

非破壊検査・解析フォーラム2016

非破壊不良解析を可能にするELITE解析®

日本エフイー・アイ株式会社
長友俊信

Toshinobu.Nagatomo@fei.com



FEIが提供するEFA&PFAソリューション

100 μ m10 μ m1 μ m

10nm

1nm

1 Å



Thermal Localization



Emission / OBIRCH / LVx



nano-probing



TEM / SEM / DualBeam

Electric Failure Analysis
電気的不良解析

Physical Failure Analysis
物理的不良解析



ELITE

ENHANCED LOCK-IN THERMAL EMISSION

非破壊不良解析を可能にするELITE解析®

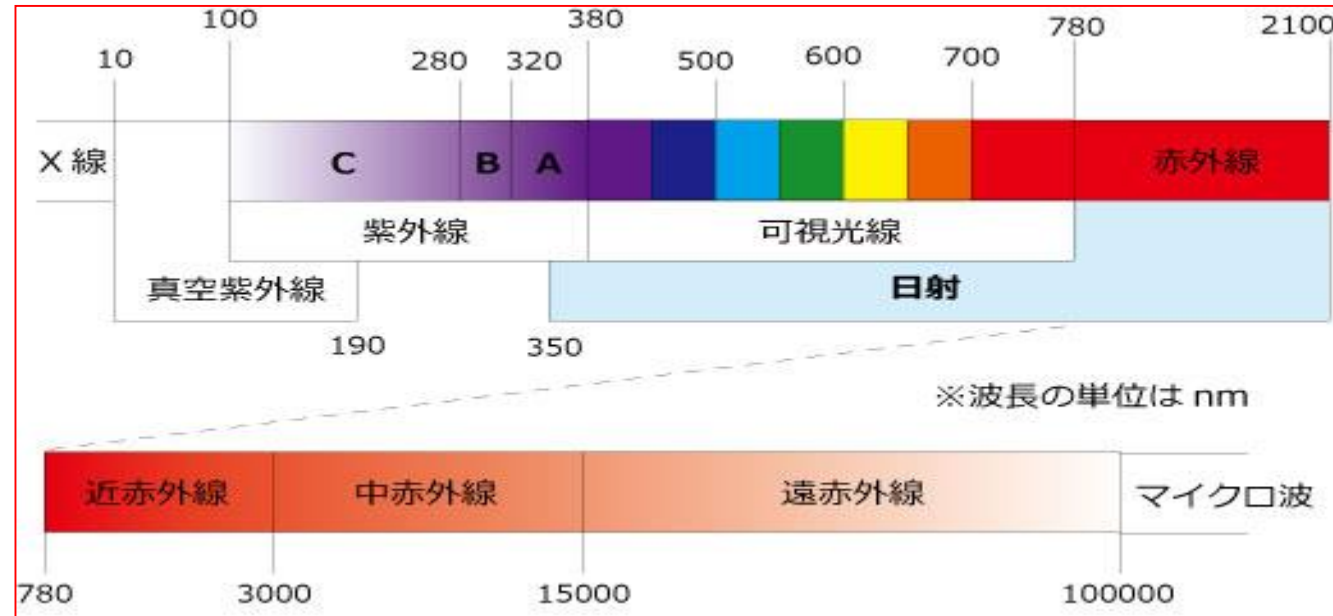
目次

- 赤外線
- ロックインサーモ
- ELITE

赤外線

赤外線

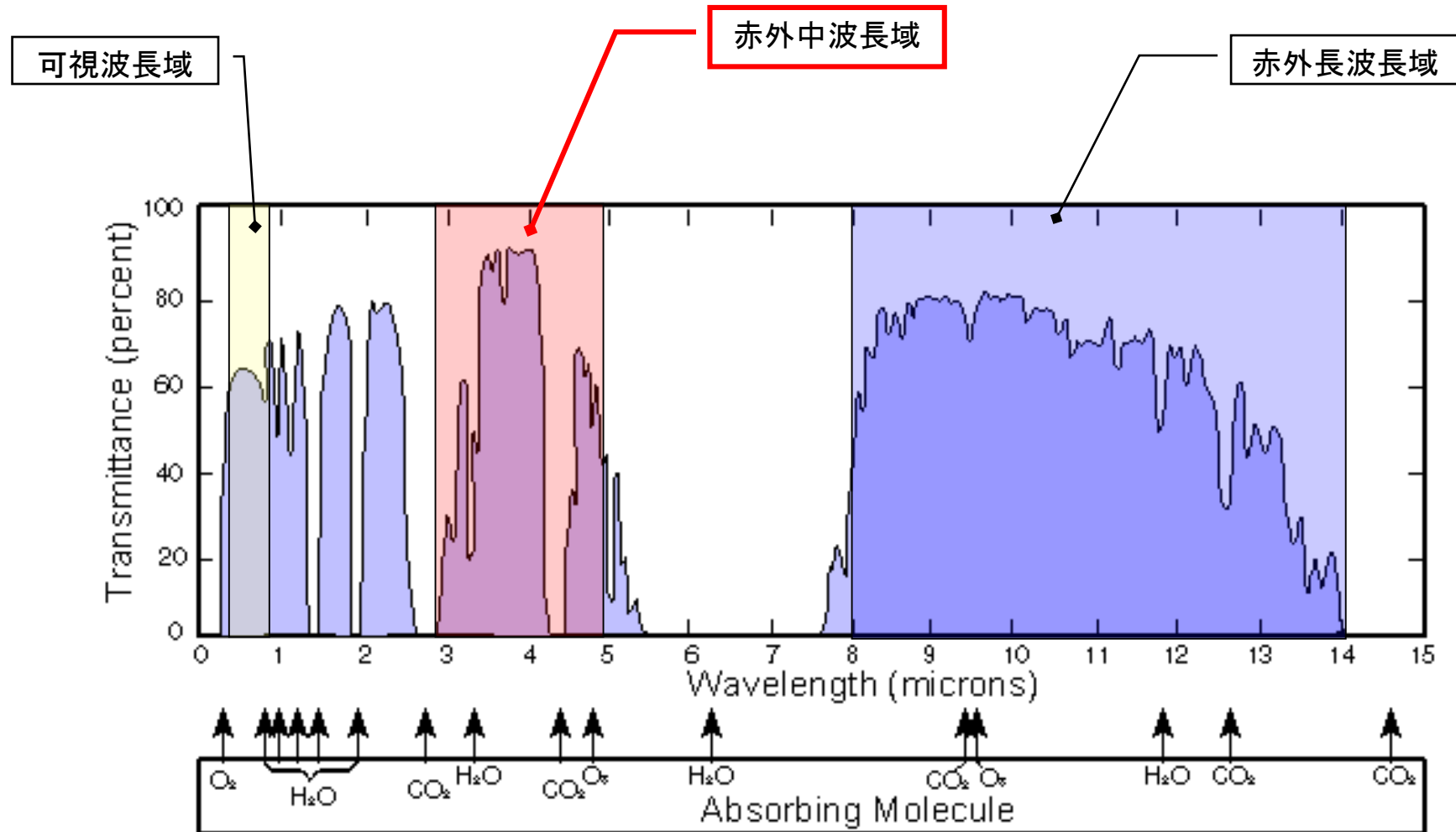
- 可視領域の長波長端である赤より外側の波長領域



- 物質表面から放射（放射率は物質に依存）
- 温度に比例

出典: SNK野田店 <http://snk-noda.com/index.html>

大気の窓



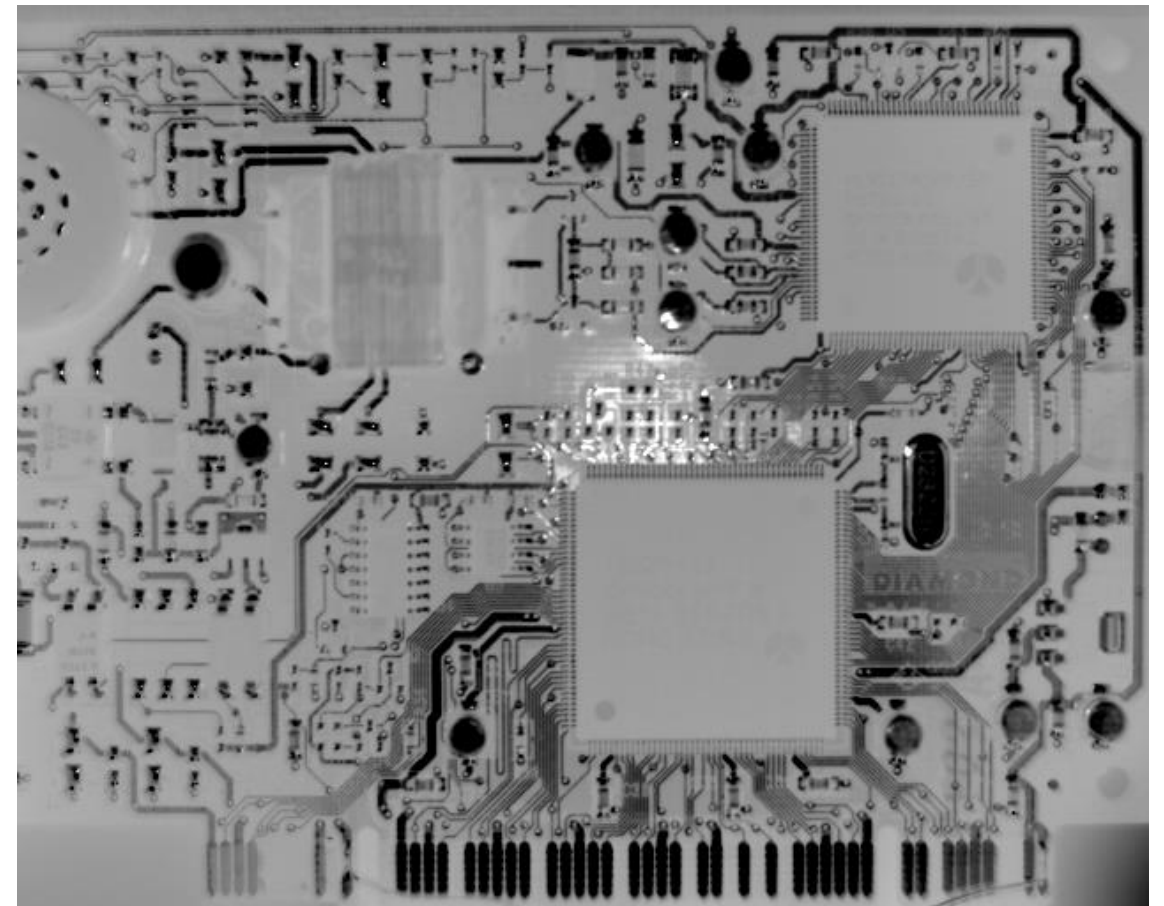
出典: Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared>

