

フォトリレー ～メカニカルリレーからの置換のコツ～

概要

フォトリレーはメカニカルリレーと比べて長寿命・低電流駆動・高速応答といった点で優れており、半導体テスターの接点切り替えやセキュリティ機器の接点出力など、さまざまな製品に応用されています。超小型パッケージや低 R_{ON} 、低 C_{OFF} を特長とした半導体テスター向け製品や、幅広いパッケージと大電流・高オフ電圧などを特長とした汎用製品をラインアップしています。本資料では、メカニカルリレーからフォトリレーへ置き換える際のコツと注意点について述べます。

目次

1.	フォトリレーとは.....	3
1.1	フォトリレーの構造.....	3
1.2	フォトリレーの動作原理.....	4
1.3	フォトリレーの接点構造.....	4
2.	メカニカルリレーとフォトリレーの電気特性.....	5
2.1	電気特性項目の比較.....	5
2.2	東芝フォトリレーのデータシート記載例.....	6
3.	フォトリレーの選定.....	7
3.1	接点タイプの選択.....	7
3.2	接点容量 (電圧)の選択.....	7
3.3	接点容量 (電流)の選択.....	7
3.4	メカニカルリレーの情報から適切なフォトリレーを探す手順例.....	8
4.	設計のポイント.....	9
4.1	オン抵抗特性 (R_{ON}).....	9
4.2	出力端子間容量 (C_{OFF}).....	10
4.3	スイッチング時間 (t_{ON}/t_{OFF}).....	11
4.4	I_F の設計方法.....	12
5.	トラブルと対策事例.....	14
5.1	出力側への過電圧又は過電流印加.....	14
5.2	出力側の設計が十分に考慮されていない.....	17
	製品取り扱い上のお願い.....	19

1. フォトリレーとは

1.1 フォトリレーの構造

フォトリレーは、入力側に赤外 LED を搭載し、出力側に Photo Diode Array (以下 PDA) と MOSFET を搭載した構造です。入力側と出力側は樹脂で電氣的にアイソレーションされています。

図 1.1.1 はフォトリレーで展開しているパッケージの 1 つである、2.54SOP4 パッケージの内部構造例です。入力側の LED と出力側の PDA を向かい合わせるように搭載し、シリコン樹脂で絶縁する構造となっています。

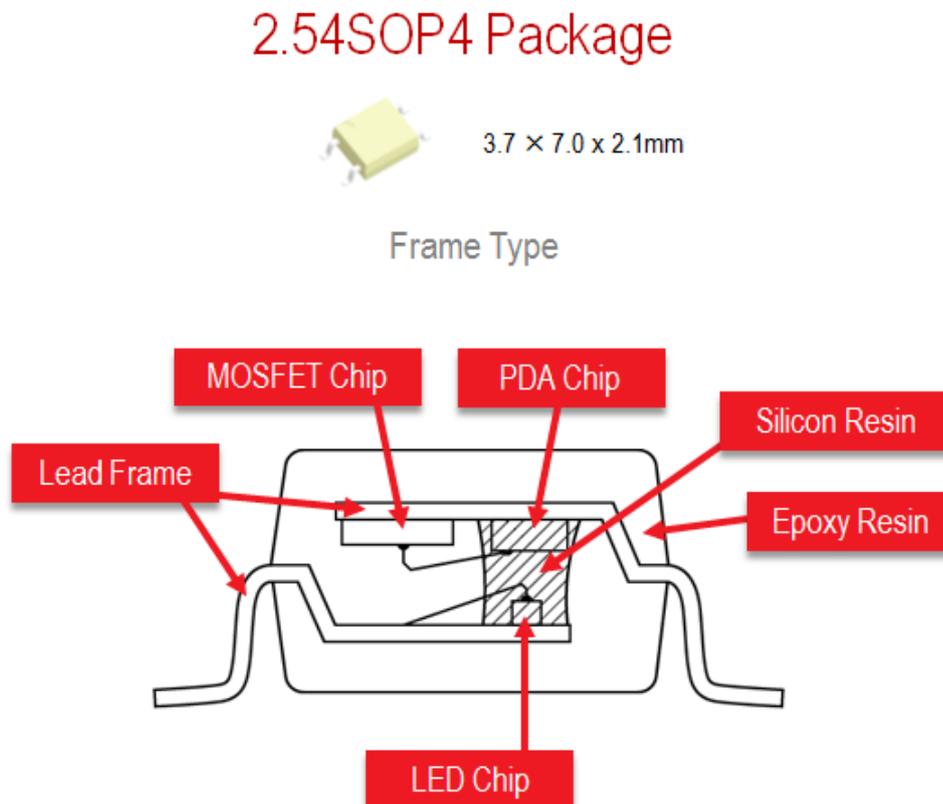


図 1.1.1 内部構造図例

1.2 フォトリレーの動作原理

フォトリレーは入力側の LED に電流を流し発光させます。発光した赤外光は出力側の PDA で受光し起電力を発生させます。この起電力により MOSFET のゲートを駆動し、MOSFET がオンします。

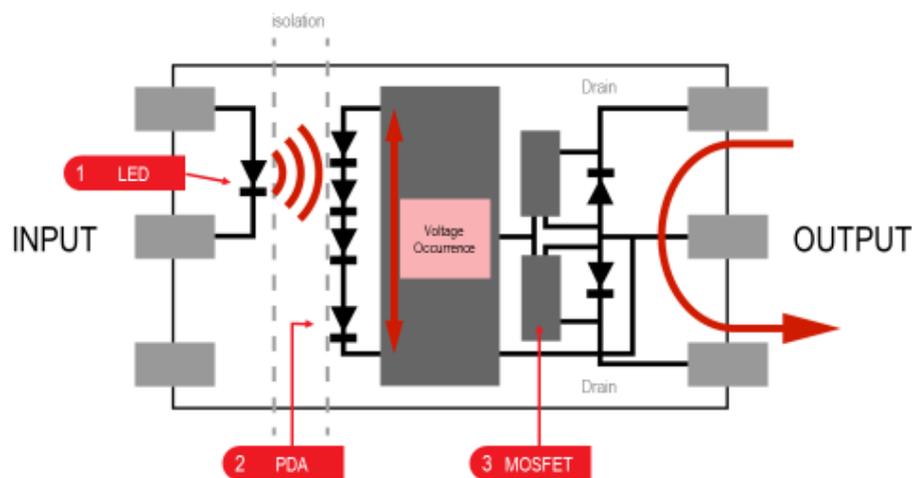


図 1.2.1 フォトリレーの動作原理

1.3 フォトリレーの接点構造

a 接点では入力側に一定以上の電流が流れているときに、出力側がオン状態になる接点方式です。この接点方式はノーマリー・オープン型とも呼ばれます。1 a と表記して 1 極の a 接点リレー、2 a と表記して 2 極の a 接点リレーを表します。

