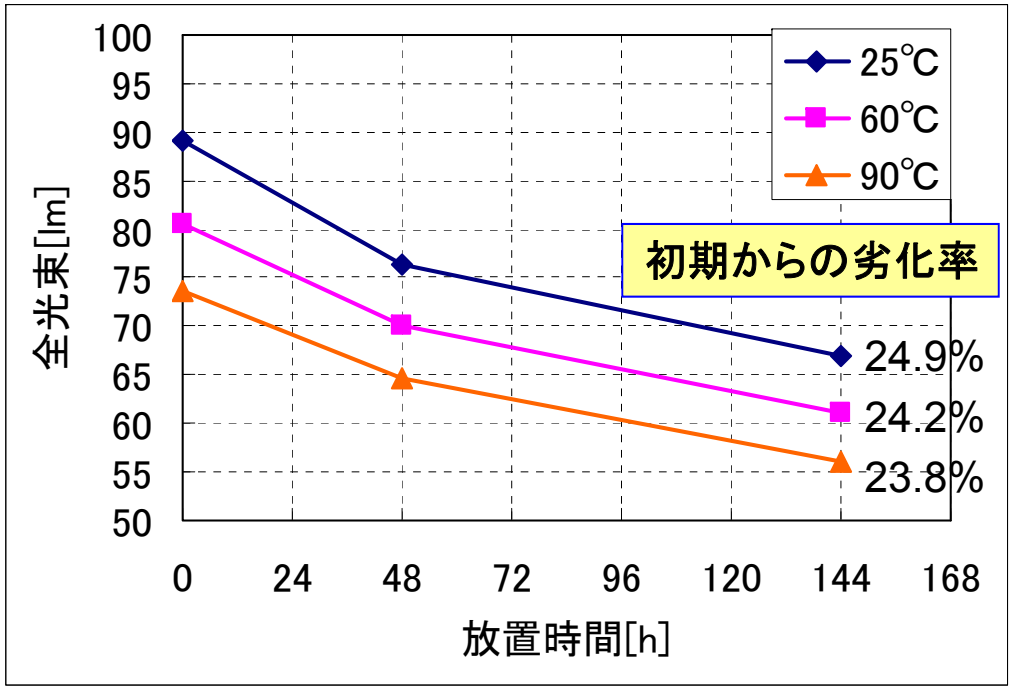
© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