可視光像と赤外像

CCDカメラ



赤外線カメラ



ロックインサーモ

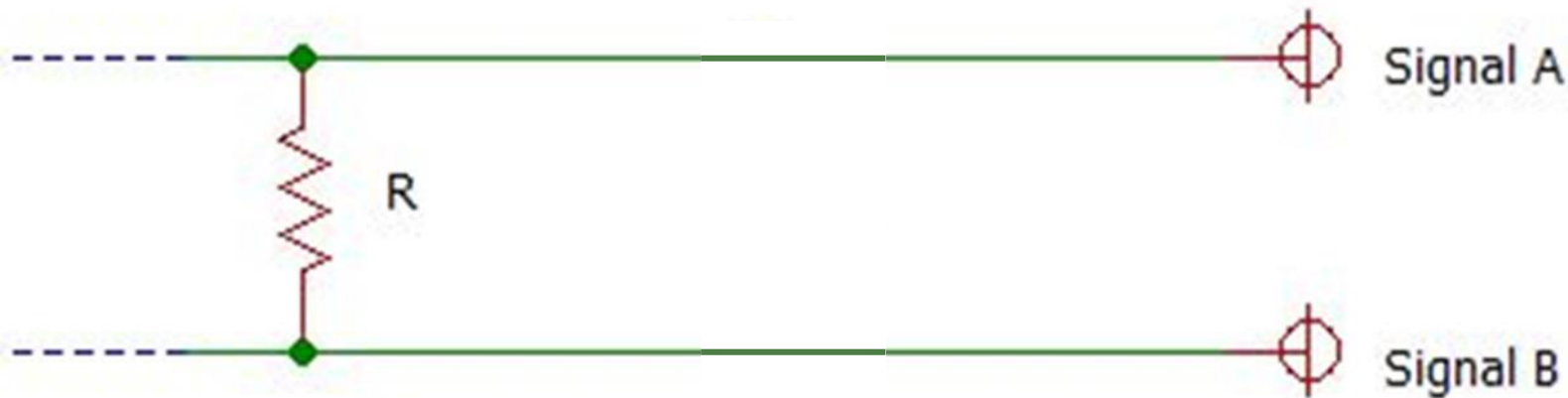
電気部品の故障モード

- 短絡（ショート）
- 開放（オープン）
- ドリフト

参考： 電気部品の故障モード、田村信幸 「システムの信頼性技法」, 電子情報通信学会「知識ベース」, 2009

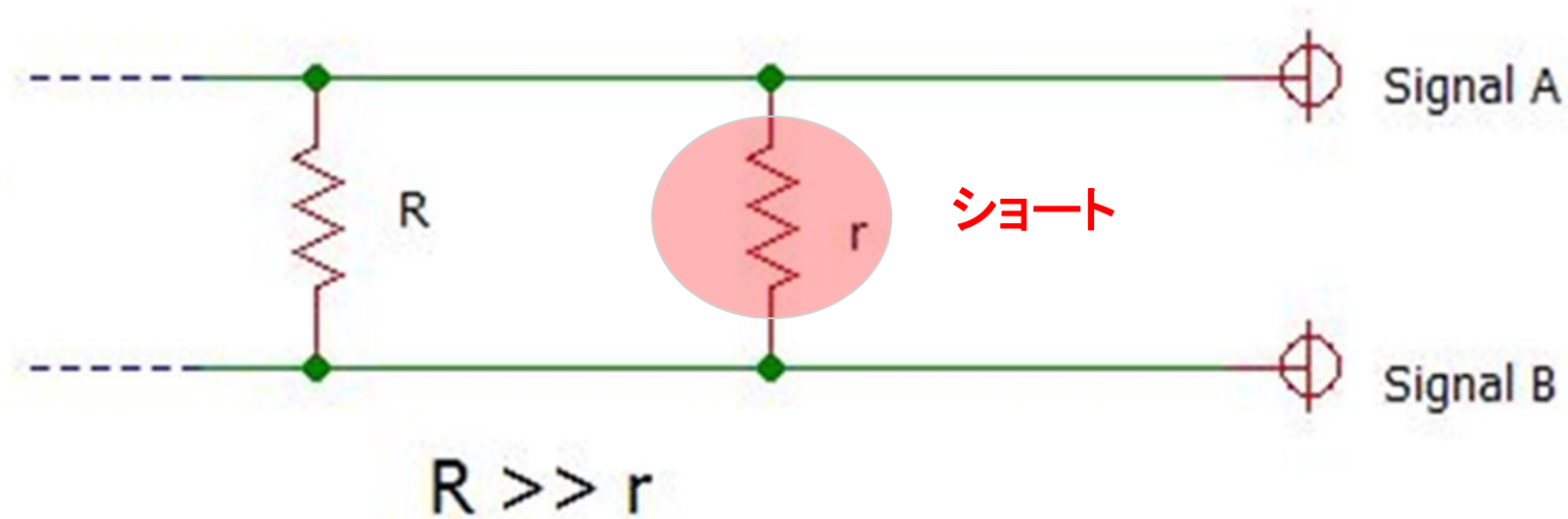
ショート

- 高抵抗であるべき2本以上の信号間の抵抗値が低下した状態
 - 例：電源・グランド間のリーク

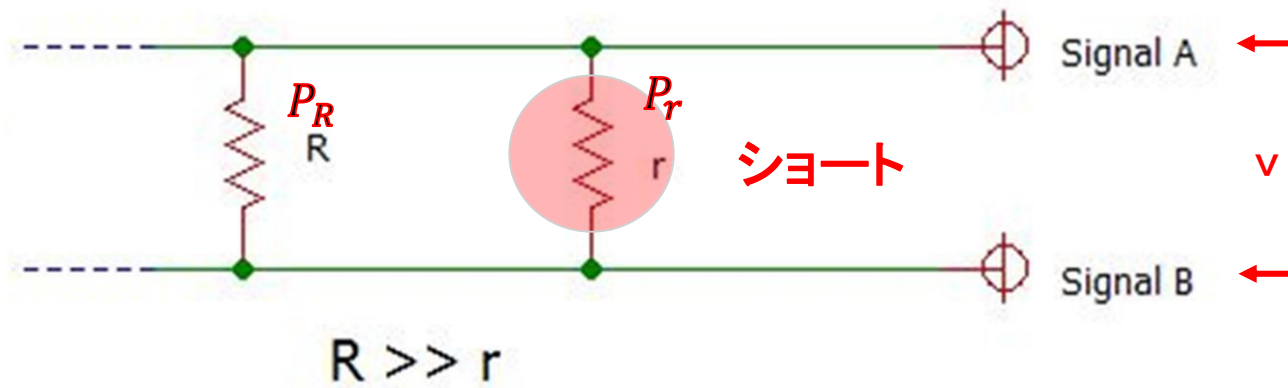


ショート

- 高抵抗であるべき2本以上の信号間の抵抗値が低下した状態
 - 例：電源・グランド間のリーク



ショート時の発熱差



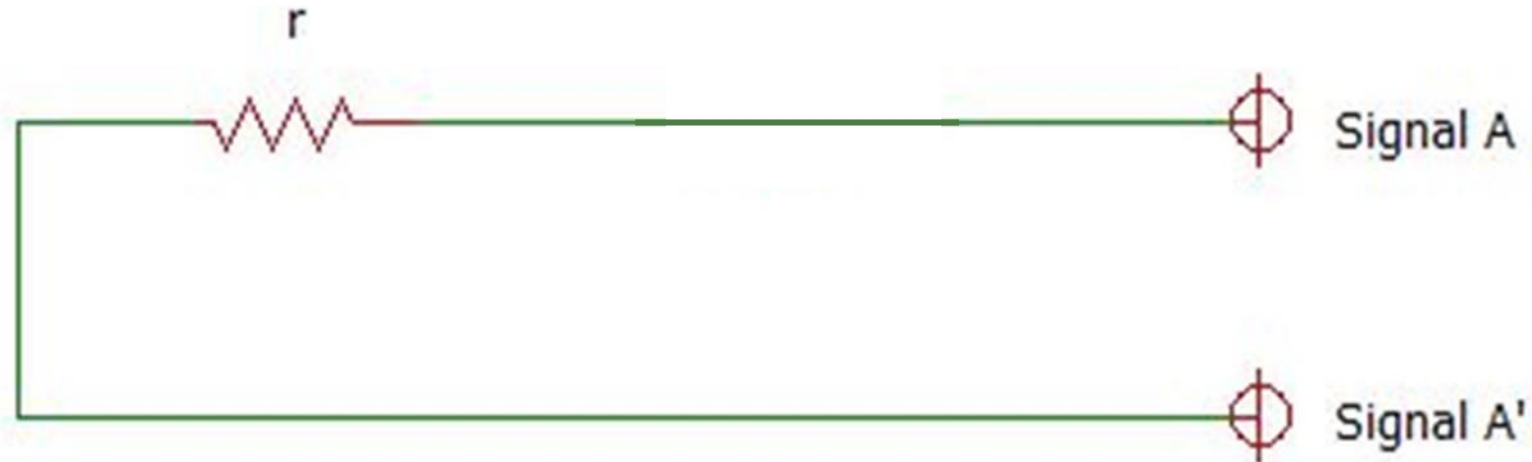
$$\frac{P_r}{P_R} = \frac{\frac{v^2}{r}}{\frac{v^2}{R}} = \frac{R}{r}$$