一方、b 接点では入力側に一定以上の電流が流れているときには、出力側がオフ状態であり、入力側の電流が一定以下になると出力側がオン状態になります。この接点方式はノーマリー・クローズ型とも呼ばれます。1 b と表記して 1 極の b 接点リレー、2 b と表記して 2 極の b 接点リレーを表します。

フォトリレーでは a 接点はエンハンスメント型、b 接点はデプレッション型の MOSFET を使用しています。

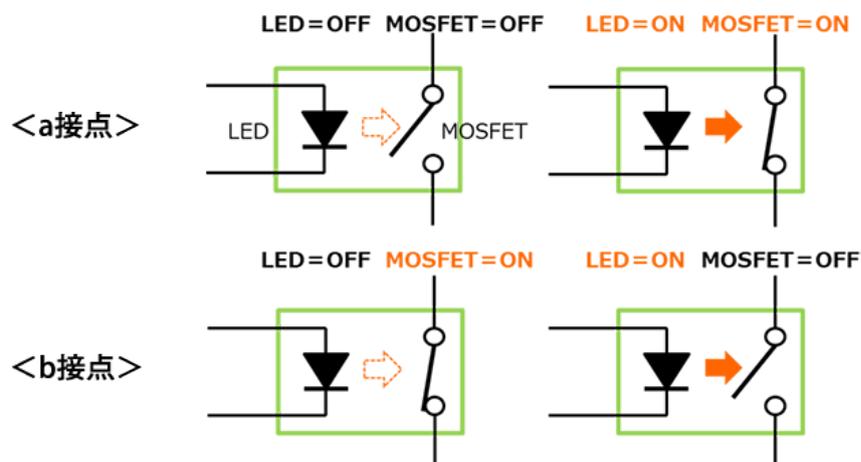


図 3.1.1 接点構造

2. メカニカルリレーとフォトリレーの電気特性

2.1 電気特性項目の比較

メカニカルリレーとフォトリレーのそれぞれの特性は表のようにひも付けすることができます。

メカニカルリレーの特性項目		解説	フォトリレーで相当する特性項目
コイル定格		コイルを適正に動作させるために印加する電圧と流れる電流値	入力順電流 (I_F) , 入力順電圧 (V_F) , 入力順電流の推奨動作条件 (I_F)
接点構成		接点の動作方式およびその接点数 例: ノーマリー・オープン × 1 接点 (1a) ノーマリー・クローズ × 1 接点 (1b) 切換接点 × 1 接点 (1c)	接点の動作方式およびその接点数 例: ノーマリー・オープン × 1 接点 (1a) ノーマリー・クローズ × 1 接点 (1b)
接触抵抗		接点の抵抗値	オン抵抗 (R_{ON})
接点容量		接点に流せる電流と電圧	阻止電圧 (V_{OFF}) , オン電流 (I_{ON} , I_{ONP})
接点最大許容電力		実用上支障なく開閉できる負荷容量の最大値	出力許容損失 (P_O)
接点最大許容電圧		接点开閉電圧の最大値 駆動する負荷や電流によりデレーティング	阻止電圧 (V_{OFF})
接点最大許容電流		接点开閉電流の最大値 駆動する負荷や電圧によりデレーティング	オン電流 (I_{ON} , I_{ONP})
時間特性	動作時間	コイルに定格電圧を加えた時点から接点が接触するまでの時間 (バウンス時間は含まない)	ターンオン時間 (t_{ON})
	復帰時間	コイルよりコイル定格電圧を取り除いてから接点が開放するまでの時間	ターンオフ時間 (t_{OFF})
開閉寿命	機械的寿命	リレーの接点に通電せず、コイルに定格電圧を加えたときの開閉寿命	発光素子劣化データおよびトリガ LED 電流 max 値から動作可能時間を推定
	電氣的寿命	接点に規定負荷を接続し、コイルに定格電圧を印加したときの開閉寿命	発光素子劣化データおよびトリガ LED 電流 max 値から動作可能時間を推定
使用周囲温度		リレーが動作する周囲温度	動作温度 (T_{opr})

2.2 東芝フォトリーアのデータシート記載例

入力順電流

周囲温度25°Cにおける入力側のLED（発光ダイオード）が「破壊しない」最大電流。
最大値がこの範囲内で収まるよう設計必要。

阻止電圧

フォトリーア出力間に印加できる出力側電源電圧範囲の最大値。使用電源の目安となる。

オン電流

導通しているときに出力側のMOS FETに流すことが可能な負荷電流の最大値。
直流／交流どちらのときも、
最大値がこの値以下なるよう設計必要。
使用周囲温度により変化。

オン電流（パルス）

導通しているときに出力側のMOS FETにパルスで流すことが可能な負荷電流の最大値。
直流／交流どちらのときも、
最大値がこの値以下なるよう設計必要。
使用周囲温度により変化。

絶縁耐圧

入出力間に高電圧を1分間印加した時、絶縁破壊の起こらない限界値。

Absolute Maximum Ratings (Note) (Unless otherwise specified, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

	Characteristics	Symbol	Note	Rating	Unit
LED	Input forward current	I_F		30	mA
	Input forward current derating ($T_A \geq 25^\circ\text{C}$)	$\Delta I_F/\Delta T_A$		-0.3	mA/°C
	Input reverse voltage	V_R		5	V
	Junction temperature	T_J		125	°C
Detector	OFF-state output terminal voltage	V_{OFF}		40	V
	ON-state current	I_{ON}		120	mA
	ON-state current derating ($T_A \geq 25^\circ\text{C}$)	$\Delta I_{ON}/\Delta T_A$		-1.2	mA/°C
	ON-state current (pulsed)	I_{ONP}	$(t = 100 \mu\text{s}, \text{Duty} = 1/10)$	300	mA
Common	Junction temperature	T_J		125	°C
	Storage temperature	T_{STG}		-40 to 125	°C
	Operating temperature	T_{OPR}		-40 to 110	°C
	Lead soldering temperature (10 s)	T_{SOL}		260	°C
	Isolation voltage	BV_{IS}	AC, 60 s, R.H. \leq 60 %	500	Vrms

Electrical Characteristics (Unless otherwise specified, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