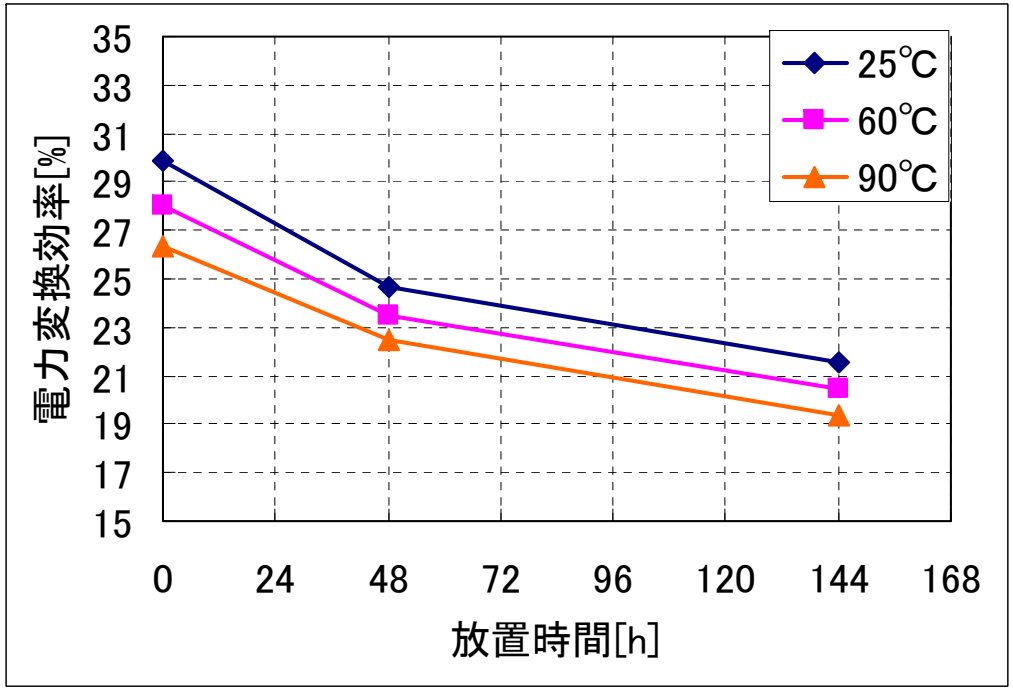
LED熱過渡解析の事例紹介とご提案－2

●LEDの放射特性劣化診断例－測定結果

全光束



電力変換効率



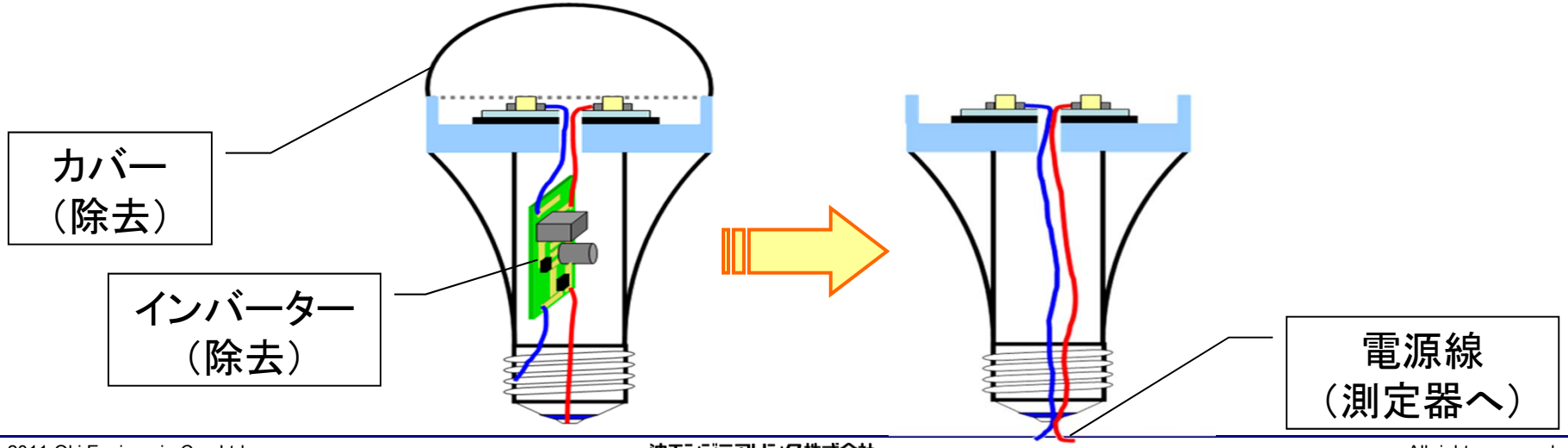
電力変換効率＝P_{opt}／P

全光束、電力変換効率ともに高温放置時間に比例して劣化していることが確認された →
●LEDメーカー様；構造・設計・材料・プロセス変更に際して、寿命への影響評価に適用可能。
●システムメーカー様；複数メーカー・品種間の寿命比較試験に適用可能。