$$\frac{R}{r} \gg 1$$

つまり、
ショート箇所はより強く発熱する

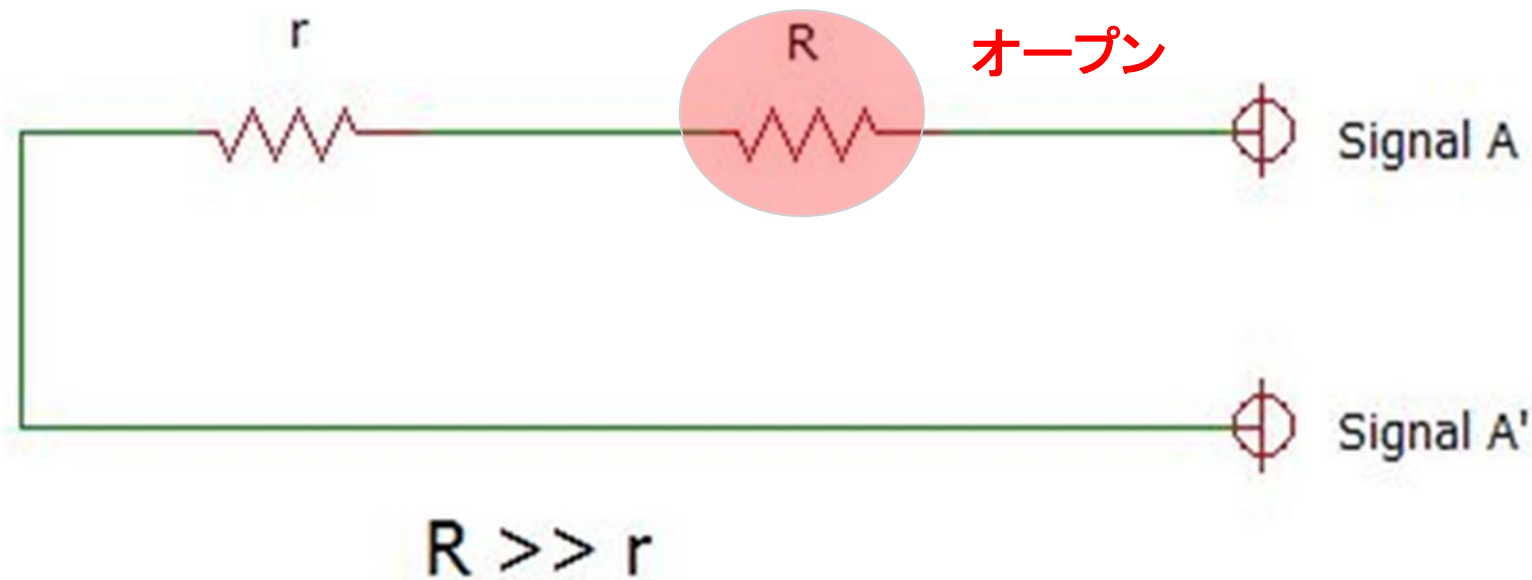
オープン

- 低抵抗であるべき1本の信号線の抵抗値が増加した状態
 - 例: 半田ボールのクラック

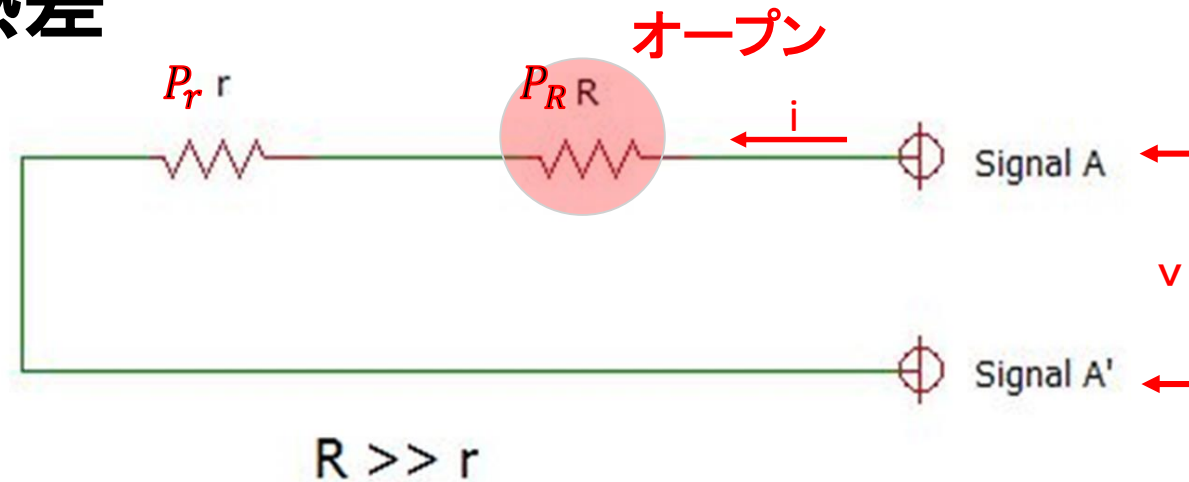


オープン

- 低抵抗であるべき1本の信号線の抵抗値が増加した状態
 - 例: 半田ボールのクラック



オープン時の発熱差