	Characteristics	Symbol	Note	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
LED	Input forward voltage	V_F		$I_F = 10 \text{ mA}$	1.1	1.27	1.4	V
	Input reverse current	I_R		$V_R = 5 \text{ V}$	—	—	10	μA
	Input capacitance	C_i		$V = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$	—	30	—	pF
Detector	OFF-state current	I_{OFF}		$V_{OFF} = 40 \text{ V}$	—	—	1	nA
	Output capacitance	C_{OFF}		$V = 0 \text{ V}, f = 100 \text{ kHz}$	—	0.45	0.8	pF

Coupled Electrical Characteristics (Unless otherwise specified, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

	Characteristics	Symbol	Note	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
	Trigger LED current	I_{TR}		$I_{ON} = 100 \text{ mA}$	—	—	3	μA
	Return LED current	I_{RC}		$I_{OFF} = 10 \mu\text{A}$	0.1	—	—	—
	ON-state resistance	R_{ON}		$I_{ON} = 100 \text{ mA}, V_{OFF} = 40 \text{ V}$	—	12	14	Ω

Isolation Characteristics (Unless otherwise specified, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

	Characteristics	Symbol	Note	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
	Total capacitance (input to output)	C_S	(Note 1)	$V_S = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$	—	1	—	pF
	Isolation resistance	R_{IS}	(Note 1)	$V_S = 500 \text{ V}, \text{R.H.} \leq 60 \%$	—	10^{14}	—	Ω
	Isolation voltage	BV_{IS}	(Note 1)	AC, 60 s DC, 1 s in oil DC, 60 s, in oil	500	—	—	Vrms Vdc

Note 1: This device is considered as a two-terminal device: Pins 1 and 2 are shorted together, and pins 3 and 4 are shorted together.

Switching Characteristics (Unless otherwise specified, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

	Characteristics	Symbol	Note	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
	Turn-on time	t_{ON}		$R_L = 200 \Omega, V_{ON} = 20 \text{ V}, I_F = 5 \text{ mA}$	—	—	300	μs
	Turn-off time	t_{OFF}		$R_L = 200 \Omega, V_{ON} = 20 \text{ V}, I_F = 5 \text{ mA}$	—	—	300	μs

端子間容量（出力側）

LED電流を流さない状態（非導通）での端子間の静電容量(寄生ダイオードのPNジャンクション容量)。
非導通時に交流信号はこの容量を通じて漏れる。

トリガLED電流

MOS FETの出力がオン状態になるために必要な順電流の最小値。

オン抵抗

入力LEDに規定のLED電流を流し、出力MOSFETがオン状態での抵抗値。

ターンオン時間

入力ON後、出力波形が10%になるまでの時間。

ターンオフ時間

入力OFF後、出力波形が90%になるまでの時間。

3. フォトリレーの選定

メカニカルリレーからフォトリレーへの置き換えを、高信頼性、小型、高速、低ノイズ、無音などの様々な利点によって推奨しています。メカニカルリレーを置き換えるにあたり、フォトリレーの選択手順についてご紹介します。

3.1 接点タイプの選択

フォトリレーの動作方式及びその接点数は、ノーマリー・オープン×1 接点 (1a)とノーマリー・クローズ×1 接点 (1b)が多くラインアップされていますが、これらを組み合わせた 1a1b についても選択することができます。

3.2 接点容量 (電圧)の選択

メカニカルリレーの接点電圧は、フォトリレーでは阻止電圧 (V_{OFF})に相当します。現在使用中のメカニカルリレーに印加されている電圧よりも大きな阻止電圧の製品を選択します。当社フォトリレーの阻止電圧のラインアップは 20 ~ 600 V です。

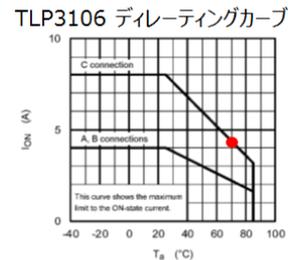
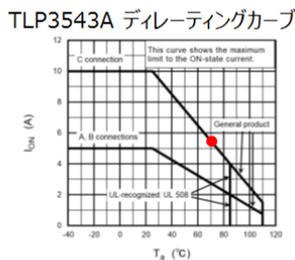
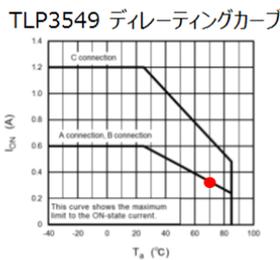
3.3 接点容量 (電流)の選択

メカニカルリレーの接点電流はフォトリレーではオン電流 (I_{ON} や I_{ONP}) に相当します。オン電流については、使用温度によりデレーティングする必要がありますので、使用温度の最大定格以内となる製品を選択してください。

◆周囲温度によるオン電流選択例

(1) 使用温度範囲において、フォトリレーの定格電流を調べます。(例：温度範囲-20~70℃)