LED熱過渡解析の事例紹介とご提案－3

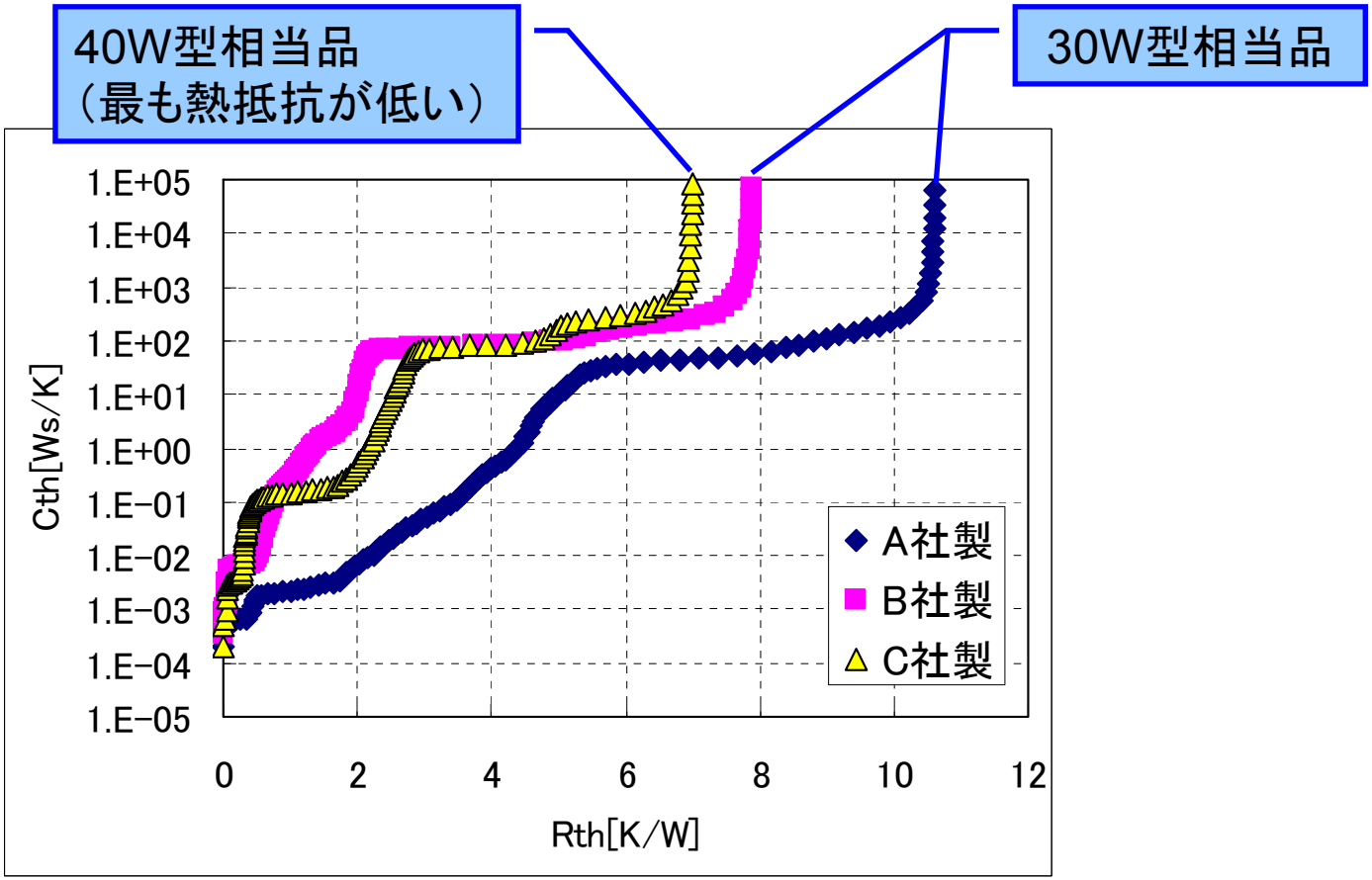
●LED電球の製品比較

- 目的
  - 複数品種のLED電球について熱過渡特性解析を実施し、得られた熱抵抗値、接合温度の相対比較から熱的な作り込み品質を考察する。
- 試料
  - 市販LED電球（30～40W型相当品）×3品種（便宜上A社製、B社製、C社製）
- 測定条件
  - 加熱電流；AC100V動作時にLED端子に流れる電流値を使用
  - 加熱時間、測定時間；熱的に飽和状態となる条件を使用
  - 測定電流；自己発熱がほとんど発生しない条件（温度上昇1℃以下）を採用