$$\frac{P_R}{P_r} = \frac{i^2 R}{i^2 r} = \frac{R}{r}$$

$$\frac{R}{r} \gg 1$$

つまり、
オープン箇所はより強く発熱する

電気部品の故障モード

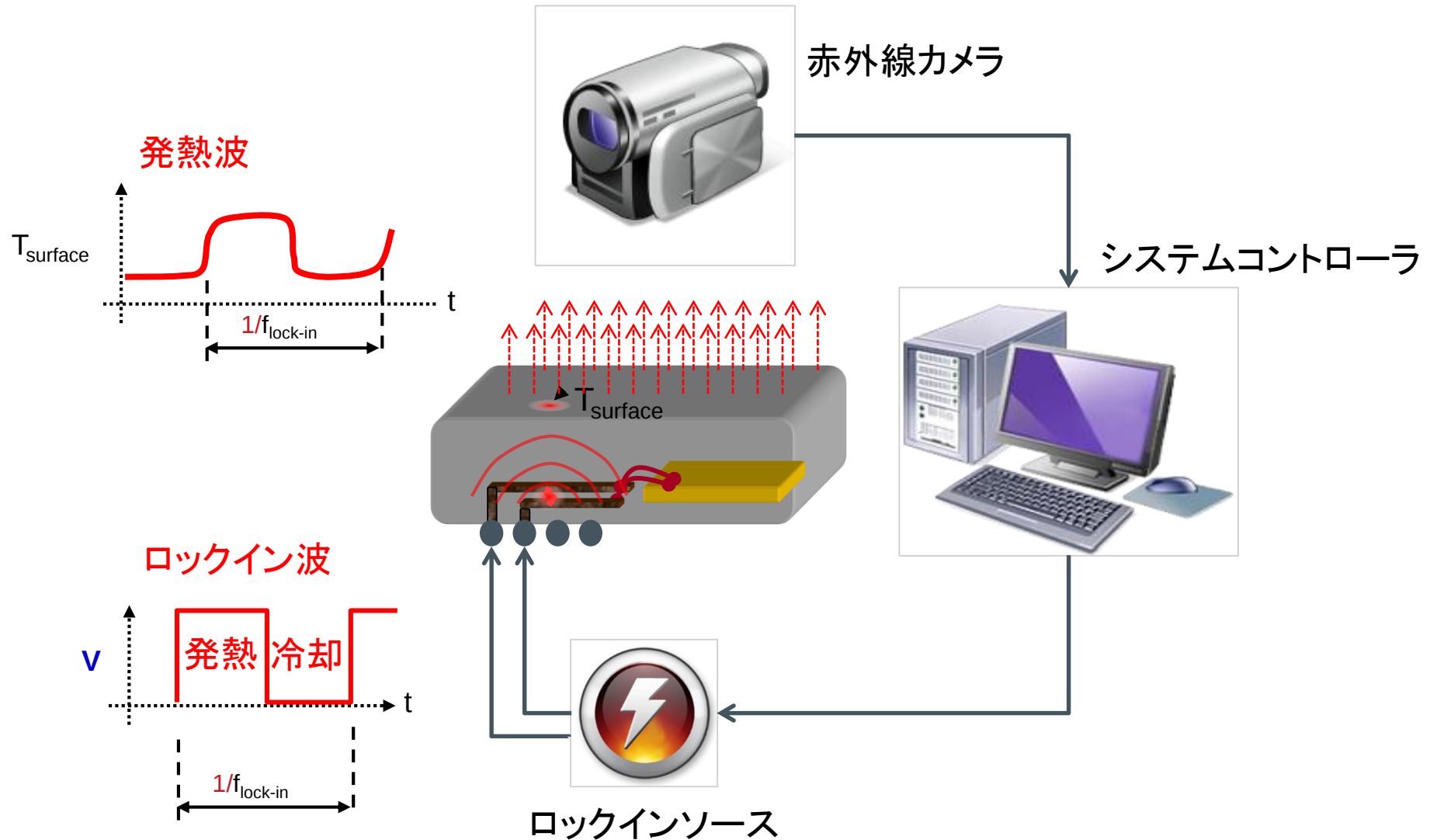
- 短絡（ショート）
- 開放（オープン）



いずれの場合も
不良箇所はより強く発熱する

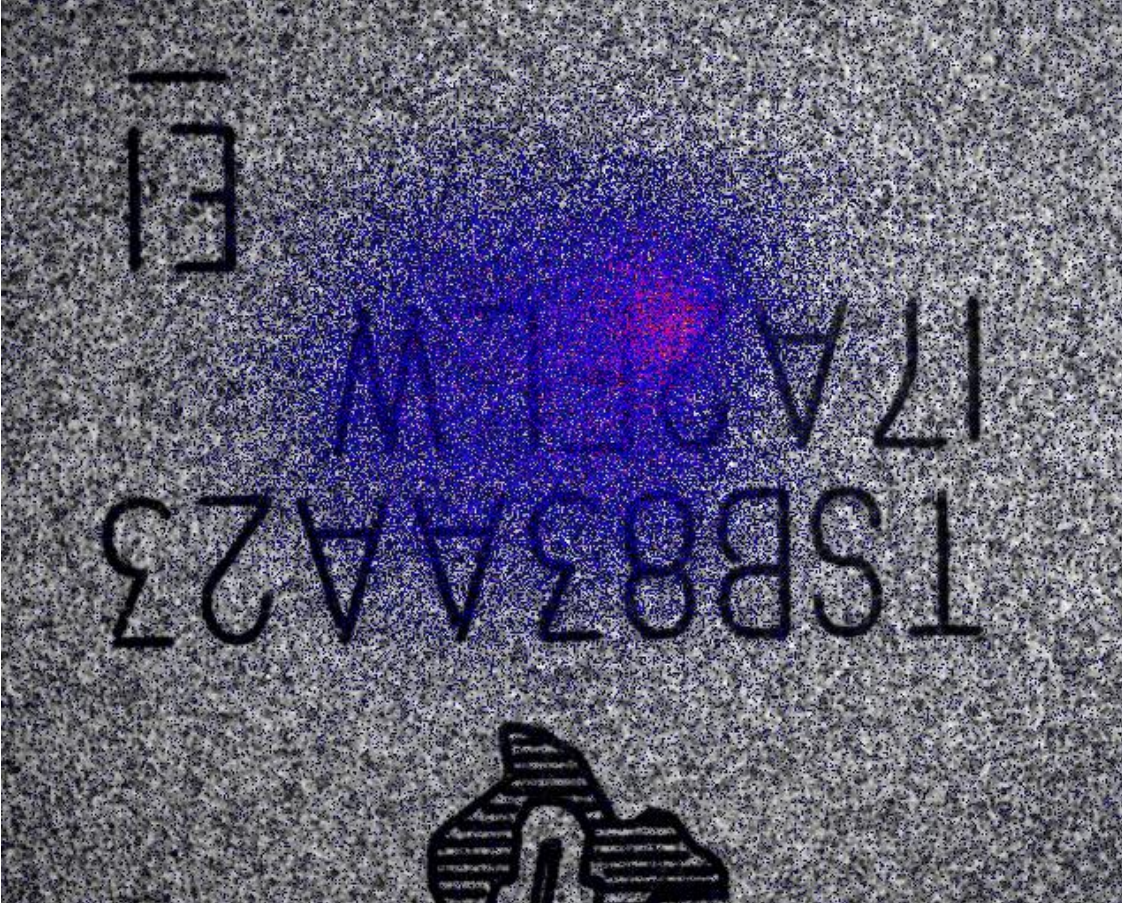
発熱の強いところを特定 → 不良箇所を特定

ロックインサーモの構成