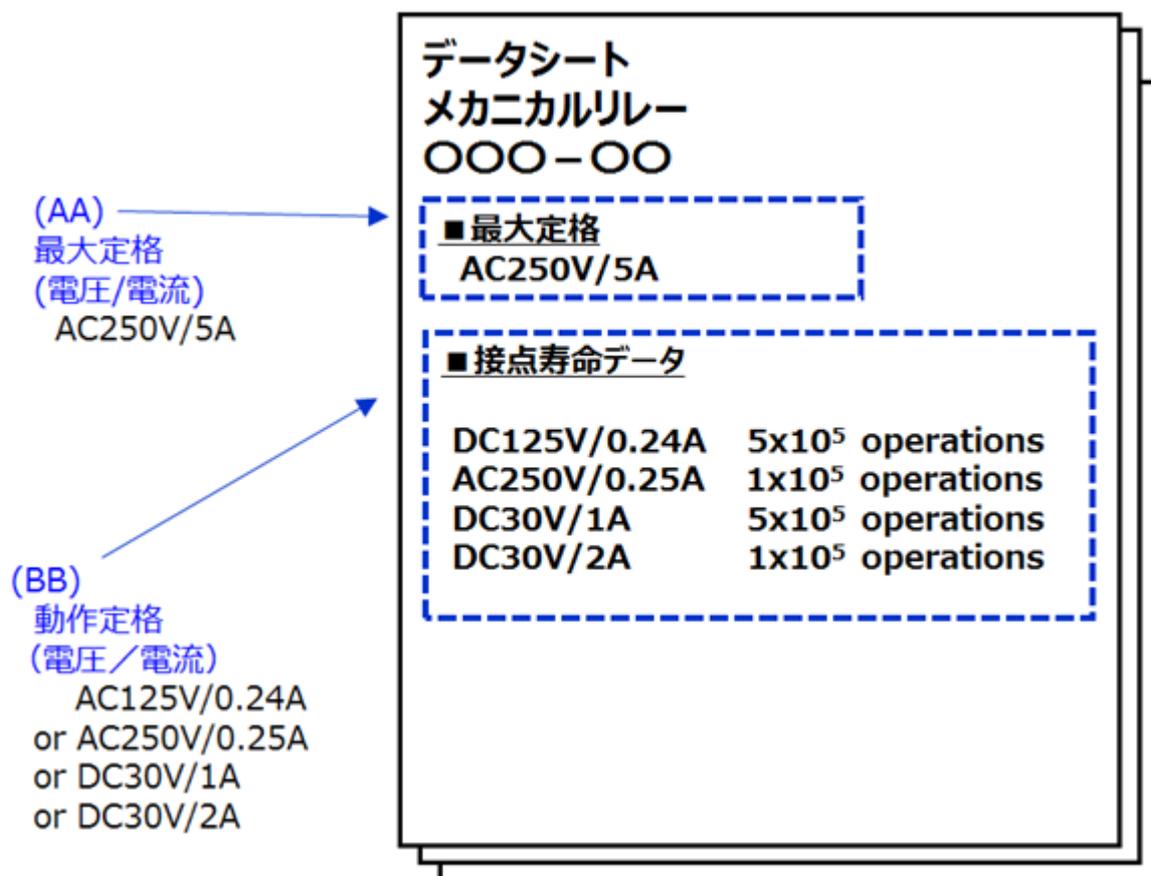
- TLP3549 ($\Delta I_{ON}/\Delta T_a = -6\text{mA}/^\circ\text{C}$)
定格電流: **0.33A** (デレーティングカーブのA接続(AC)における $T_a = 70^\circ\text{C}$ の条件)
- TLP3543A ($\Delta I_{ON}/\Delta T_a = -100\text{mA}/^\circ\text{C}$)
定格電流: **5.5A** (デレーティングカーブのC接続(DC)における $T_a = 70^\circ\text{C}$ の条件)
- TLP3106 ($\Delta I_{ON}/\Delta T_a = -80\text{mA}/^\circ\text{C}$)
定格電流: **4.4A** (デレーティングカーブのC接続(DC)における $T_a = 70^\circ\text{C}$ の条件)



(2) 使用温度範囲におけるフォトリレーの定格電流が、使用回路における動作電流よりも大きいことを確認します。

3.4 メカニカルリレーの情報から適切なフォトリレーを探す手順例

■メカニカルリレーのデータシートの一例



- ・メカニカルリレーの電圧と電流に関する定格は、(AA)最大定格と、(BB)動作定格（接点回数を考慮）の2つがあります。
- ・回路設計上は、メカニカルリレーの接点寿命を考慮した(BB)動作定格を用いることになります。
- ・上の例では、最大定格はAC250V/5Aですが、 1×10^5 をリレー動作回数とした場合、動作定格はAC250V/0.25A、又はDC30V/2Aとなります。
- ・従って、AC250V/5Aでは定格を満たすフォトリレーを推奨出来ませんでしたが、動作定格では下記のフォトリレーが推奨可能となります。

- 適切なフォトリレー（例）
 - (AC 動作)
 - ・ TLP3549 (600V/0.6A, DIP8)
 - (DC 動作)
 - ・ TLP3543A (30V/5A, DIP6)
 - ・ TLP3106 (30V/4A, 2.54SOP6)

4. 設計のポイント

4.1 オン抵抗特性 (R_{ON})

メカニカルリレーでは接触抵抗に相当する特性です。フォトリレーではオン時に抵抗値を持っています (図 4.1.1)。これは製品種類ごとに異なる値となり、データシートなどで確認することができます。フォトリレーの出力部の電流 - 電圧特性は、 $I_{ON} - V_{ON}$ カーブで表記しており、直線の傾きが大きいほどオン抵抗が小さいことを表します (図 4.1.2)。出力に使用される MOSFET のオン抵抗は、耐圧 (負荷電圧) とトレードオフ関係にあり、耐圧を上げるほどオン抵抗・消費電力が大きくなり、耐圧を下げた場合は、オン抵抗は小さくなります。

オン抵抗の値は、周囲温度の変化によって影響を受けます (図 4.1.3)。ご使用の負荷電圧に対して耐圧マージンを十分に確保した上で、最もオン抵抗の小さいフォトリレーを選定することが望ましいです。

周囲温度が上昇するとオン抵抗値が大きくなり、消費電力が増加します。消費電力増加による発熱での内部素子破壊防止のため、高温下では一定以上の負荷電流を流さないよう定格に定めています。

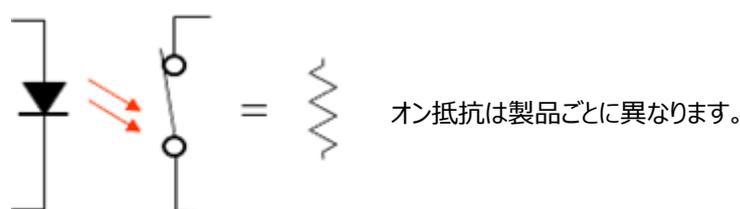


図 4.1.1 オン時の抵抗値

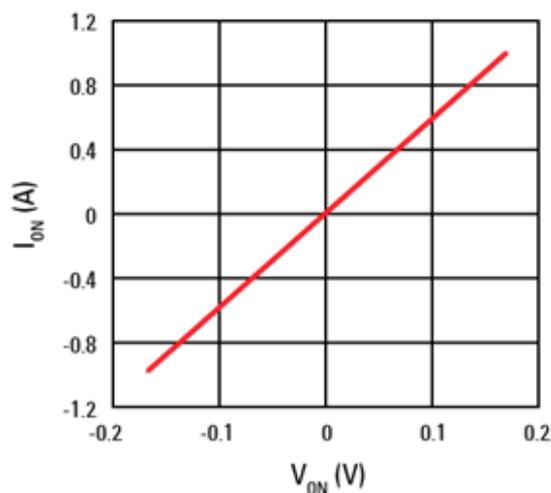


図 4.1.2 : $I_{ON} - V_{ON}$ 特性の例

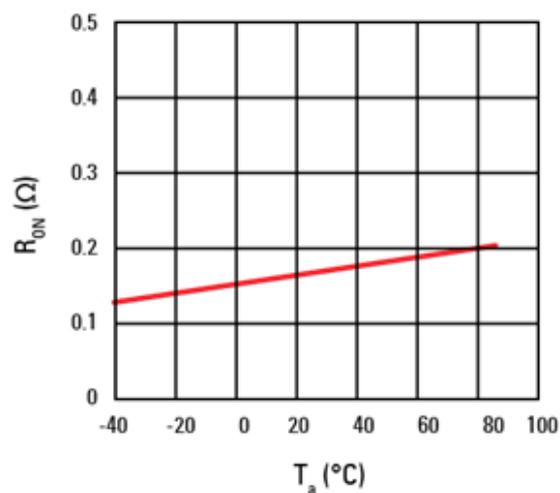


図 4.1.3 : $R_{ON} - T_a$ 特性の例

4.2 出力端子間容量 (C_{OFF})