LED熱過渡解析の事例紹介とご提案－3

●LED電球の製品比較－結果（構造関数）



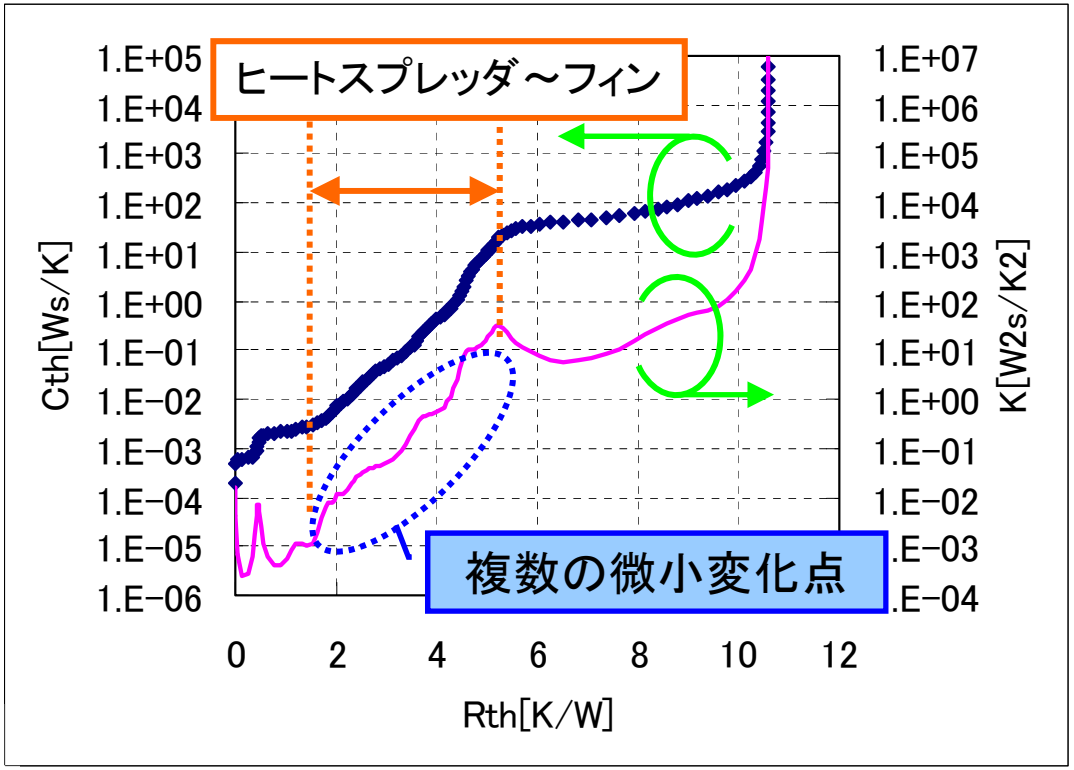
	A社製	B社製	C社製
Total Rth [K/W]	10.60	7.88	6.99