パルス印加の効果

DC印加の場合

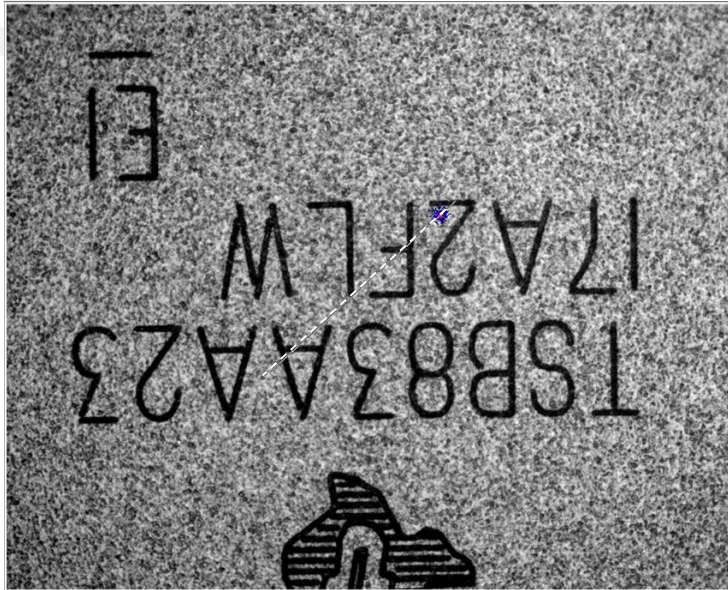


パルス印加の場合

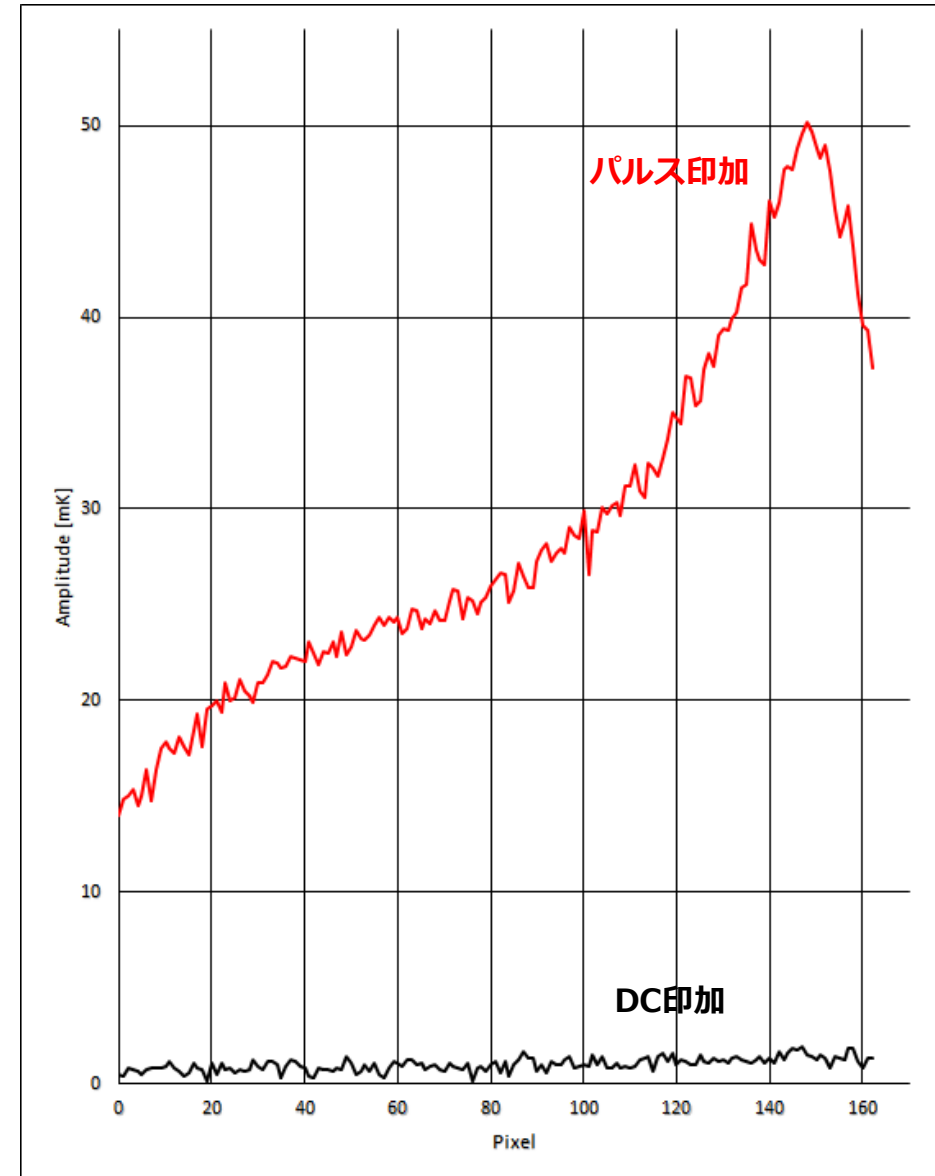
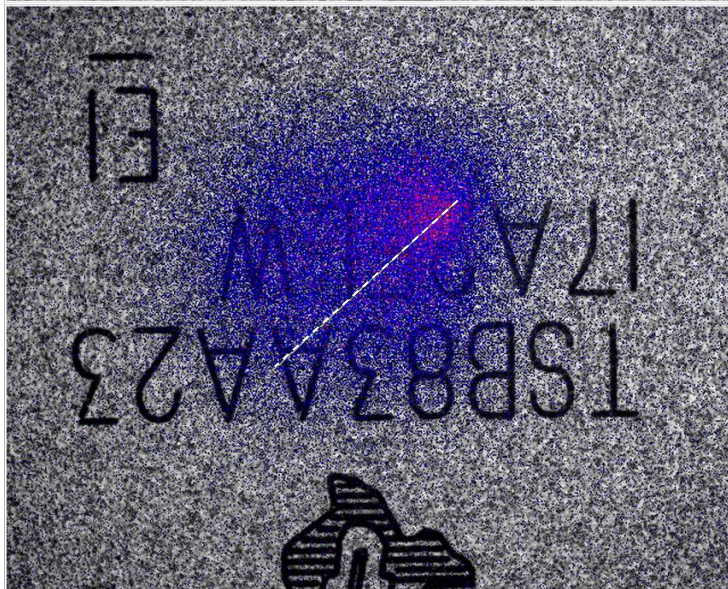


パルス印加の効果

パルス印加



DC印加

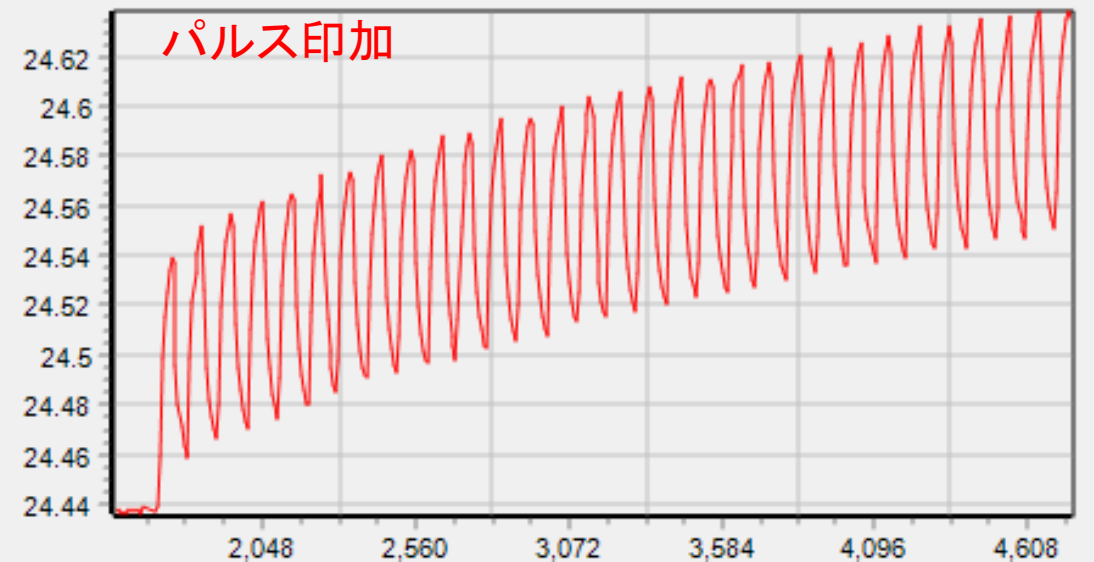
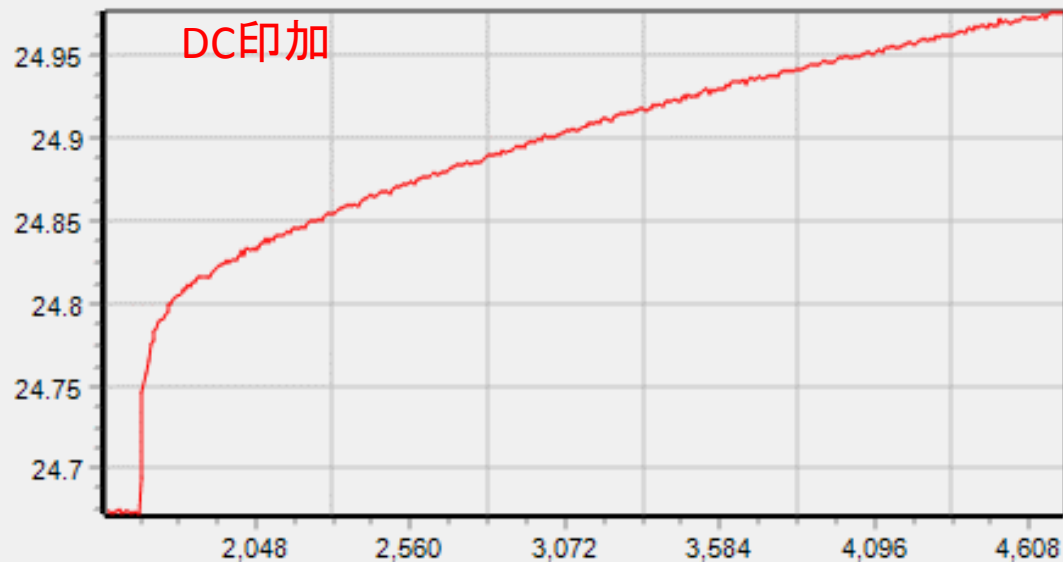


