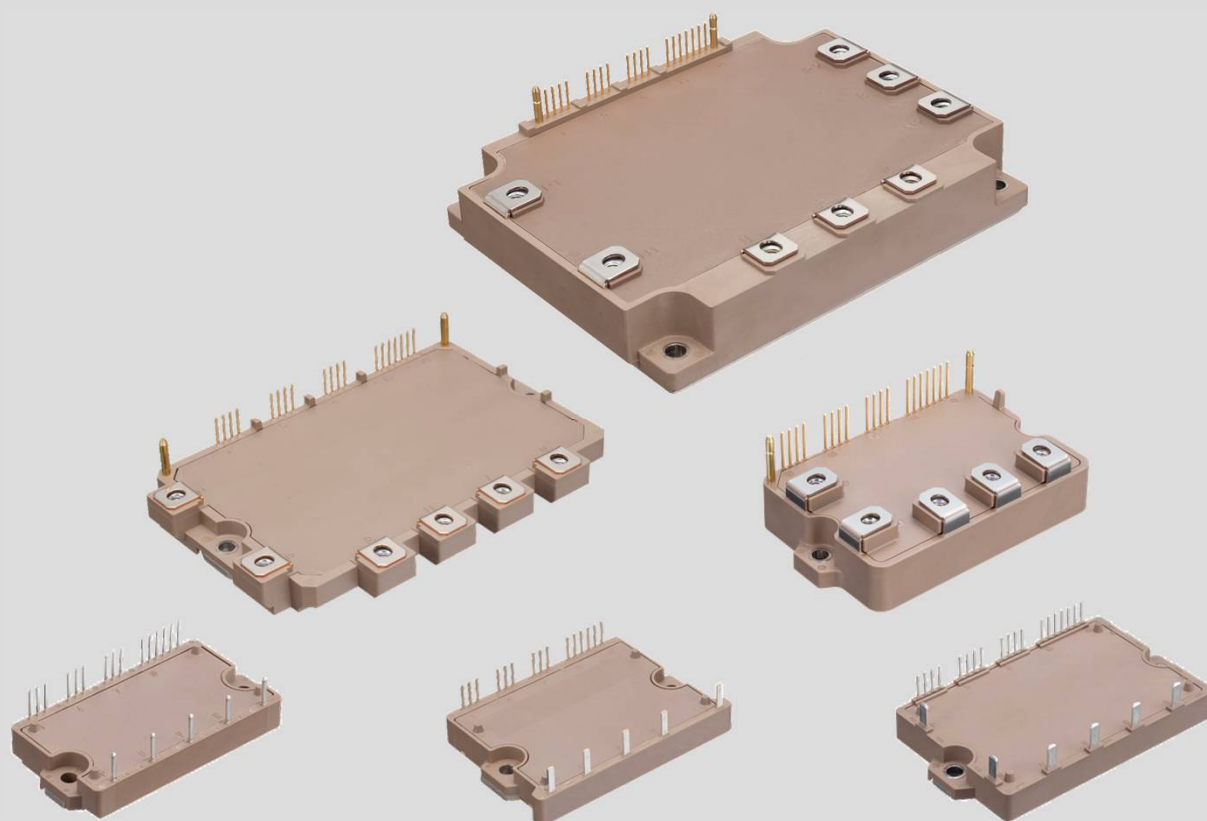




富士 第7世代IGBT-IPM X シリーズ



Application Manual

注意

このマニュアルの内容(製品の仕様、特性、データ、材料、構造など)は2020年12月現在のものです。
この内容は製品の仕様変更のため、または他の理由により事前の予告なく変更されることがあります。
このマニュアルに記載されている製品を使用される場合には、その製品の最新版の仕様書を入手して、
データを確認してください。

本資料に記載してある応用例は、富士電機の半導体製品を使用した代表的な応用例を説明するものであり、
本資料によって工業所有権、その他権利の実施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。

 注意

(1) 輸送と保管

段ボール箱の適切な面を上にして運搬してください。そうしないと製品に予期しないストレスがかかり、端子の曲りや樹脂パッケージ内の歪みなど、影響を及ぼす可能性があります。さらに製品を投げたり落下させたりすると、製品に大きなダメージを与える可能性があります。また水に濡れると破壊や故障の原因になりますので、雨や結露には十分な配慮をお願いします。輸送中の温度や湿度などの環境条件は、仕様書に記載してありますので厳守してください。

(2) 組み立て環境

パワーモジュールの素子は静電気放電に対して非常に弱いため、組み立て環境におけるESD 対策を適切に実施してください。特に、制御端子部は、内蔵されている制御ICと内部で接続されているため注意が必要です。

(3) 動作環境

製品を酸や有機物、腐食性ガス(硫化水素、硫酸ガスなど)にさらされる環境で使用した場合、製品性能や外観を十分確保することができません。

CONTENTS

第1章 特長と構造	1-1
1. IGBT-IPMの特長	1-2
2. 型式・ロットNo.が示す内容	1-3
3. ラインナップ	1-5
4. パッケージ別IPMの特長	1-7
5. 構造	1-15
第2章 端子記号、用語の説明	2-1
1. 端子記号の説明	2-2
2. 用語の説明	2-3
第3章 機能の説明	3-1
1. 機能一覧表	3-2
2. 機能の説明	3-3
3. 真理値表	3-8
4. IPMブロック図	3-9
5. タイミングチャート	3-12
第4章 応用回路例	4-1
1. 応用回路例	4-2
2. 注意事項	4-6
3. フォトカプラ周辺回路	4-9
4. コネクタ	4-10
第5章 放熱設計	5-1
1. 冷却体(ヒートシンク)の選定方法	5-2
2. ヒートシンク選定の注意事項	5-2
3. IPMの取り付け方法	5-4

CONTENTS

第6章 使用上の注意	6-1
1. 主電源	6-2
2. 制御電源	6-3
3. 保護機能	6-5
4. パワーサイクル寿命	6-7
5. その他	6-7
第7章 トラブル発生時の対処方法	7-1
1. トラブル発生時の対処方法	7-2
2. 故障要因解析図	7-2
3. アラーム要因解析図	7-8

第1章 特長と構造

1. IGBT-IPMの特長	1-2
2. 型式・ロットNo.が示す内容	1-3
3. ラインナップ	1-5
4. パッケージ別IPMの特長	1-7
5. 構造	1-15

本章では、XシリーズIPMの特長と構造について説明します。

1. IGBT-IPMの特長

IPM(インテリジェント・パワーモジュール)は、IGBTモジュールにゲートドライブ回路と保護回路を内蔵したモジュールで、次の特長があります。

1.1 ドライブ回路内蔵

- ・最適に設定された条件でIGBTを駆動します。
- ・ドライブ回路－IGBT間配線長が短く、インピーダンスが低いため、ゲート逆バイアス電源が不要です。
- ・必要となる制御電源は上アーム側3つ、下アーム側1つの合計4電源です。

1.2 保護回路の内蔵

- ・過電流保護(OC)、短絡保護(SC)、制御電源電圧低下保護(UV)、チップ過熱保護(T_{JOH})、および保護動作時のアラームの外部出力(ALM)機能を内蔵します。
- ・OC、SCはIGBTを過電流による破壊から保護する機能であり、各IGBTに内蔵された検出素子によりコレクタ電流を検出する為、すべてのIGBTにおいて発生した異常に対して保護可能です。
- ・UVは制御電源の電圧低下に対して動作する保護機能であり、すべての相の制御ICに内蔵しています。
- ・ T_{JOH} は各IGBTチップ上に温度検出素子を設け、チップの異常発熱に対して高速に保護動作します。
- ・ALMはアラーム信号を外部に出力する機能であり、OC、SC、UV、 T_{JOH} の保護動作時に、IPMを制御するマイコンへアラーム信号を出す事により、システム側へIPMの異常を知らせることが可能です。*1

*1 各IPMの保護機能は、第3章 機能の説明をご参照ください。

1.3 ブレーキ回路の内蔵(7in1 IPM)

- ・モータ減速時の電力を消費する抵抗を付加する事でブレーキ回路を構成できます。
- ・インバータ部と同様にドライブ回路、保護回路を内蔵します。
- ・XシリーズIPMでは、下アームのインバータ部が異常を検知して保護動作した時でも、ブレーキ部IGBTが独立動作することが可能です。そのため、異常停止のための減速による主電源電圧上昇を抑制し、半導体素子の過電圧破壊を防ぐ事ができます。

1.4 温度ワーニング出力機能(特定型式)

- ・XシリーズIPMでは、IGBTチップが150℃以上になると、チップ過熱状態であることをIPMの外部に警報として知らせる機能を搭載しました。チップ過熱保護(T_{JOH})はIGBTのチップ温度が175℃以上になると動作し、アラームを出力するとともに動作を停止しますが、温度ワーニング出力機能においては、温度ワーニングを出力している間はスイッチング動作を継続します。本機能を活用する事で、IPMが過熱保護機能で出力停止する前に 運転条件を変更するなどして、装置停止を回避することが可能となります。また、突然の装置停止による生産性の低下を防ぐことが可能となります。