フォトリレーのオフ時にはオフ容量 (C_{OFF})が存在します (図 4.2.1)。メカニカルリレーとの大きな違いはこの特性であり、メカニカルリレーを置き換える際には配慮が必要です。図 4.2.2 はオン抵抗およびオフ容量が原因で起こる動作例となります。

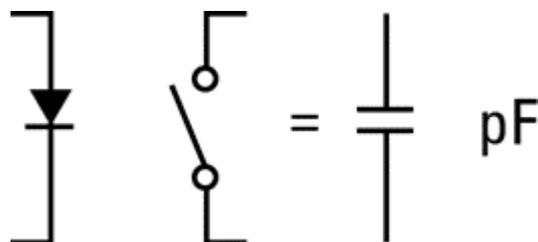


図 4.2.1 オフ容量

- ・出力端子間容量とは LED に電流を流さない状態 (出力オフ状態)での MOSFET 端子間の静電容量になります (a 接点の場合)。
- ・交流回路における電気の流れにくさをインピーダンスといい、直流回路でいう抵抗にあたります。静電容量のインピーダンスは周波数・静電容量が大きいほど小さくなる=電流が流れやすくなります。
- ・フォトリレーの入力側がオフの際は出力側の漏れ電流は小さいものが望ましく、この静電容量を小さくすれば漏れ電流を抑えることにつながります (特に高周波の信号を制御するときに有利です)。

Mode	Equivalent Circuit	Operation Example
LED : ON	Resistor	$V_{OUT} = \frac{V_{DD} * R_L}{R_{ON} * R_L}$
LED : OFF	Capacitor	<p>Instantaneous current flows at the rise and fall of the square wave</p>

図 4.2.2 オン抵抗とオフ容量

4.3 スイッチング時間 (t_{ON}/t_{OFF})

製品により異なりますが、スイッチング時間は標準的なもので最大値 2.0 ms 程度、最も短いもので 0.2 ms になります。

スイッチング時間は、LED の電流とフォトレーの周囲温度に影響されます。LED 電流については大きくなると発光強度が増し、ターンオン時間 (t_{ON}) の短縮が可能となります (図 4.3.1)。また周囲温度については温度が高くなると LED の発光強度が減り PDA の能力も落ちるため、 t_{ON} が長くなります (図 4.3.2)。この 2 つの要因を加味した設計が必要となります。

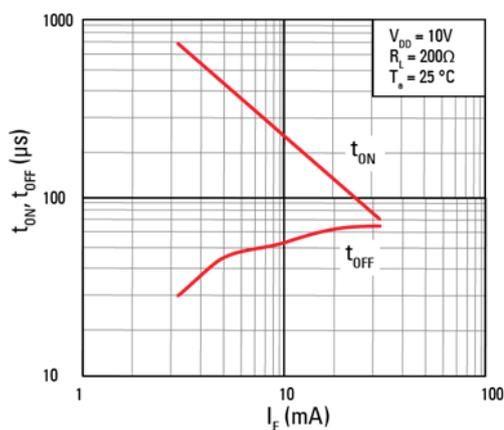


図 4.3.1

LED 電流 (I_F) – スイッチング時間 (t_{ON}, t_{OFF}) の例

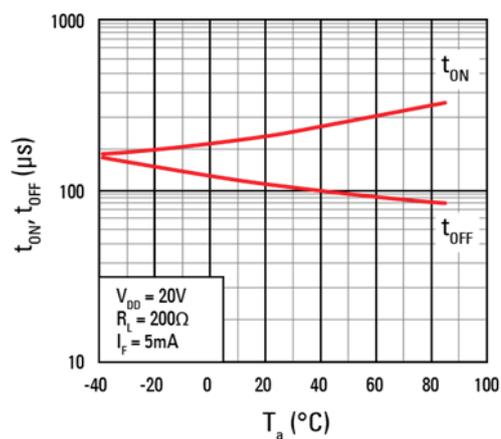


図 4.3.2

スイッチング時間 (t_{ON}, t_{OFF}) – 周囲温度 (T_a) の例

4.4 I_Fの設計方法

フォトリレーの接点をオンするためには、入力側 LED にトリガーLED 電流 (I_{FT})以上の電流 (I_F)を流すように設計します。I_Fは、トリガーLED 電流 I_{FT(max)}値を基準に、以下係数を考慮する必要があります。

$$\text{設計} I_{F(ON)} = I_{FT(max)} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot (\alpha_3)$$

α1 : LED の経年変化率 (係数)	平均値(X)-3σのカーブで確認します (例;図 4.4.1)。周囲温度が高温・および I _F 値が大きいくほど変化率は大きくなります。また、LED の種類により変化率は異なりますので、個別にお問合せください。
α2 : I _{FT} の周囲温度変化 (係数)	個別技術資料の I _{FT} -T _a から、α2を算出します (例;図 4.4.2)
α3 : ドライブ係数 (電源のばらつき他)	電源の変動・設定公差