ロックイン印加による発熱波

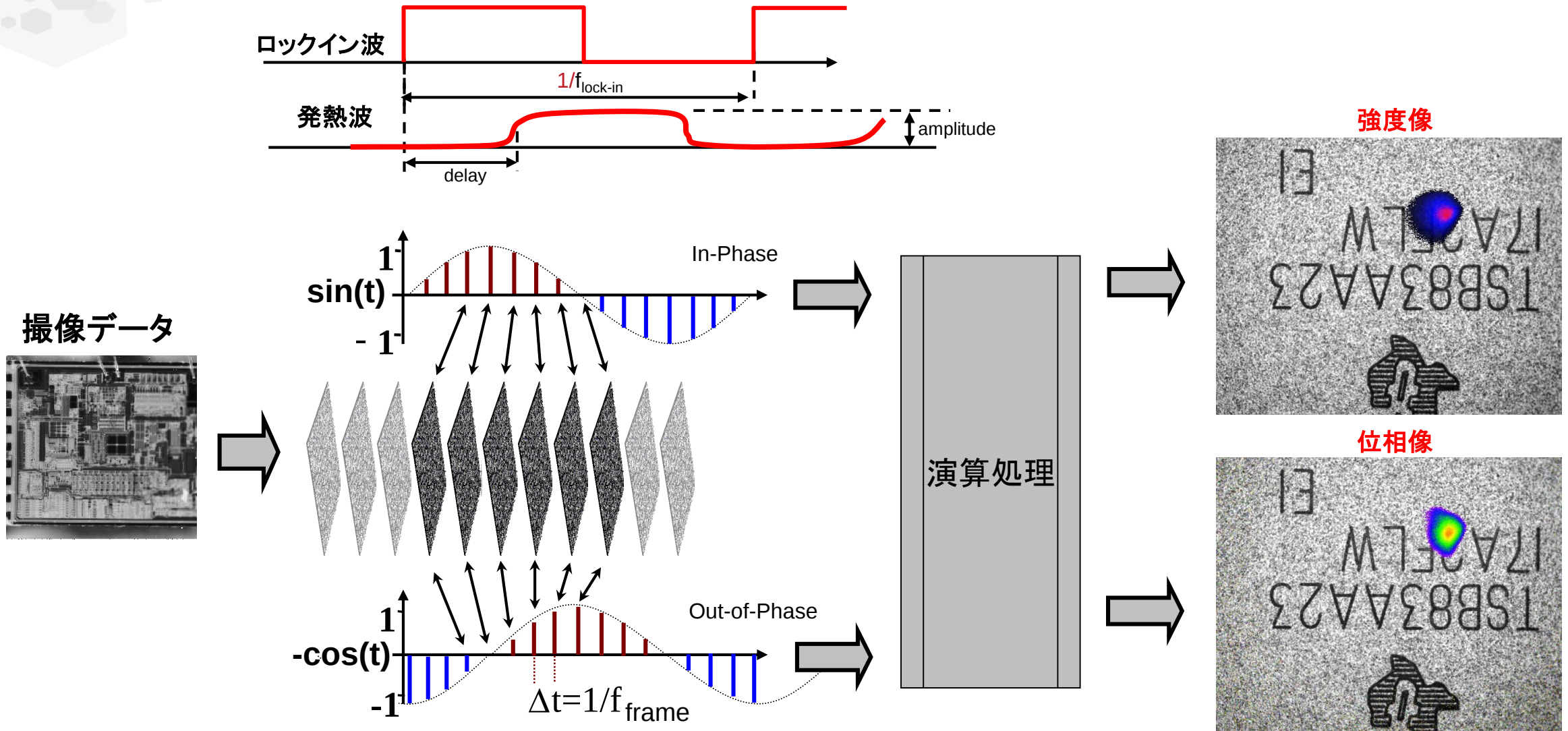


保護ダイオードに順電流を流し、パッケージ表面(左図赤四角)の温度変化をプロット

- DC印加: 0.66V, 30秒
- パルス印加: 0 – 0.66V, 1Hz, 30秒



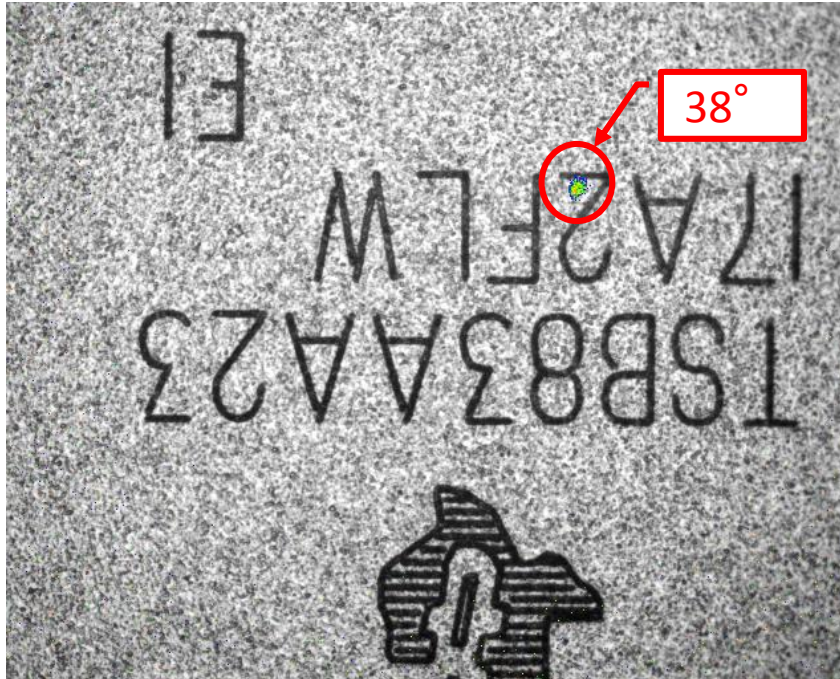
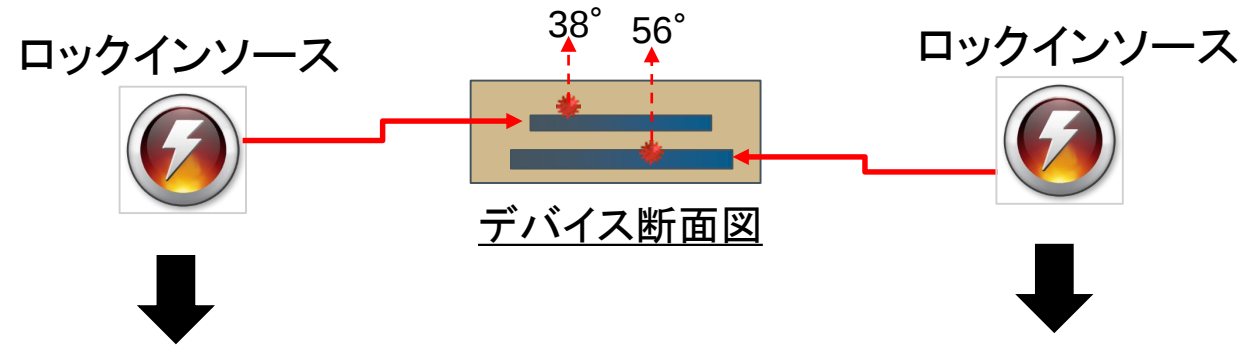
ロックインサーモで得られる結果：強度と位相



出典: Breitenstein et al., 2010, Lock-in Thermography, Springer

FEI PROPRIETARY INFORMATION

位相 → 不良深さの推定



ELITE
Enhanced Lock-In Thermal Emission

赤外線カメラ

- 検出器: InSb (インジウムアンチモン)
 - 波長域: 3 – 5 μ m (レンズ透過域を含む)
 - アレイサイズ: 640 x 512 (ピクセルサイズ15 μ m)
 - NETD: ≤ 20 mK
 - フレームレート: 300Hz (最新モデル)
- ロックイン手法: リアルタイムロックイン

ELITEシステム



- 赤外線カメラ
- サンプルステージ
 - XY可動範囲: 150mm
 - サンプルチャック: 150mm径 (バキューム吸着)
- レンズ:
 - WA/1X/5X/10X, SIL(33X)
- ロックイン電源:
 - 20V/40V/60V/200V/1100V
 - 3kV
 - 10kV
- 他の主なオプション
 - レーザーマーカ
 - EDP (裏面プロービング)

視野 vs レンズ

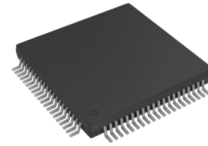
レンズ	ピクセル 分解能	横	縦
広角（最大視野）	NA	20 cm	16 cm
広角（最小視野）	NA	23 mm	18 mm
1x	15 μ m	9.6 mm	7.68 mm
5x	3 μ m	1.92 mm	1.53 mm
10x	1.5 μ m	0.96 mm	0.76 mm

解析事例...

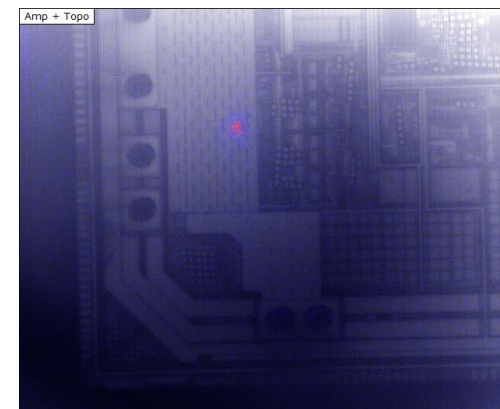
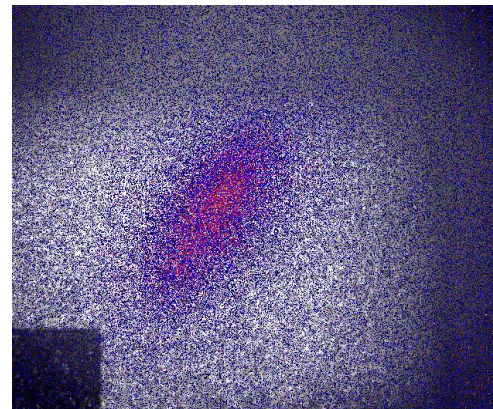
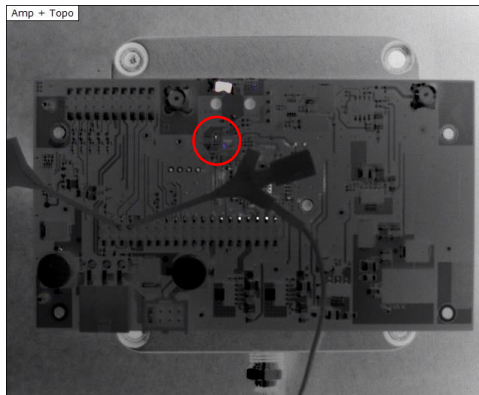
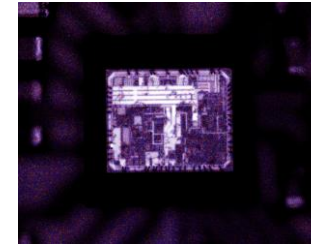
PCBA