1.5 RoHS規制準拠

・XシリーズIPMでは、全型式において、RoHS規制に準拠しています。

2. 型式・ロットNo.が示す内容

XシリーズIPMの製品型式名の見方について、表1-1に示します。

表1-1 型式名の見方 例) 6MBP50XBA120-50

6	MBP	50	X	B	A	120	-50
IGBT 素子数	モジュール の種類	インバータ 電流定格	IGBT チップ世代	パッケージ	パッケージ の追番	電圧定格	型式の 追番
6:ブレーキ 無し	MBP: Intelligent power module (IPM)	$I_C \times 1$ (A)	X: X series (7th Gen.)	A:P629		V_{CES} x1/10 (V)	
7:ブレーキ 内蔵			XR: X series (RC-IGBT)	B:P626			
				D:P630			
				E:P631			
				F:P636			
				G:P638			
				H:P639			
				J:P644			

XシリーズIPMの製品ロットNo.の見方について、表1-2に示します。

表1-2 ロットNo.の見方

20	1	001
生産年	生産月	追番
19:2019年	1:1月	001～999
20:2020年	2:2月	
21:2021年	⋮	
	9:9月	
	O:10月	
	N:11月	
	D:12月	

XシリーズIPMの製品表示の例について、図1-1に示します。



図1-1 製品表示 例) 6MBP50XBA120-50

3. ラインナップ

表1-3 650V ラインナップ

パッケージ	ピンタイプ		ネジタイプ	
	6in1	7in1	6in1	7in1
P639	6MBP20XRHA065-50			
	6MBP30XRHA065-50			
P629	6MBP50XAA065-50			
	6MBP75XAA065-50			
P626	6MBP50XBA065-50			
	6MBP75XBA065-50			
	6MBP100XBA065-50			
P644		7MBP50XJN065-50		
		7MBP75XJN065-50		
P636	6MBP100XFN065-50	7MBP100XFN065-50		
P638			6MBP100XGN065-50	
			6MBP150XGN065-50	
P630			6MBP100XDA065-50	7MBP100XDA065-50
			6MBP150XDA065-50	7MBP150XDA065-50
			6MBP150XDN065-50	7MBP150XDN065-50
			6MBP200XDN065-50	7MBP200XDN065-50
P631			6MBP250XDN065-50	7MBP250XDN065-50
			6MBP200XEN065-50	7MBP200XEN065-50
			6MBP300XEN065-50	7MBP300XEN065-50
			6MBP450XEN065-50	7MBP450XEN065-50

表1-4 1200V ラインナップ

パッケージ	ピンタイプ		ネジタイプ	
	6in1	7in1	6in1	7in1
P639	6MBP10XRHA120-50			
P629	6MBP25XAA120-50			
	6MBP35XAA120-50			
P626	6MBP25XBA120-50			
	6MBP35XBA120-50			
	6MBP50XBA120-50			
P644		7MBP25XJN120-50		
		7MBP35XJN120-50		
P636	6MBP50XFN120-50	7MBP50XFN120-50		
P638			6MBP50XGN120-50	
			6MBP75XGN120-50	
P630			6MBP50XDA120-50	7MBP50XDA120-50
			6MBP75XDA120-50	7MBP75XDA120-50
			6MBP75XDN120-50	7MBP75XDN120-50
			6MBP100XDA120-50 6MBP100XDN120-50	7MBP100XDA120-50 7MBP100XDN120-50
P631			6MBP150XDN120-50	7MBP150XDN120-50
			6MBP100XEN120-50	7MBP100XEN120-50
			6MBP150XEN120-50	7MBP150XEN120-50
			6MBP200XEN120-50	7MBP200XEN120-50
			6MBP300XEN120-50	7MBP300XEN120-50

4. パッケージ別IPMの特長

4.1 P639パッケージ（下アームのみアラーム出力機能搭載 6in1）

- ・ラインナップは650V系20A～30A、1200V系10Aです。
- ・制御入力端子は2.54mm標準ピッチです。
- ・主端子形状が平型端子形状で、制御入力端子と同一高さである為、同一プリント板で半田付け接続可能です。
- ・ヒートシンクへの取り付けネジ径はM4です。
- ・上アーム側では保護機能はありますが、アラーム出力機能はありません。
- ・外形図を図1-2に示します。

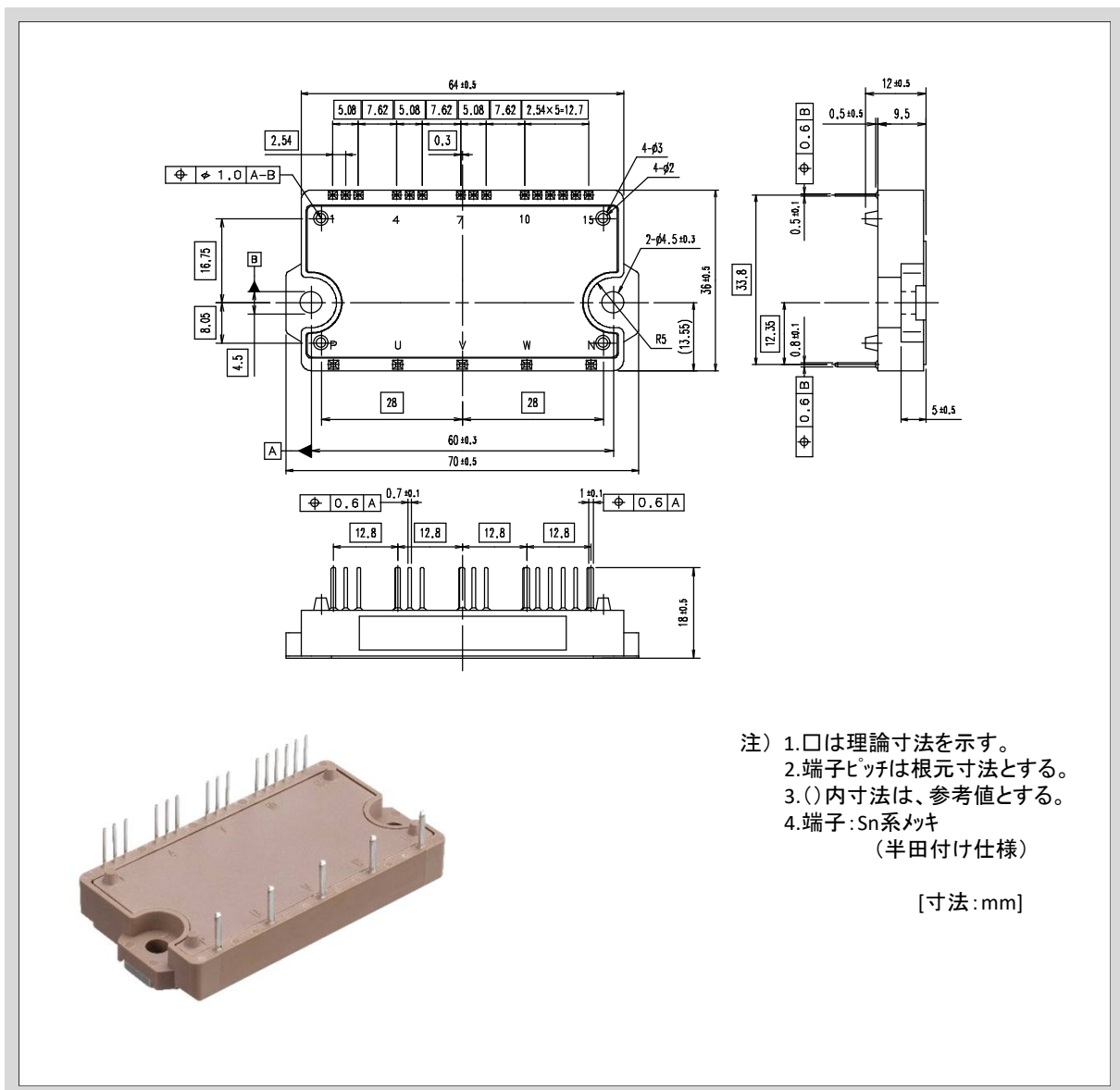


図1-2 外形図(P639)

4.2 P629パッケージ（下アームのみアラーム出力機能搭載 6in1）

- ・ラインナップは650V系50A～75A、1200V系25A～35Aです。
- ・制御入力端子は2.54mm標準ピッチです。
- ・主端子形状が平型端子形状で、制御入力端子と同一高さである為、同一プリント板で半田付け接続可能です。
- ・ヒートシンクへの取り付けネジ径はM4です。
- ・R-IPMシリーズP619と取付け互換があります。
- ・上アーム側では保護機能はありますが、アラーム出力機能はありません。
- ・外形図を図1-3に示します。