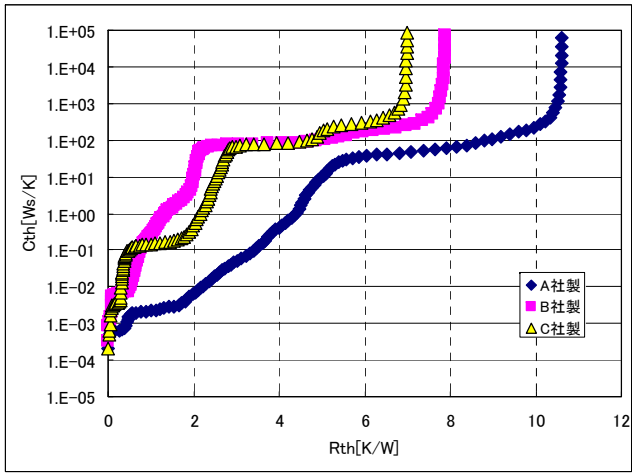
A社製品が他と比べて熱抵抗が高い

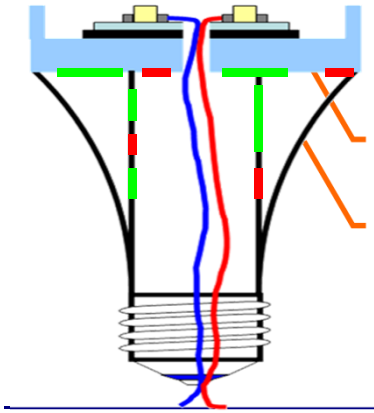
A社製品のRth増加要因は？

LED熱過渡解析の事例紹介とご提案－3

●LED電球の製品比較－結果（構造関数・微分）







ヒートスプレッダ

フィン

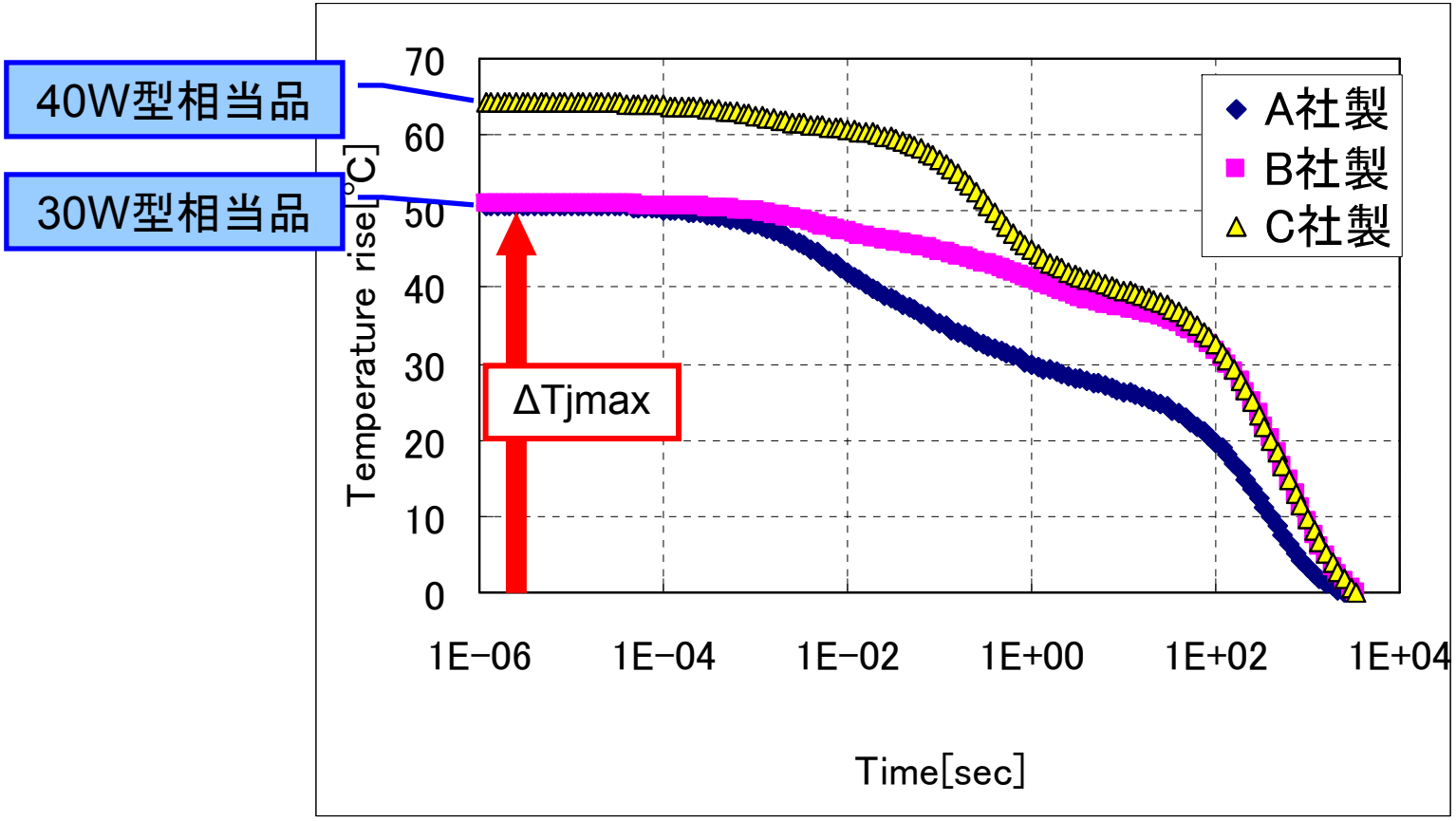
ヒートスプレッダからフィンにかけて、複数の微小変化点が見られる
→　接続不全箇所と正常箇所が複数箇所に存在している
　→　接続の改善により、熱抵抗の低減が見込まれる

© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

LED熱過渡解析の事例紹介とご提案－3

●LED電球の製品比較－結果（温度）



	A社製	B社製	C社製
Δ Tjmax [℃]	50.68	51.08	64.41

熱抵抗が一番低いC社製品が、最も接合温度上昇が高い（周囲温度=30℃下ではTj≒94℃）

LED熱過渡解析の事例紹介とご提案－3

●考察

取得した熱特性・光特性

	A社製	B社製	C社製
	30W相当		40W相当
入力電力P[W]	3.21	5.16	7.07
発光効率[%]	20.79	20.24	26.65
Popt[W]	0.67	1.04	1.88
Pheat[W]	2.54	4.12	5.19
Total Rth[K/W]	10.60	7.88	6.99
ΔTjmax[℃]	50.68	51.08	64.41
Luminous Flux [lm]	211.6	287.0	568.1

消費電力高い

発光効率良い

熱に変換される
エネルギーが大きい

Tjが高い

明るい

●C社製品は発光効率が良いが、それを上回って消費電力も大きいため、結果として接合温度が最も高い結果となっている。

●A、B社製品共に、現状では周囲温度=30℃下でTj≒80℃となる。

これ以上の照度向上を図る場合は、LEDの変換効率改善・ソケット部の放熱性能向上が望まれる。

LED電球メーカー様；LED電球の構造・設計・材料変更に伴う熱的な評価に適用可能
また、他社製品解析にも適用可
ユーザー様；購入・取り扱い製品選定に際して、複数メーカー・品種間の熱的評価に適用可能

© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

LED熱過渡解析の事例紹介とご提案－3

●考察

取得した熱特性・光特性

	A社製	B社製	C社製
	30W相当		40W相当
入力電力P[W]	3.21	5.16	7.07
発光効率[%]	20.79	20.24	26.65
Popt[W]	0.67	1.04	1.88
Pheat[W]	2.54	4.12	5.19
Total Rth[K/W]	10.60	7.88	6.99
ΔTjmax[℃]	50.68	51.08	64.41
Luminous Flux [lm]	211.6	287.0	568.1

消費電力高い

発光効率良い

熱に変換されるエネルギーが大きい

Tjが高い

明るい

A社製品；
　放熱性があまり良くないので、消費電力を抑えて少し暗めの設定
C社製品；
　明るい設計だが、他の2社に比べて信頼性的なリスクを含んでいる（Tj高い）
B社製品；
　評価した3社の中では、バランスの良い設定

LED電球メーカー様；LED電球の構造・設計・材料変更に伴う熱的な評価に適用可能
　　また、他社製品解析にも適用可
ユーザー様；購入・取り扱い製品選定に際して、複数メーカー・品種間の熱的評価に適用可能

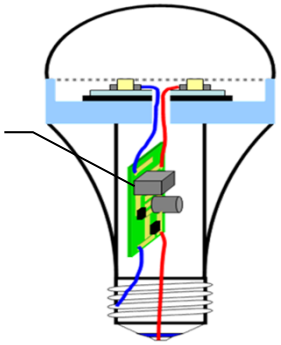
© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