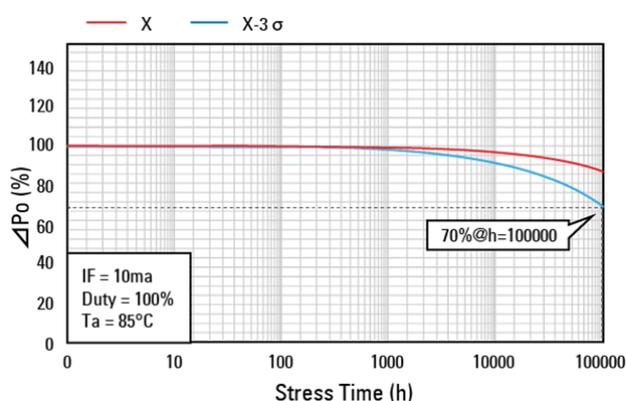


図 4.4.1 推定経年変化データの例

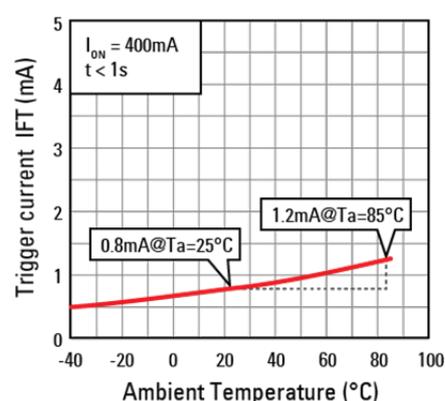


図 4.4.2 I_{FT}の周囲温度依存性の例

- 例) 製品の I_{FT} 最大規格が 3 mA@T_a = 25 °C、使用温度 T_a = 85 °C、期待寿命 10 万時間の場合、
- α1 : LED の変化率が 70% の場合、α1 は 100% (初期値) ÷ 70 % = 1.43 倍
 - α2 : 周囲温度上昇による I_{FT} の変化を考慮し、α2 は 1.2mA(85°C) ÷ 0.8mA(25°C) = 1.5 倍

$$\text{設計} I_{F(ON)} = 3 (mA) \times 1.43 \text{ 倍} \times 1.5 \text{ 倍} = 6.53 (mA)$$

となるので、I_Fは 6.53 mA 以上流れるように設計します。

電圧印加 (LED 電流制限抵抗の算出)時の注意点

前頁で求めた設計 $I_F(ON)$ を基に、LED に直列に接続する制限抵抗値を求めます。LED の順電流値における順電圧 (V_F)と、使用温度での依存性 (V_F は低温の方が大きくなります)、および信号入力素子 (LED 駆動素子)の電圧降下の考慮が必要です。各最大値は、個別技術資料に記載の最大値を考慮してください。この時、フォトレレーの I_F 絶対最大定格を超えないことも確認願います。また、電源 (V_{CC})および駆動素子の供給電流が設計 $I_F(ON)$ 以上の能力があることを確認願います。

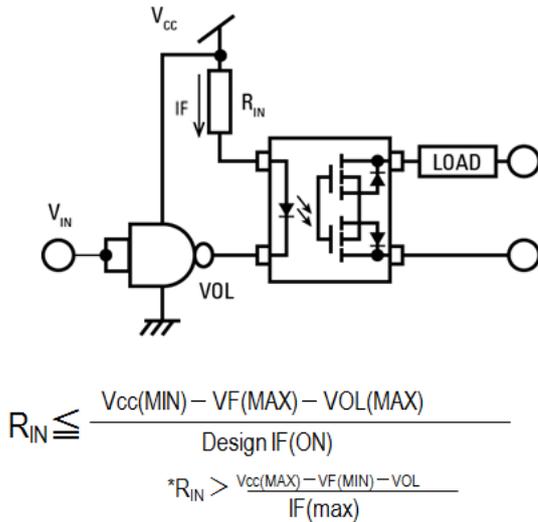


図 4.4.3 LED 制限抵抗算出①

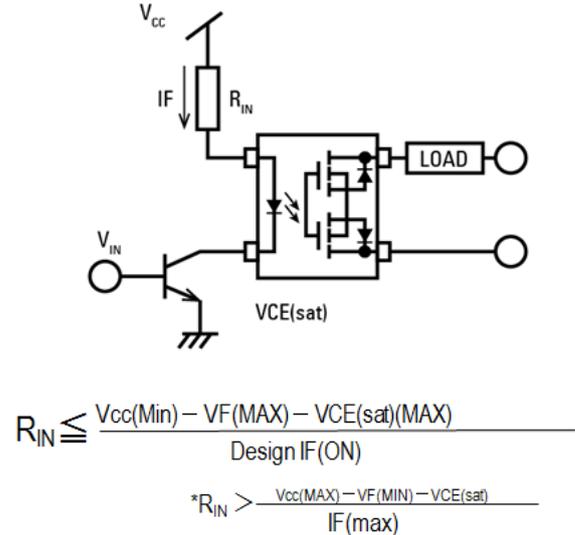
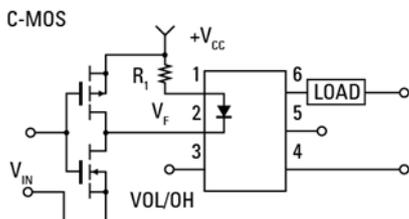


図 4.4.4 LED 制限抵抗算出②

代表的なフォトレレーの駆動回路

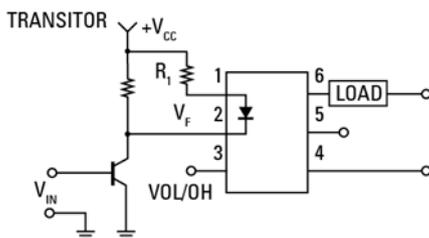
CMOS 駆動回路では LED がオフ状態で上段の MOSFET がオンしているために (ほぼショート)、ノイズ耐量に優れております。トランジスタ駆動回路ではノイズが発生する場合には LED と並列に数 10 kΩの抵抗を入れてください。



Calculation of LED current limiting resistor required for proper operation of the photorelay

Current Limiting Resistor

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{OL} - V_F(ON)}{5 - 20mA}$$



Calculation of LED forward voltage V_F required for proper return operation of the photorelay

Return Voltage (LED forward direction)

$$V_{F(OFF)} = V_{CC} - I_F R_1 - V_{OH} < 0.8V$$

図 4.4.4 フォトレレー駆動回路例

5. トラブルと対策事例

5.1 出力側への過電圧または過電流印加

外来サージによる出力故障：原因

負荷電源には、送電線への誘導インパルスノイズ・ESD サージなどが重畳する場合があります、フォトレレーの出力素子が故障する場合があります（ショートおよびオープン）。

- 出力素子がショート故障した場合 ⇒ 入力 LED が入っていないのに負荷が動作（オン）している。
- 出力素子がオープン故障した場合 ⇒ 入力 LED を入れても負荷が動作（オン）しない。