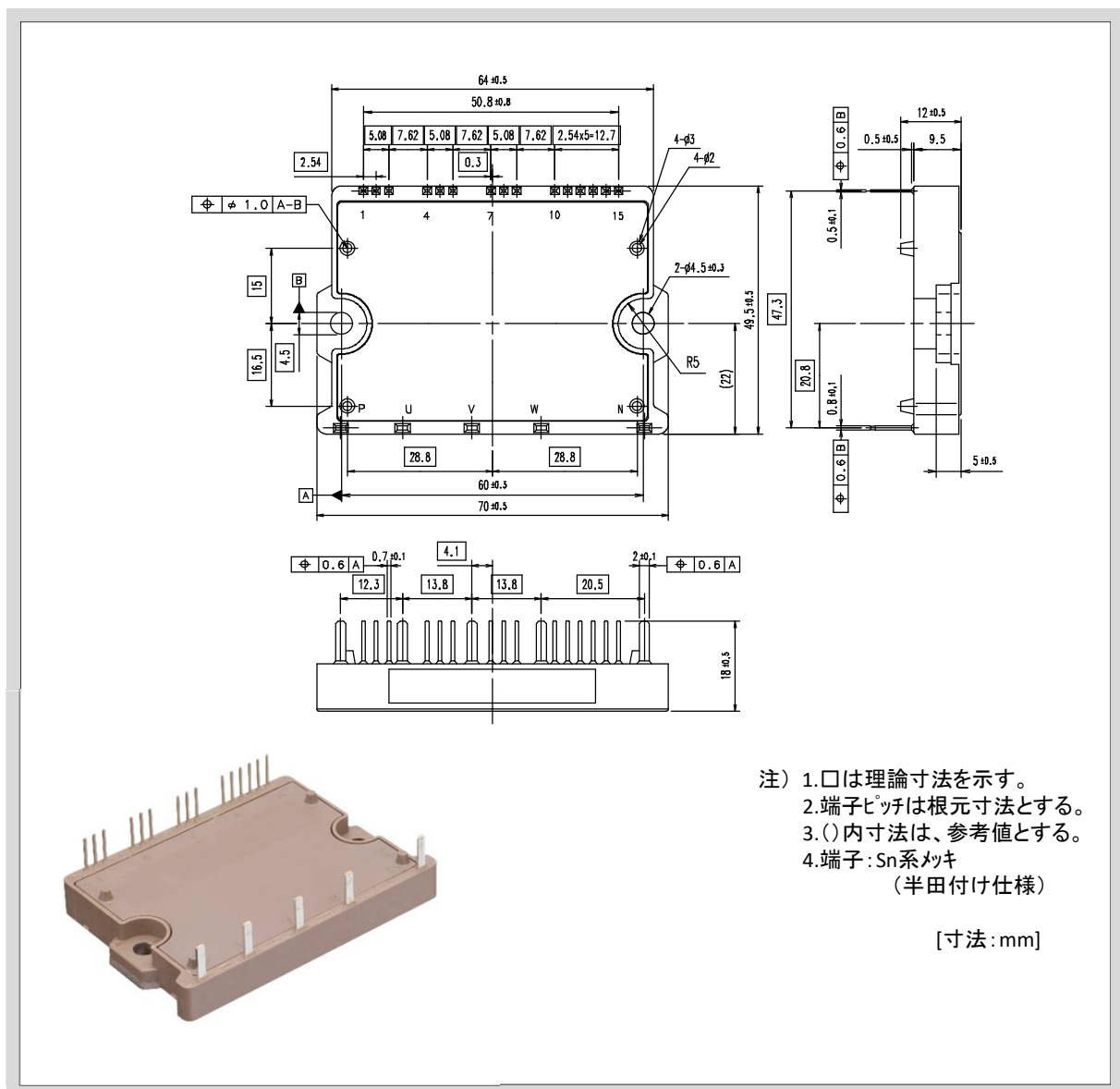


図1-3 外形図(P629)

4.3 P626パッケージ（上下アームアラム出力機能搭載 6in1）

- ・ラインナップは650V系50A～100A、1200V系25A～50Aです。
- ・制御入力端子は2.54mm標準ピッチです。
- ・主端子形状が平型端子形状で、制御入力端子と同一高さである為、同一プリント板で半田付け接続可能です。
- ・ヒートシンクへの取り付けネジ径はM4です。
- ・外形図を図1-4に示します。

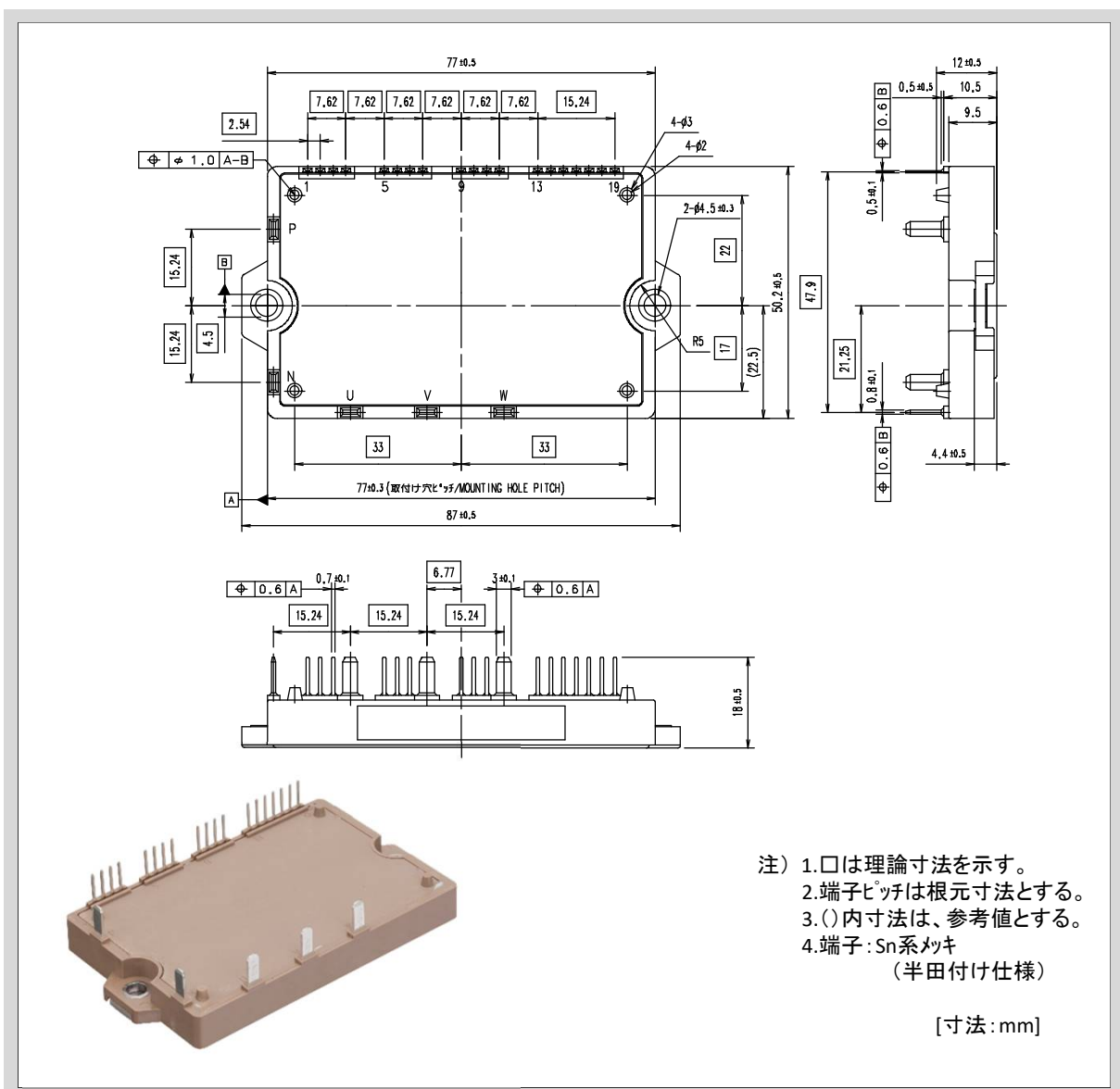


図1-4 外形図(P626)

4.4 P644パッケージ（上下アームアラム出力機能搭載 7in1）

- ・ラインナップは650V系50A～75A、1200V系25A～35Aです。
- ・制御入力端子は2.54mm標準ピッチです。
- ・主端子形状が平型端子形状で、制御入力端子と同一高さである為、同一プリント板で半田付け接続可能です。
- ・ヒートシンクへの取り付けネジ径はM4です。
- ・外形図を図1-5に示します。