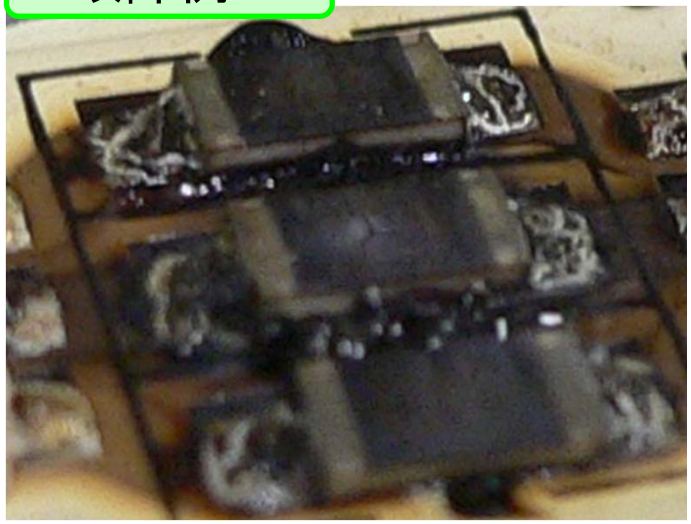
LED熱過渡解析の事例紹介とご提案－3

●LED電球　他の信頼性要因

今回はLED部のみについて言及しましたが、
LED電球には他の信頼性劣化要因もあります。

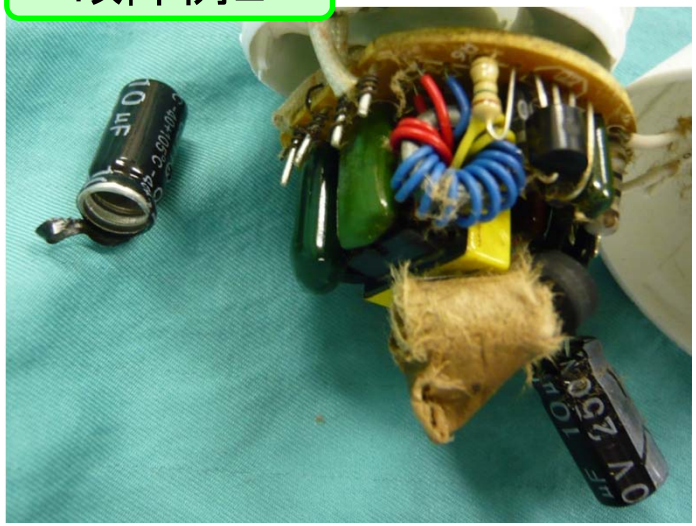


故障例１



・LEDの不灯
・外観確認したところ、チップ抵抗焼損を確認。
・原因：過電圧印加

故障例２



・照明が突然不灯
・内観確認したところ、電解コンデンサ破裂を確認。
・原因：過電流？液漏れ・破裂

電球の総部品点数
●白熱電球；５個程度
●LED電球；３０個程度　→　故障要因が多い
★OEGでは、各種故障解析、信頼性試験に対応可能です。

© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

目次

1. はじめに
～熱特性評価の概略とその必要性について～
2. 熱過渡特性解析とは
～ JEDEC（JESD51-14）に準拠した熱抵抗測定～
3. LEDの特性評価
～熱特性 ＋ 光測定サービスの概略～
4. LED熱過渡解析の事例紹介とご提案
5. まとめ

© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved

まとめ

・新たに開始したLEDの熱特性・光特性評価サービスについて、
測定原理の概略と特徴をご説明いたしました。

・LEDの熱特性・光特性評価の事例紹介と併せて、各種評価方法の
ご提案をいたしました。

●今回ご紹介したようなLEDの評価を製品開発ステージからご利用
頂く（メーカー様）、あるいは製品選定段階からご利用頂く（ユーザー様）
ことで、熱的な観点から信頼性の良い製品をターゲットとし、ひいては
環境負荷の少ない製品設計・選定の一助としていただければ幸いです。

© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd. 沖エンジニアリング株式会社 All rights reserved

ご清聴いただき、ありがとうございました。

》お問合せ先

沖エンジニアリング株式会社

□ 信頼性技術事業部
　営業技術グループ
□ TEL：03-5920-2354
□ 担当：中村

□ E-mail：　oeg-rsales-g@oki.com
□ URL：　http://www.oeg.co.jp/

ご連絡をお待ちしております

© Copyright 2011 Oki Engineerig Co., Ltd.

All rights reserved