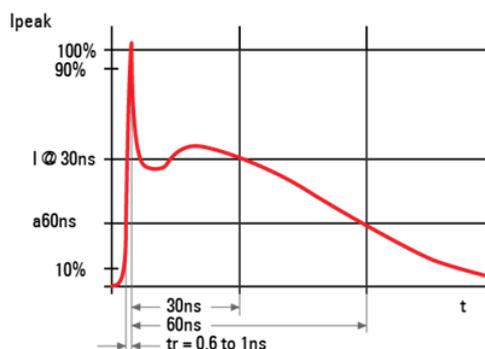


図 5.1.1 ESD ノイズ波形例 (ns オーダー)

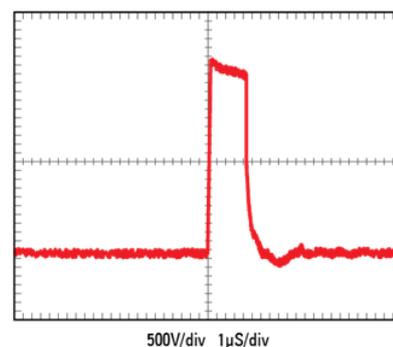


図 5.1.2 インパルスノイズ波形例 (μs オーダー)

外来サージによる出力故障：対策

■バリスターを入れる

バリスターは普段（電流小時）はコンデンサーの動作をし、過電圧により大電流が流れたときは抵抗となり短絡電流を流すことで、後段の回路を保護します。

■選定方法

制限電圧がフォトレレーの阻止電圧 (V_{OFF}) を超えないバリスターを選択します。

- ・ESD の場合：静電気対策用の積層形チップバリスターが一般的です。
- ・商用 AC 電源で使用する場合：図 5.1.3 を参照ください。

Power Supply Voltage	Recommended Varistor Rated Voltage	Photorelay V_{OFF}	Surge current tolerance
AC100V line	220~270V	400-600V	Above 1000A
AC200V line	430~470V	600V	Above 1000A

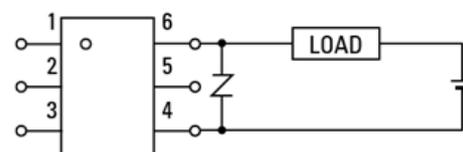


図 5.1.3 バリスター選定例、バリスター使用回路例

逆起電圧による出力素子故障:原因

誘導負荷を使用した場合でフォトリレーをオンからオフにすると、そのインダクタンス (L)によって電流は $I_L = (V_{CC}/L) \cdot t$ から急にゼロとなり、大きな電流変化 ($-dI_L/dt$) が生じます。その誘導負荷の両端の電圧は $E = L \cdot (dI_L/dt)$ の関係から、電源側: V_{CC} を起点として $L \cdot (dI_L/dt)$ の高い逆起電圧が発生します。この電圧がフォトリレーの阻止電圧を超えた場合には、フォトリレーが故障する場合があります。

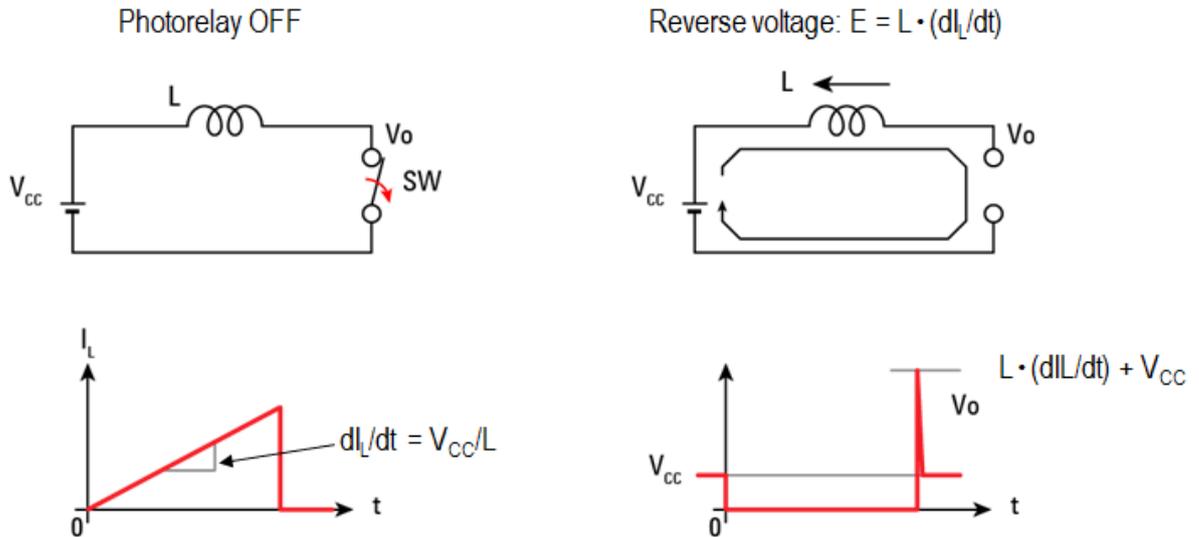


図 5.1.4 逆起電圧による故障例

逆起電圧による出力素子故障:対策

誘導負荷からの過電圧を防ぐため、保護素子を入れることをお勧めします。ポイントは過電圧が阻止電圧 (V_{OFF}) を超えないように抑えることです。

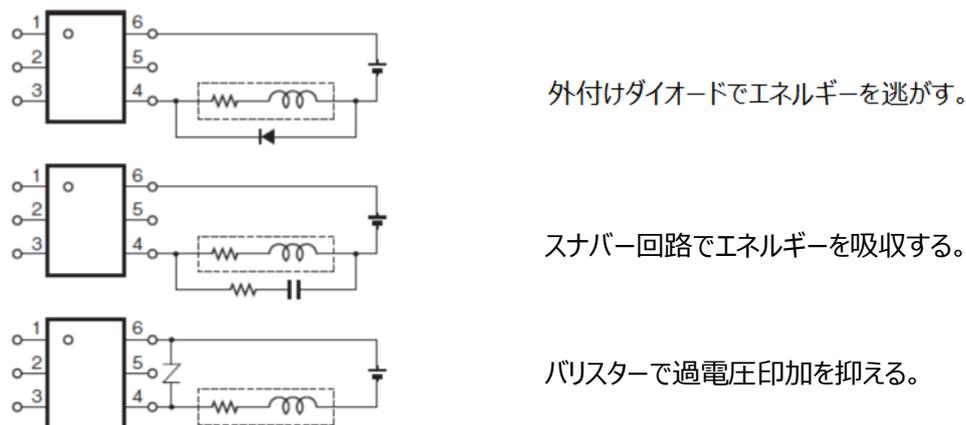


図 5.1.5 逆起電圧による保護回路例

備考：ダイオード、スナバー (C-R)、バリスターなどの保護素子を実際に組み込む場合には、負荷またはフォトリレーの近辺に取り付けることが必要です。距離が遠いと、保護素子の効果が薄れます。