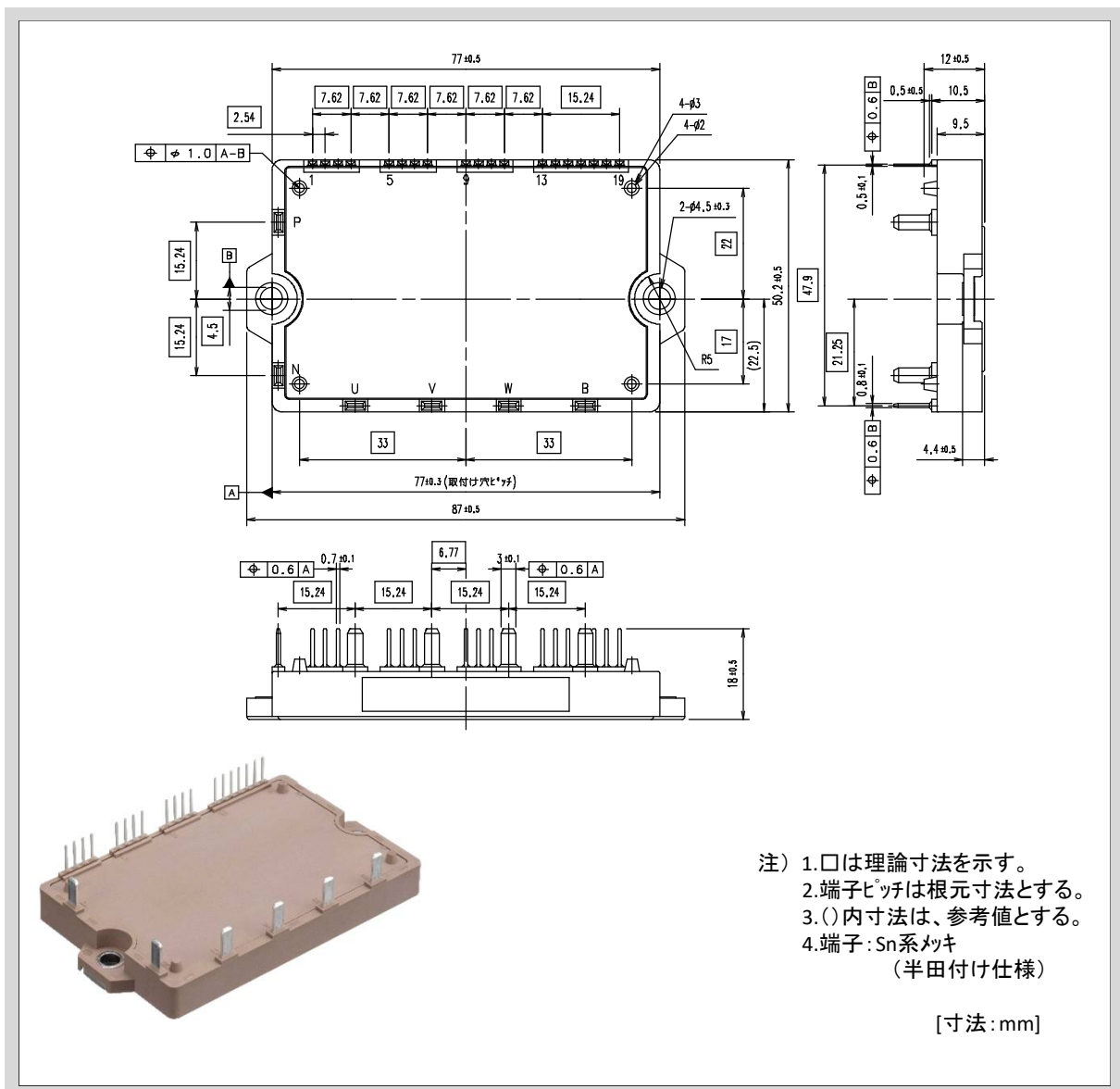


図1-5 外形図(P644)

4.6 P638パッケージ（上下アームアラーム出力機能搭載 6in1）

- ・ラインナップは650V系50A～150A、1200V系25A～75Aです。
- ・制御入力端子は2.54mm標準ピッチで、汎用コネクタ並びに半田付けで接続可能です。
ガイドピンによりプリント板用コネクタの挿入も容易です。
- ・主端子はM4ネジです。
- ・ヒートシンクへの取り付けネジ径は、主端子と共通のM4です。
- ・電氣的接続はすべてネジ及びコネクタで、半田付けの必要がなく、取り外しも容易です。
- ・外形図を図1-7に示します。

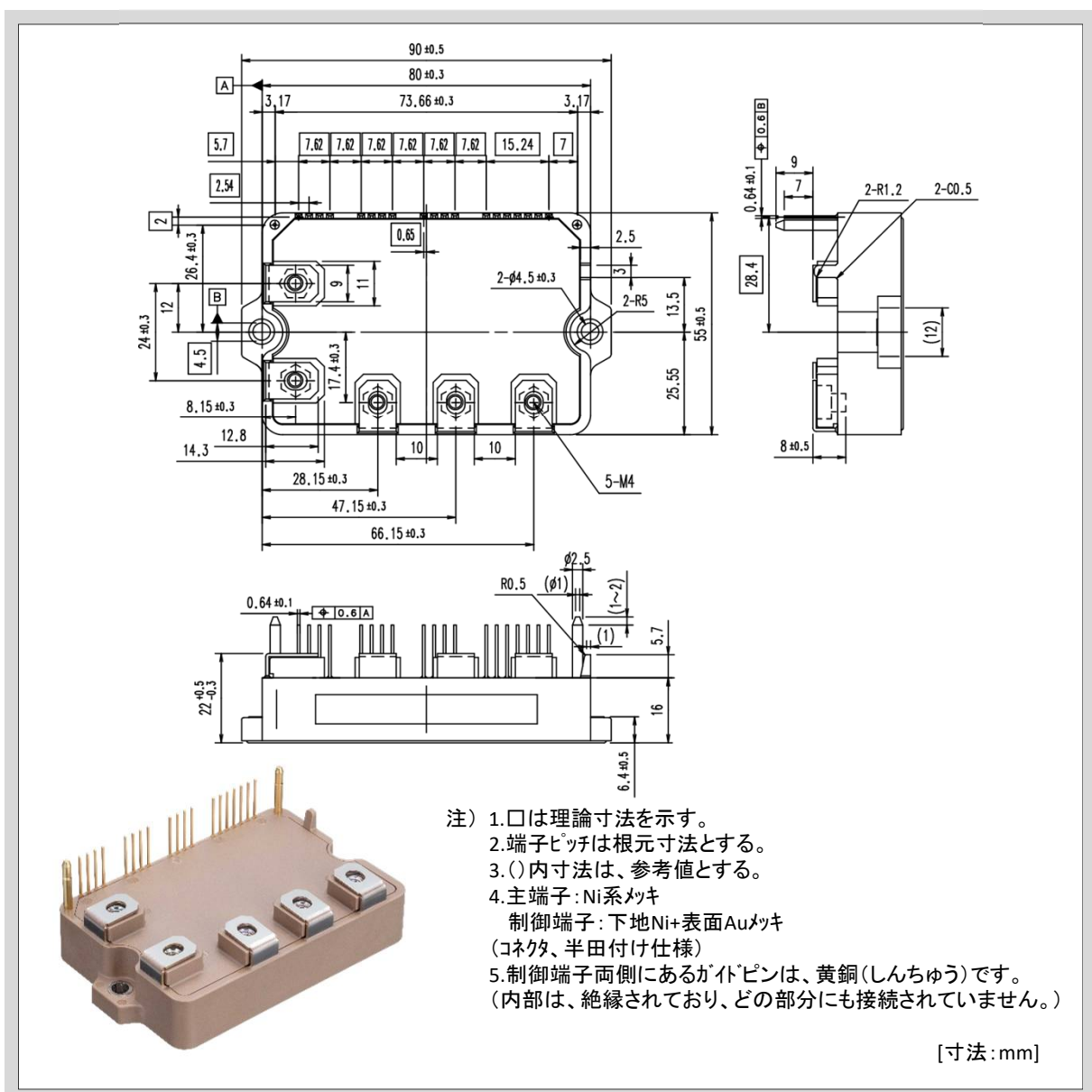


図1-7 外形図(P638)

4.7 P630パッケージ（上下アームアラーム出力機能搭載 6in1、7in1）

- ・ラインナップは650V系50A～250A、1200V系25A～150Aです。
- ・制御入力端子は2.54mm標準ピッチで、汎用コネクタ並びに半田付けで接続可能です。
ガイドピンによりプリント板用コネクタの挿入も容易です。
- ・主端子はM4ネジです。
- ・ヒートシンクへの取り付けネジ径は、主端子と共通のM4です。
- ・電氣的接続はすべてネジ及びコネクタで、半田付けの必要がなく、取り外しも容易です。
- ・外形図を図1-8に示します。