Package



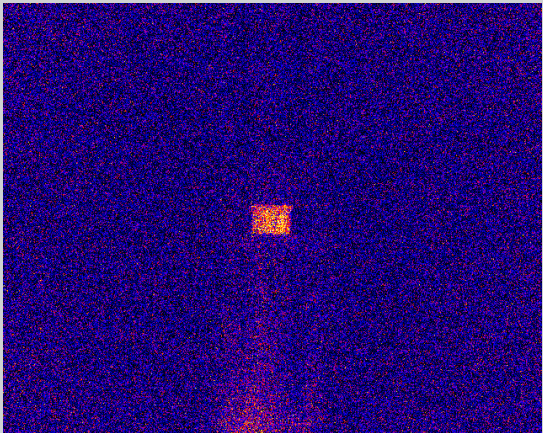
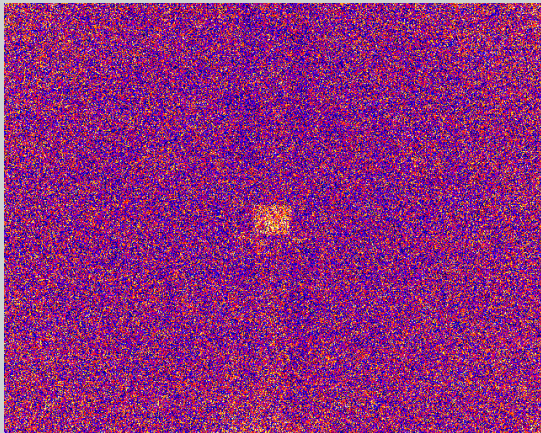
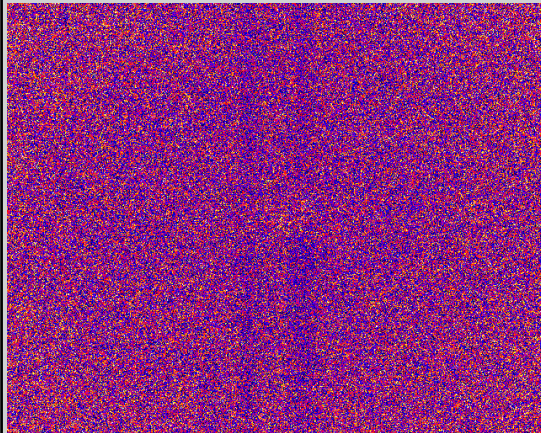
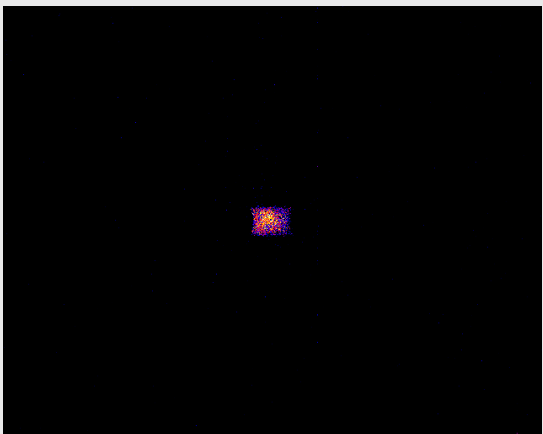
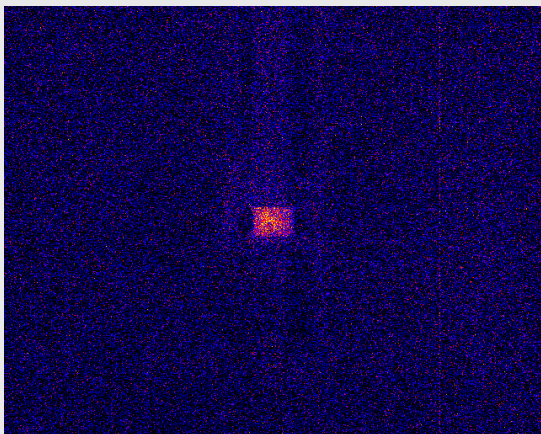
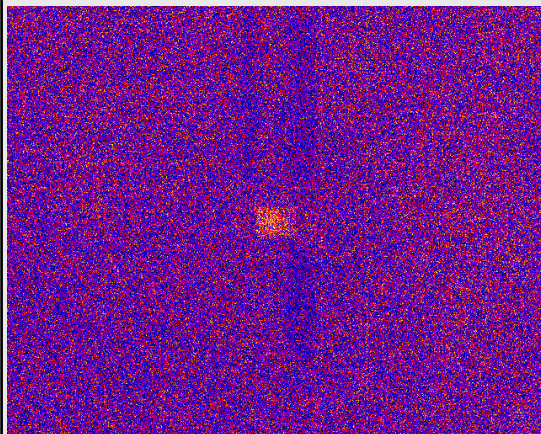
LSI chip



Ref: Schmidt et al., Localization of electrical active defects caused by reliability-related failure mechanism by the application of Lock-in Thermography, IRPS, 2013