突入電流による出力素子の故障:原因

突入電流は、フォトリレーで制御する負荷への電源投入時に発生します。

負荷の種類によって、突入電流の値が異なりますので下記に各負荷の特徴を示します。

1. ヒーター負荷 (抵抗負荷)

基本的には突入電流は発生しません。ヒーターの種類によっては、温度によって抵抗値が変化するものがあります。この場合、常温時に抵抗値が低いため突入電流が発生するので注意が必要です。

突入電流がフォトリレーのパルスオン電流耐量を超えた場合に出力素子の故障に至ります。

<突入電流が流れるヒーターの種類>

- 純金属系のヒーター (定格電流の約 3 ~ 5 倍)
- セラミック系のヒーター (定格電流の約 3 ~ 5 倍)
- ランプヒーター (定格電流の約 10 ~ 15 倍)

2. ランプ負荷

白熱電球・ハロゲンランプ (ランプヒーターなども含む)は定格電流の約 10 ~ 15 倍程度の突入電流が流れます。フォトリレーのパルスオン電流耐量を超える突入電流が繰返し流れると出力素子故障の原因になります。

3. モーター負荷

モーターなどの誘導負荷は始動時に、定格電流の約 5 ~ 10 倍程度の突入電流が流れます。

フォトリレーのパルスオン電流耐量を超える突入電流が繰返し流れると出力素子故障の原因になります。

4. トランス負荷

トランス負荷は、1 次側の電源を投入した瞬間に、10 ~ 500 ms の短時間ですが定格の 10 ~ 20 倍程度の励磁電流が流れます。フォトリレーのパルスオン電流耐量を超える励磁電流が流れると出力素子故障の原因になります。

突入電流による出力素子の故障: 対策

フォトリレーを選定される際に、負荷の突入電流を確認いただきフォトリレーのパルスオン電流耐量以下となるような製品を選定してください。

Detector	OFF-state output terminal voltage	V_{OFF}		60	V
	ON-state current (A connection)	I_{ON}	(Note 1)	5	A
	ON-state current (B connection)			5	
	ON-state current (C connection)			10	
	ON-state current derating (A connection) ($T_a \geq 25^\circ\text{C}$)	$\Delta I_{ON}/\Delta T_a$	(Note 1)	-50	$\text{mA}/^\circ\text{C}$
	ON-state current derating (B connection) ($T_a \geq 25^\circ\text{C}$)			-50	
	ON-state current derating (C connection) ($T_a \geq 25^\circ\text{C}$)			-100	
	ON-state current (pulsed) ($t = 100 \text{ ms}, \text{duty} = 1/10$)	I_{ONP}		15	A

図 5.21.6 データシート記載例

5.2 出力側の設計が十分に考慮されていない

失敗例

データシートでのオン電流定格が 500mA のフォトリレーを使用

Aさんは 80 %の電流マージンを持った設計、400mA で回路を構成し、研究所の試作回路では動作した (研究所の空調は 25℃設定)。しかし量産時にセットが動かない。

⇒オン電流に温度デレーティングがあることを理解していなかった。

Absolute Maximum Ratings (Unless otherwise specified, $T_a = 25^\circ\text{C}$)

	Characteristics	Symbol	Note	Rating	Unit
LED	Input forward current	I_F		30	mA
	Input forward current derating ($T_a \geq 25^\circ\text{C}$)	$\Delta I_F / \Delta T_a$		-0.3	mA/°C
	Input forward current (pulsed) (100 μs pulse, 100 pps)	I_{FP}		1	A
	Input reverse voltage	V_R		6	V
	Input power dissipation	P_D		50	mW
	Junction temperature	T_J		125	°C
Detector	OFF-state output terminal voltage	V_{OFF}		60	V
	ON-state current	I_{ON}		500	mA
	ON-state current derating ($T_a \geq 25^\circ\text{C}$)	$\Delta I_{ON} / \Delta T_a$		-5.0	mA/°C
	ON-state current (pulsed) ($t = 100 \text{ ms}$, Duty = 1/10)	I_{ONP}		1.5	A
	Output power dissipation	P_O		300	mW
	Junction temperature	T_J		125	°C

図 5.2.1 データシート記載例

原因

量産セットにおいてフォトリレーの周辺温度は 60℃に上昇していた。

⇒フォトリレーのオン電流は周囲温度によりデレーティングが必要です。

図 5.2.2 のように周囲温度 60℃でのオン電流は 25℃でのオン電流に比べて、

$500\text{mA} - (5\text{mA} \times (60^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})) = 325\text{mA}$ と、定格オン電流が小さくなります。

その結果、定格オーバーである 400mA 通電により熱暴走が発生して、MOSFET が故障に至りました。

オン電流設計は温度デレーティングを考慮し設計してください。

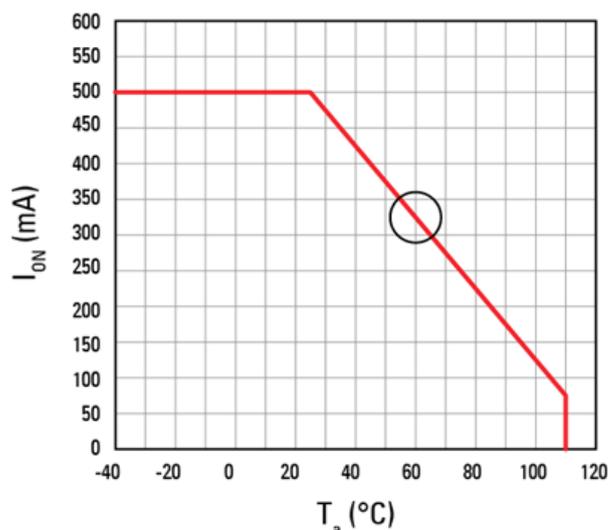


図 5.2.2 オン電流デレーティングカーブ例

変更履歴

バージョン情報	日付	対応頁数	変更内容
Rev. 1.0	2020-02-12	-	初版

製品取り扱い上のお願

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。
本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品には GaAs（ガリウムヒ素）が使われています。その粉末や蒸気等は人体に対し有害ですので、破壊、切断、粉砕や化学的な分解はしないでください。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事事務の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様にかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。