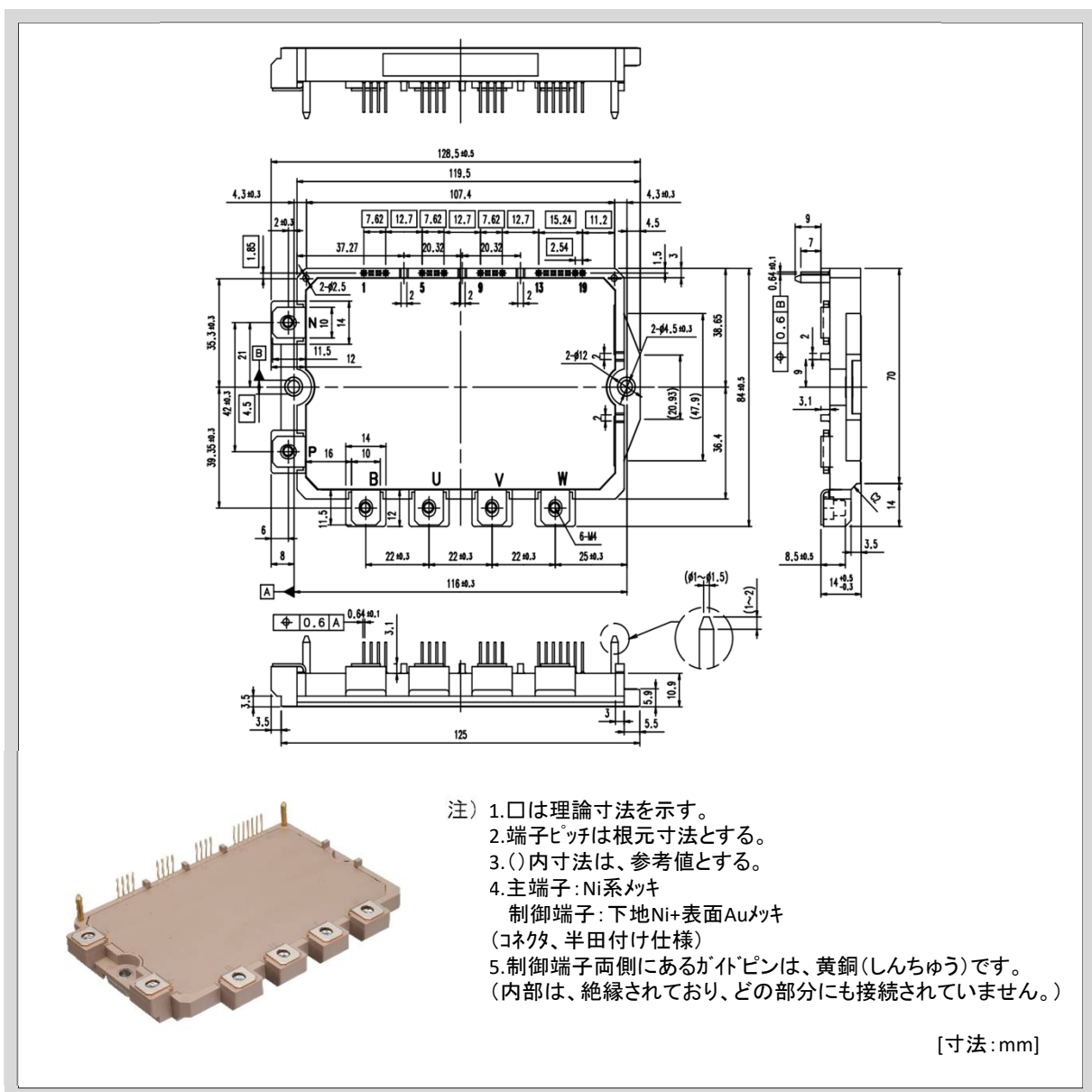


図1-8 外形図(P630)

4.8 P631パッケージ（上下アームアラム出力機能搭載 6in1、7in1）

- ・ラインナップは650V系200A～450A、1200V系100A～300Aです。
- ・制御入力端子は2.54mm標準ピッチで、汎用コネクタ並びに半田付けで接続可能です。
ガイドピンによりプリント板用コネクタの挿入も容易です。
- ・主電源入力(P1,P2,N1,N2)、ブレーキ入力(B)、及び出力端子(U,V,W)が各々近接して配置され、
メイン配線が容易なパッケージ構造です。P1及びP2、N1及びN2端子は、内部で接続されています。
- ・主端子はM5ネジにより、大電流接続が確実に行えます。
- ・ヒートシンクへの取り付けネジ径は主端子と共通のM5です。
- ・電氣的接続はすべてネジ及びコネクタで、半田付けの必要がなく、取り外しも容易です。
- ・R-IPMシリーズP612と取付け互換があります。(制御端子部分は除く)
- ・外形図を図1-9に示します。

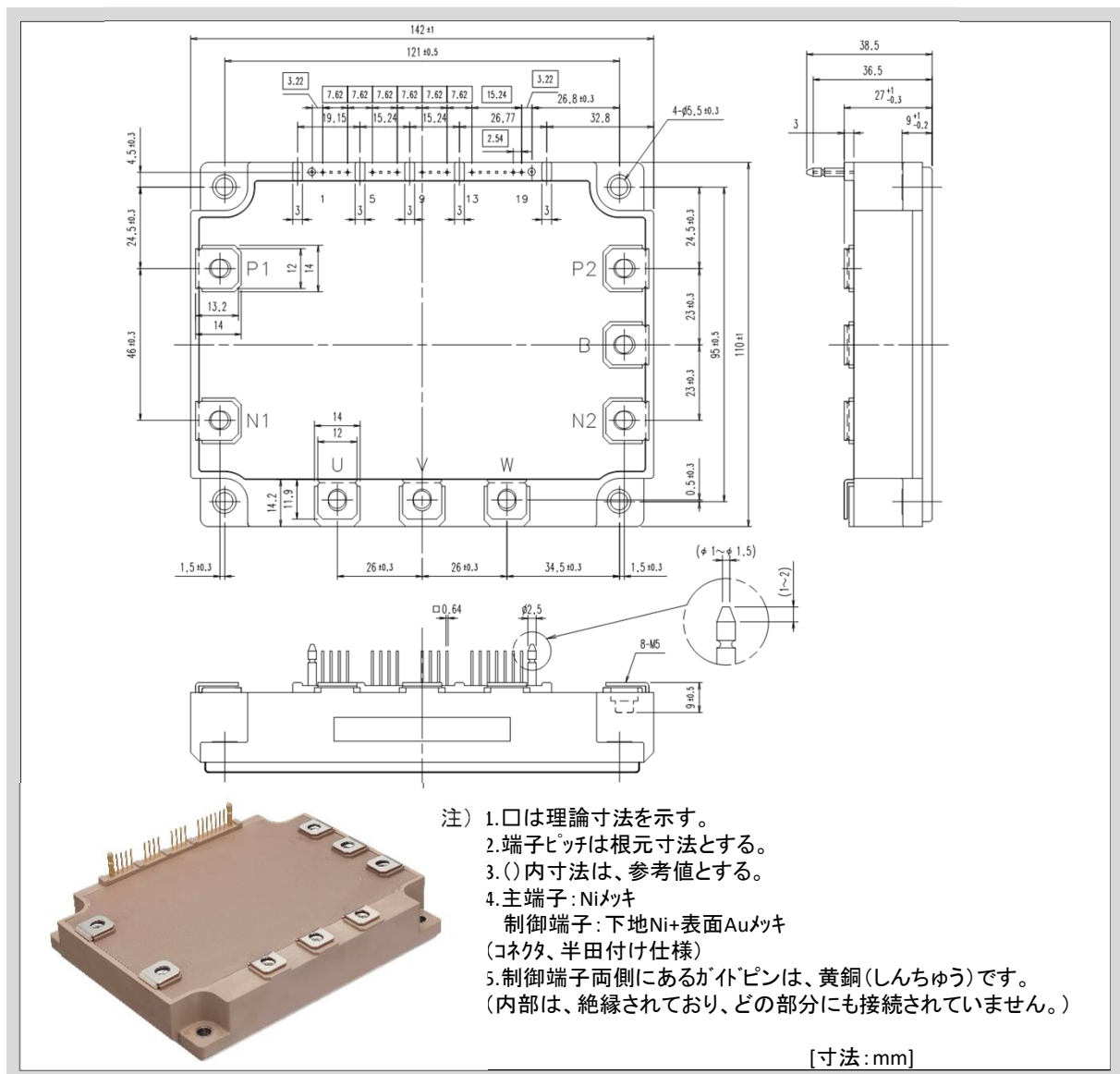


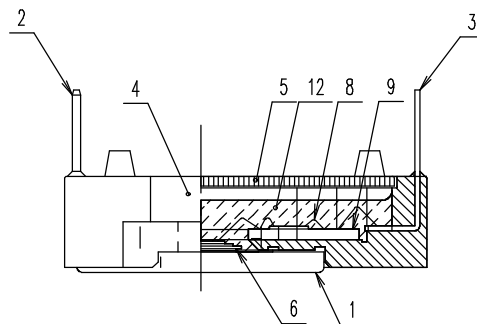
図1-9 外形図(P631)