ELITE最新情報

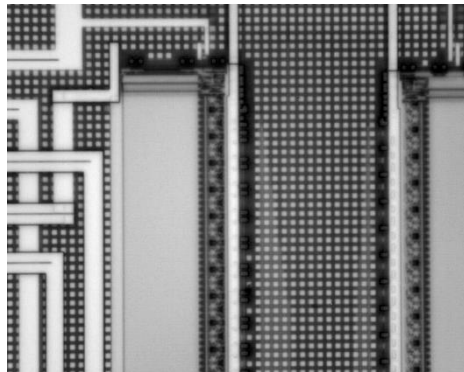
カメラ最新モデル: 検出性能の向上

	7.2uW(DC)相当	3.6uW(DC)相当	1.8uW(DC)相当	
従来モデル				30min
最新モデル				10min

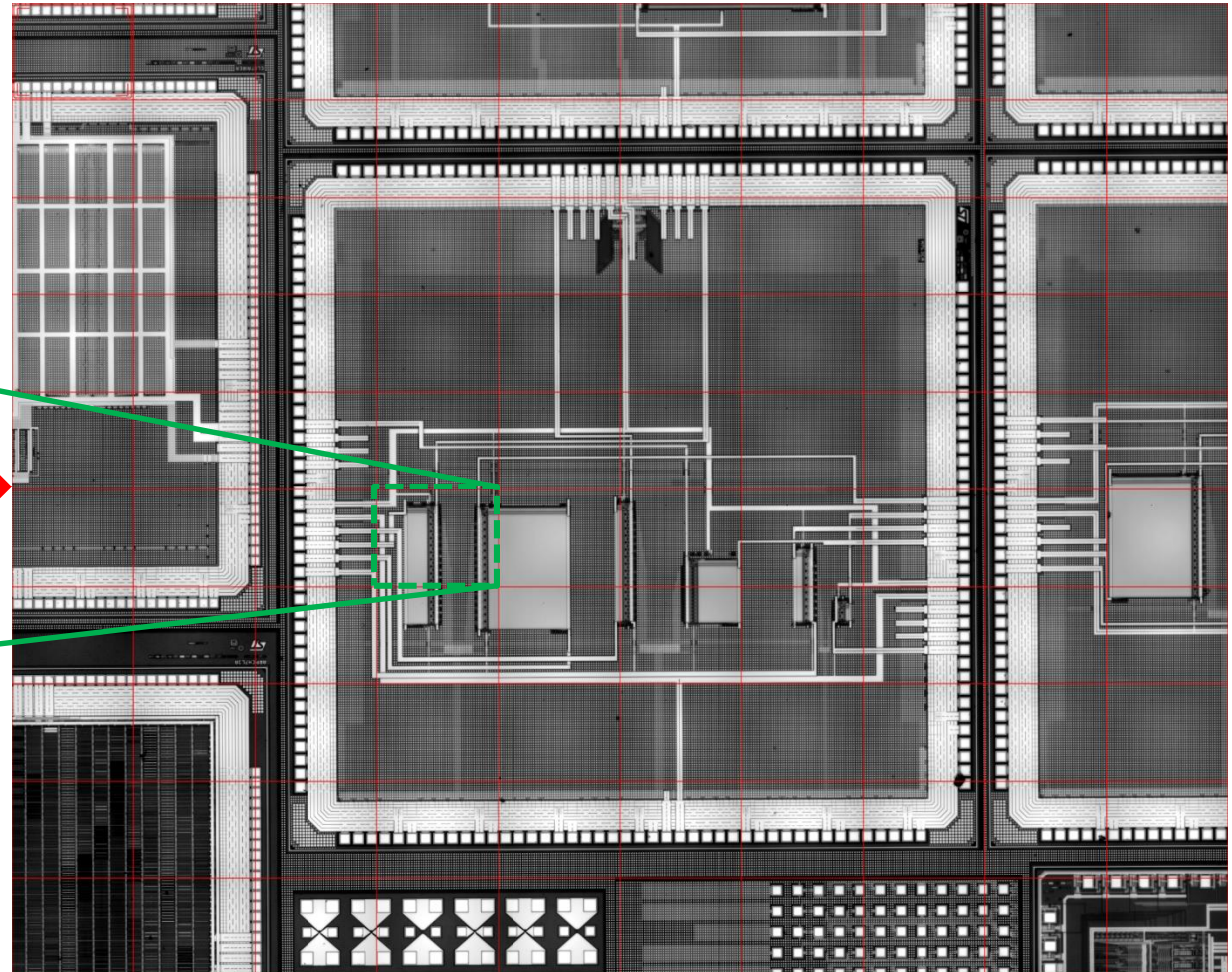
最新ソフトウェア：MOSAIC、高分解能で広視野測定

10Xレンズの分解能で1Xレンズ相当の視野を実現

10X レンズ視野
0.96 x 0.76mm



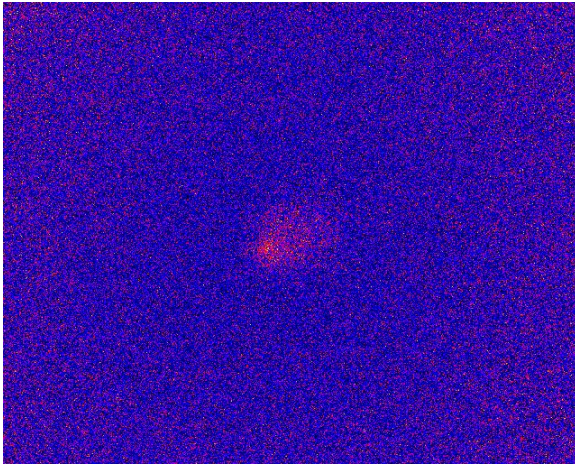
10 x 10
MOSAIC



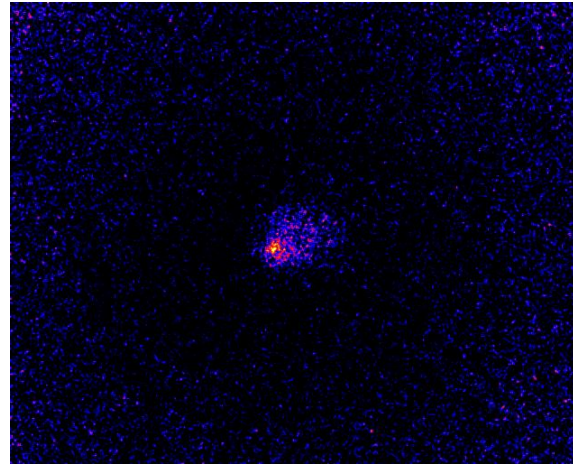
Not to scale

最新ソフトウェア:豊富なイメージフィルター

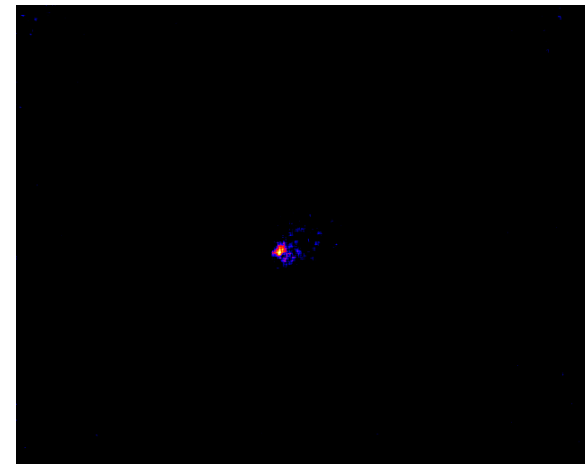
元データ



Pixel Grouping
3x3

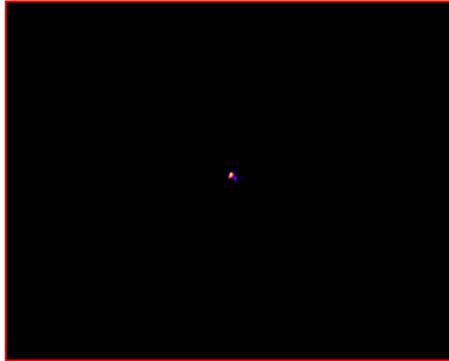


Pixel Grouping
5x5

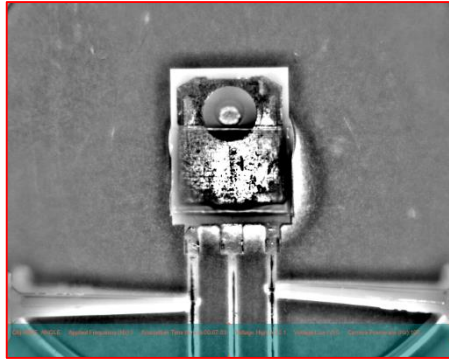


最新ソフトウェア: マルチオーバーレイ

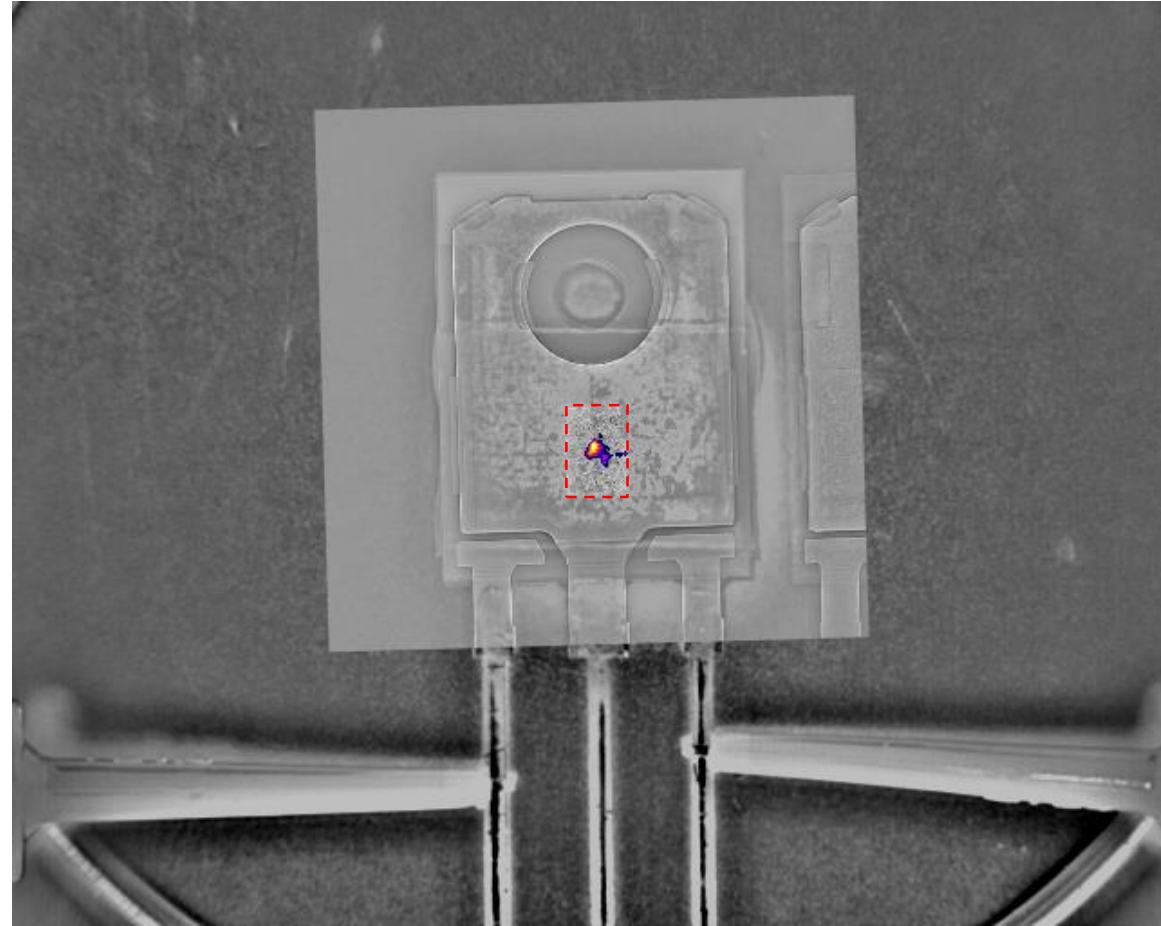
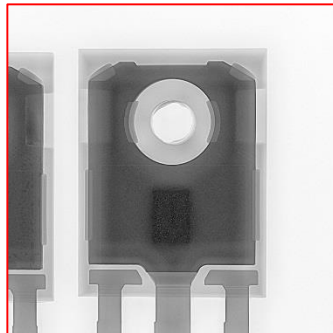
強度像



赤外線



X線像



Explore. Discover. Resolve.

FEI PROPRIETARY INFORMATION

ELITEは...

- セットアップが簡単
 - 不良となっている信号間にロックインソースを接続するだけ
- モールドパッケージでも不良箇所を特定可能
 - 深さの推定も可能
- プリント基板からICまで、幅広い応用分野
 - 最大視野: 20cm X 16cm
 - 最小ピクセル分解能: 1.5um

ご清聴ありがとうございました