5. 構造

パッケージ毎の構造部材について、図1-10から図1-16に示します。

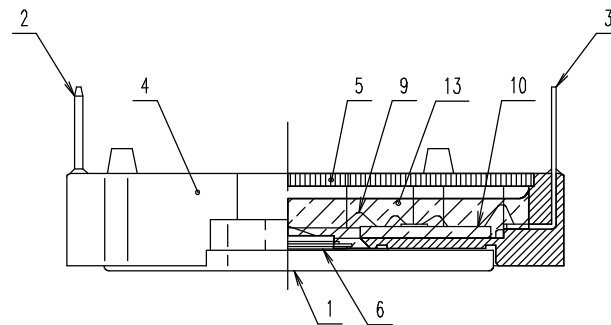
※本図は、材料説明のための図であり、正確な寸法やレイアウトを表記したものではありません。

また、製品中の使用部品すべてを示すものではありません。



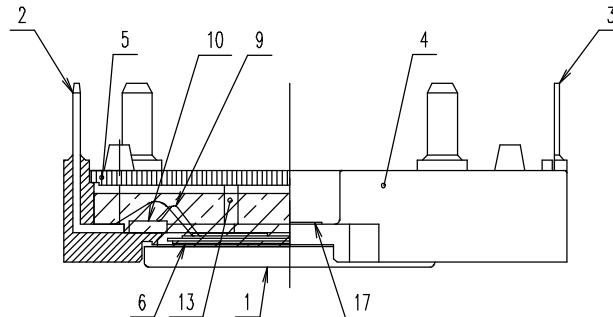
No.	部品名	材料(主)	備考
1	ベース	銅	ニッケルメッキ
2	主端子	銅	下地: ニッケルメッキ 表面: すず系メッキ
3	制御端子	黄銅(しんちゅう)	下地: ニッケルメッキ 表面: すず系メッキ
4	ケース	プラスチック樹脂	UL 94V-0
5	フタ	プラスチック樹脂	UL 94V-0
6	絶縁基板	セラミック + 銅	
7	RC-IGBT チップ	シリコン	(表記なし)
8	ワイヤー	アルミニウム	
9	プリント基板(PCB)	ガラスエポキシ	ハロゲンフリー
10	IC チップ	シリコン	(表記なし)
11	コンデンサ チップ	セラミック	ニッケル-すずメッキ (表記なし)
12	ゲル	シリコン樹脂	
13	接着剤 (ケース, ベース)	シリコン樹脂	(表記なし)
14	接着剤 (プリント基板)	エポキシ樹脂	(表記なし)
15	ハンダ	すず ベース (鉛フリー)	(表記なし)

図1-10 構造(P639)



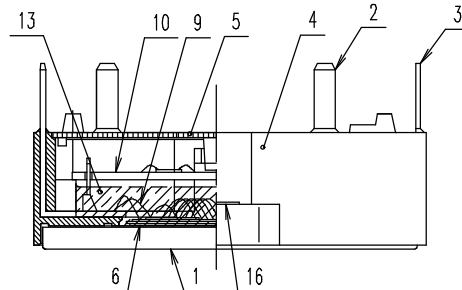
No.	部品名	材料(主)	備考
1	ベース	銅	ニッケルメッキ
2	主端子	銅	下地: ニッケルメッキ 表面: すす系メッキ
3	制御端子	黄銅(しんちゅう)	下地: ニッケルメッキ 表面: すす系メッキ
4	ケース	プラスチック樹脂	UL 94V-0
5	フタ	プラスチック樹脂	UL 94V-0
6	絶縁基板	セラミック + 銅	
7	IGBT チップ	シリコン	(表記なし)
8	FWD チップ	シリコン	(表記なし)
9	ワイヤー	アルミニウム	
10	プリント基板(PCB)	ガラスエポキシ	ハロゲンフリー
11	IC チップ	シリコン	(表記なし)
12	コンデンサ チップ	セラミック	ニッケル-すすメッキ (表記なし)
13	ゲル	シリコーン樹脂	
14	接着剤 (ケース, ベース)	シリコーン樹脂	(表記なし)
15	接着剤 (プリント基板)	エポキシ樹脂	(表記なし)
16	ハンダ	すす ベース (鉛フリー)	(表記なし)

図1-11 構造(P629)



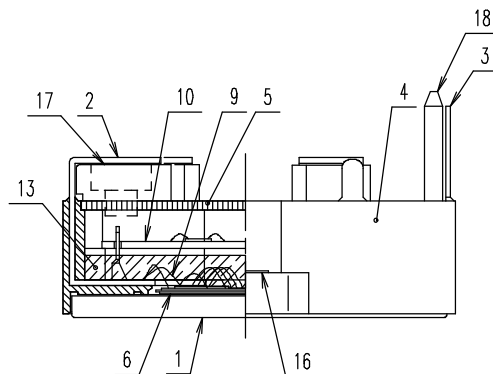
No.	部品名	材料(主)	備考
1	ベース	銅	ニッケルメッキ
2	主端子	銅	下地: ニッケルメッキ 表面: すず系メッキ
3	制御端子	黄銅(しんちゅう)	下地: ニッケルメッキ 表面: すず系メッキ
4	ケース	プラスチック樹脂	UL 94V-0
5	フタ	プラスチック樹脂	UL 94V-0
6	絶縁基板	セラミック + 銅	
7	IGBT チップ	シリコン	(表記なし)
8	FWD チップ	シリコン	(表記なし)
9	ワイヤー	アルミニウム	
10	プリント基板(PCB)	ガラスエポキシ	ハロゲンフリー
11	IC チップ	シリコン	(表記なし)
12	コンデンサ チップ	セラミック	ニッケル-すずメッキ (表記なし)
13	ゲル	シリコーン樹脂	
14	接着剤(ケース, ベース)	シリコーン樹脂	(表記なし)
15	接着剤(プリント基板)	エポキシ樹脂	(表記なし)
16	ハンダ	すず ベース(鉛フリー)	(表記なし)
17	リング	ステンレス鋼	

図1-12 構造(P626, P644)



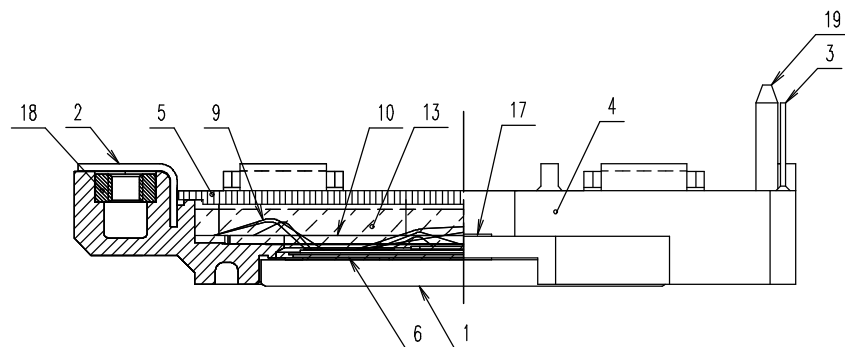
No.	部品名	材料(主)	備考
1	ベース	銅	ニッケルメッキ
2	主端子	銅	下地:ニッケルメッキ 表面:すず系メッキ
3	制御端子	黄銅(しんちゅう)	下地:ニッケルメッキ 表面:すず系メッキ
4	ケース	プラスチック樹脂	UL 94V-0
5	フタ	プラスチック樹脂	UL 94V-0
6	絶縁基板	セラミック + 銅	
7	IGBT チップ	シリコン	(表記なし)
8	FWD チップ	シリコン	(表記なし)
9	ワイヤー	アルミニウム	
10	プリント基板(PCB)	ガラスエポキシ	ハロゲンフリー
11	IC チップ	シリコン	(表記なし)
12	コンデンサ チップ	セラミック	ニッケル-すずメッキ (表記なし)
13	ゲル	シリコーン樹脂	
14	接着剤(ケース, ベース)	シリコーン樹脂	(表記なし)
15	ハンダ	すず ベース(鉛フリー)	(表記なし)
16	リング	ステンレス鋼	

図1-13 構造(P636)



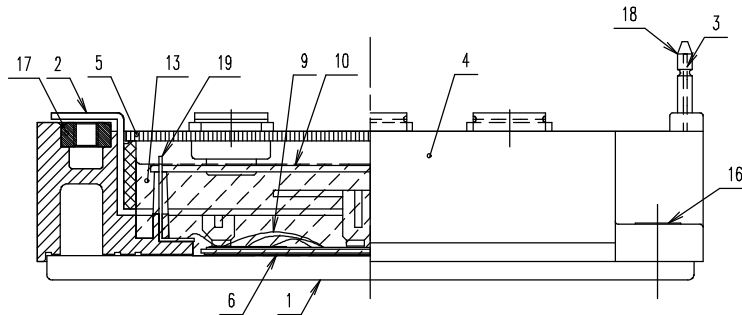
No.	部品名	材料(主)	備考
1	ベース	銅	ニッケルメッキ
2	主端子	銅	ニッケルメッキ
3	制御端子	黄銅(しんちゅう)	下地: ニッケルメッキ 表面: 金メッキ
4	ケース	プラスチック樹脂	UL 94V-0
5	フタ	プラスチック樹脂	UL 94V-0
6	絶縁基板	セラミック + 銅	
7	IGBT チップ	シリコン	(表記なし)
8	FWD チップ	シリコン	(表記なし)
9	ワイヤー	アルミニウム	
10	プリント基板(PCB)	ガラスエポキシ	ハロゲンフリー
11	IC チップ	シリコン	(表記なし)
12	コンデンサ チップ	セラミック	ニッケル-すずメッキ (表記なし)
13	ゲル	シリコーン樹脂	
14	接着剤(ケース, ベース)	シリコーン樹脂	(表記なし)
15	ハンダ	すず ベース(鉛フリー)	(表記なし)
16	リング	ステンレス鋼	
17	ナット	鉄	三価クロメート処理
18	ガイドピン	黄銅(しんちゅう)	

図1-14 構造(P638)



No.	部品名	材料(主)	備考
1	ベース	銅	ニッケルメッキ
2	主端子	銅	ニッケルメッキ
3	制御端子	黄銅(しんちゅう)	下地: ニッケルメッキ 表面: 金メッキ
4	ケース	プラスチック樹脂	UL 94V-0
5	フタ	プラスチック樹脂	UL 94V-0
6	絶縁基板	セラミック + 銅	
7	IGBT チップ	シリコン	(表記なし)
8	FWD チップ	シリコン	(表記なし)
9	ワイヤー	アルミニウム	
10	プリント基板(PCB)	ガラスエポキシ	ハロゲンフリー
11	IC チップ	シリコン	(表記なし)
12	コンデンサ チップ	セラミック	ニッケル-すずメッキ (表記なし)
13	ゲル	シリコーン樹脂	
14	接着剤(ケース, ベース)	シリコーン樹脂	(表記なし)
15	接着剤(プリント基板)	エポキシ樹脂	(表記なし)
16	ハンダ	すず ベース (鉛フリー)	(表記なし)
17	リング	ステンレス鋼	
18	ナット	鉄	三価クロメート処理
19	ガイドピン	黄銅(しんちゅう)	

図1-15 構造(P630)



No.	部品名	材料(主)	備考
1	ベース	銅	ニッケルメッキ
2	主端子	銅	ニッケルメッキ
3	制御端子	黄銅(しんちゅう)	下地: ニッケルメッキ 表面: 金メッキ
4	ケース	プラスチック樹脂	UL 94V-0
5	フタ	プラスチック樹脂	UL 94V-0
6	絶縁基板	セラミック + 銅	
7	IGBT チップ	シリコン	(表記なし)
8	FWD チップ	シリコン	(表記なし)
9	ワイヤー	アルミニウム	
10	プリント基板(PCB)	ガラスエポキシ	ハロゲンフリー
11	IC チップ	シリコン	(表記なし)
12	コンデンサ チップ	セラミック	ニッケル-すずメッキ (表記なし)
13	ゲル	シリコーン樹脂	
14	接着剤(ケース, ベース)	シリコーン樹脂	(表記なし)
15	ハンダ	すず ベース (鉛フリー)	(表記なし)
16	リング	ステンレス鋼	
17	ナット	鉄	三価クロメート処理
18	ガイドピン	黄銅(しんちゅう)	
19	内部端子	黄銅(しんちゅう)	ニッケルメッキ

図1-16 構造(P631)

- ・ IPMの主端子(ネジタイプ)
主端子の構造を以下に示します。

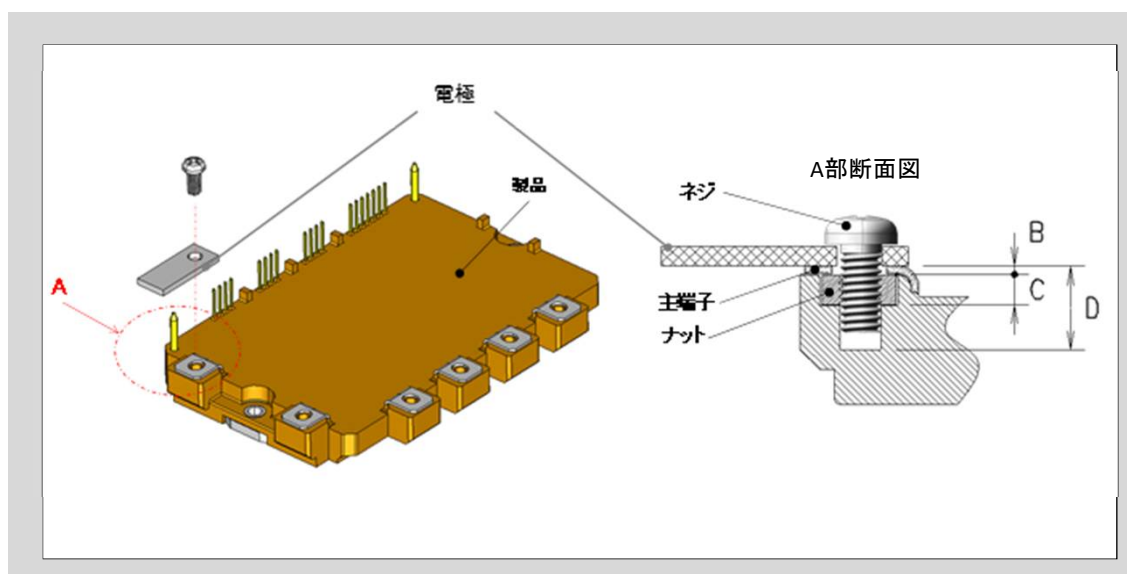


図1-17 IPMの主端子部の構造(例 P630)

表1-5 IPM主端子部の仕様

パッケージ	ネジ規格	主端子厚さ(B)	ナット部深さ(C)	ネジ部深さ(D)
P638	M4	0.8	3.5	8.0 ± 0.5
P630	M4	0.8	3.5	8.5 ± 0.5
P631	M5	1	4	9.0 ± 0.5

[単位 : mm]

- ・ IPMのガイドピン

P638、P630及びP631の制御端子部の両側にあるガイドピンは黄銅(しんちゅう)です。内部は絶縁されており、どの部分にも接続されていません。

・ P636パッケージ フタ上面の突起高さについて

P636のフタ上面突起の活用方法を変える事により、突起部で支える装置制御プリント板高さをIPM底面から17.0mm・18.5mmの2種類から選択する事が可能です

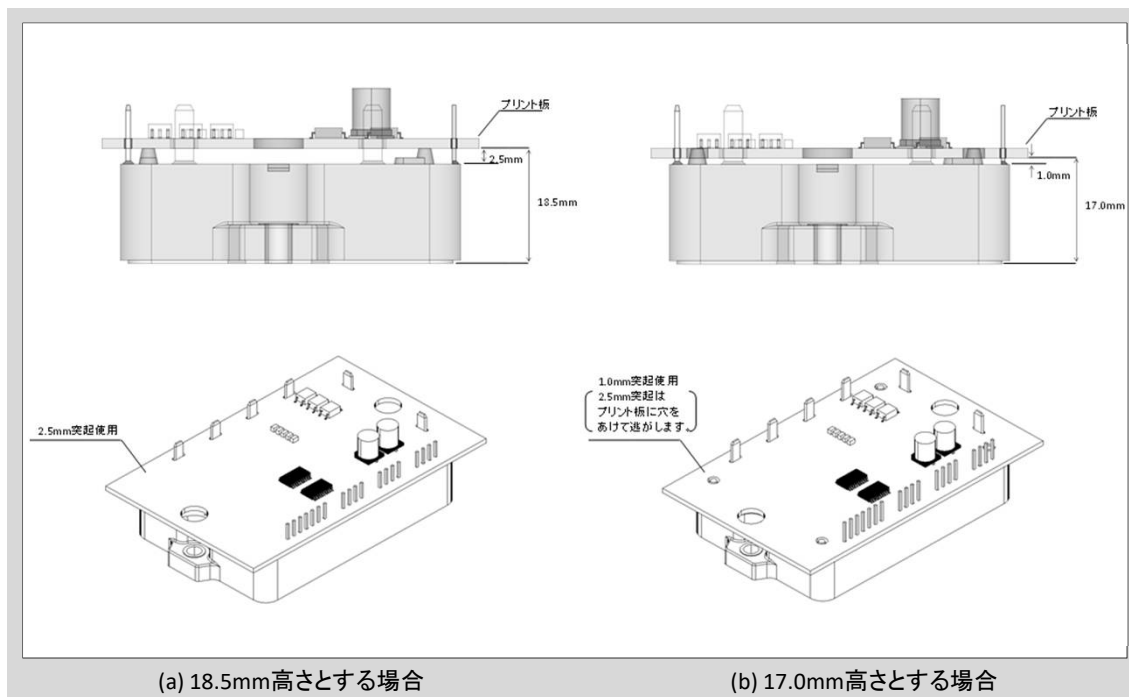
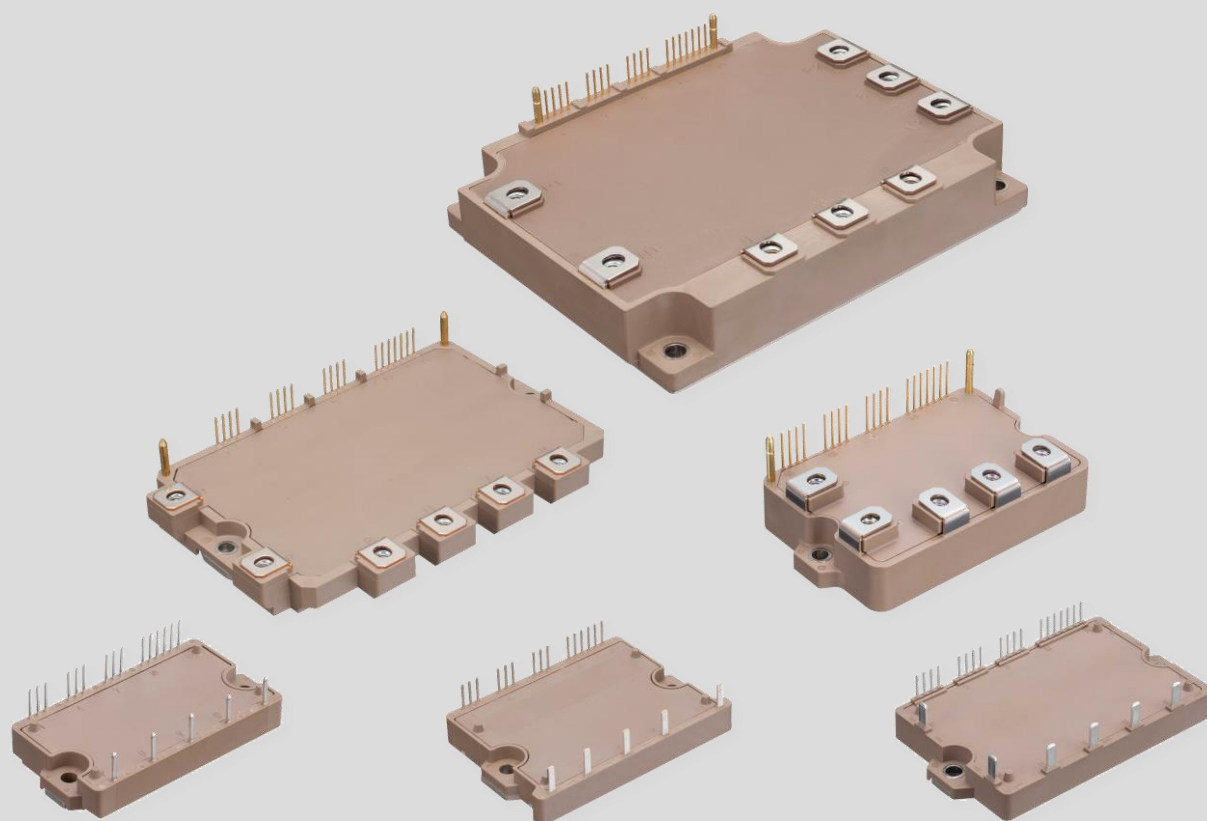


図1-18 突起高さ活用方法



富士 第7世代IGBT-IPM
X シリーズ
第2章 端子記号、用語の説明



Application Manual

注意

このマニュアルの内容(製品の仕様、特性、データ、材料、構造など)は2020年12月現在のものです。
この内容は製品の仕様変更のため、または他の理由により事前の予告なく変更されることがあります。
このマニュアルに記載されている製品を使用される場合には、その製品の最新版の仕様書を入手して、
データを確認してください。

本資料に記載してある応用例は、富士電機の半導体製品を使用した代表的な応用例を説明するものであり、
本資料によって工業所有権、その他権利の実施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。

 注意

(1) 輸送と保管

段ボール箱の適切な面を上にして運搬してください。そうしないと製品に予期しないストレスがかかり、端子の曲りや樹脂パッケージ内の歪みなど、影響を及ぼす可能性があります。さらに製品を投げたり落下させたりすると、製品に大きなダメージを与える可能性があります。また水に濡れると破壊や故障の原因になりますので、雨や結露には十分な配慮をお願いします。輸送中の温度や湿度などの環境条件は、仕様書に記載してありますので厳守してください。

(2) 組み立て環境

パワーモジュールの素子は静電気放電に対して非常に弱いため、組み立て環境におけるESD 対策を適切に実施してください。特に、制御端子部は、内蔵されている制御ICと内部で接続されているため注意が必要です。

(3) 動作環境

製品を酸や有機物、腐食性ガス（硫化水素、硫酸ガスなど）にさらされる環境で使用的場合、製品性能や外観を十分確保することができません。

第2章 端子記号、用語の説明

1. 端子記号の説明	2-2
2. 用語の説明	2-3

本章では、XシリーズIPMの端子記号、用語の説明について説明します。

1. 端子記号の説明

1.1 主端子

端子記号	内容
P (P1, P2) N (N1, N2)	インバータ装置の整流コンバータ平滑後の主端子 V_{DC} 入力端子 P: +側、N: -側
B	ブレーキ入力端子: 減速時に回生動作用抵抗電流を入力する端子
U V W	三相インバータ出力端子

*P1、P2、N1、N2端子はP631パッケージのみ。

1.2 制御端子

端子記号	P639 P629	P626,P644 P630, P636,P638	P631	内容
GND U V_{CC} U	① ③	① ④	① ③	上アームU相の制御電源 V_{CC} 入力 V_{CC} U: +側、GND U: -側
V_{in} U	②	③	②	上アームU相の制御信号入力
ALM U	—	②	④	保護回路動作時の上アームU相のアラーム出力
GND V V_{CC} V	④ ⑥	⑤ ⑧	⑤ ⑦	上アームV相の制御電源 V_{CC} 入力 V_{CC} V: +側、GND V: -側
V_{in} V	⑤	⑦	⑥	上アームV相の制御信号入力
ALM V	—	⑥	⑧	保護回路動作時の上アームV相のアラーム出力
GND W V_{CC} W	⑦ ⑨	⑨ ⑫	⑨ ⑪	上アームW相の制御電源 V_{CC} 入力 V_{CC} W: +側、GND W: -側
V_{in} W	⑧	⑪	⑩	上アームW相の制御信号入力
ALM W	—	⑩	⑫	保護回路動作時の上アームW相のアラーム出力
GND V_{CC}	⑩ ⑪	⑬ ⑭	⑬ ⑭	下アーム共通の制御電源 V_{CC} 入力 V_{CC} : +側、GND: -側
V_{in} X	⑫	⑯	⑯	下アームX相の制御信号入力
V_{in} Y	⑬	⑰	⑰	下アームY相の制御信号入力
V_{in} Z	⑭	⑱	⑱	下アームZ相の制御信号入力
V_{in} DB WNG	—	⑮	⑮	下アームブレーキ相の制御信号入力 チップ温度ワーニング動作時の下アームY相のワーニング信号出力
ALM	⑮	⑲	⑲	保護回路動作時の下アームのアラーム信号出力

*P626、P638の⑮ピンはWNGです。

*P636(6in1)、P630(6in1)、P631(6in1)の⑮ピンはWNGです。

2. 用語の説明

2.1 絶対最大定格

用語		記号	内容
電源電圧		V_{DC}	PN端子間に印加できる直流電源電圧
電源電圧(短絡時)		V_{SC}	短絡・過電流保護可能なPN端子間直流電源電圧
コレクタ・エミッタ間電圧		V_{CES}	内蔵するIGBTチップのコレクタ・エミッタ間最大電圧及び、FWDチップの繰り返しピーク逆電圧(ブレーキ部はIGBTのみ)
コレクタ電流		I_C	IGBTチップに許容される最大直流コレクタ電流
		I_{CP}	IGBTチップに許容される最大パルスコレクタ電流
		$-I_C$	FWDチップに許容される最大直流順電流
FWD順電流		I_F	FWDチップに許容される最大直流順電流(ブレーキ部のみ)
コレクタ損失		P_{tot}	IGBTチップ1素子で消費できる電力の最大値 $T_c=25^{\circ}\text{C}$ の時、 $T_{vj}=175^{\circ}\text{C}$ となる損失
制御電源電圧		V_{CC}	V_{CC} -GND端子間に印加できる電圧
入力電圧		V_{in}	V_{in} -GND端子間に印加できる電圧
アラーム印加電圧		V_{ALM}	ALM-GND端子間に印加できる電圧
アラーム出力電流		I_{ALM}	ALM-GND端子間に流せる電流の最大値
ワーニング印加電圧		V_{WNG}	WNG-GND端子間に印加できる電圧
ワーニング出力電流		I_{WNG}	WNG-GND端子間に流せる電流の最大値
チップ接合部温度		T_{vj}	IGBT、FWDチップのチップ接合部温度
チップ接合部動作温度		T_{vjop}	IGBT、FWDチップが連続動作できるチップ接合部温度
動作ケース温度		T_{cop}	スイッチング動作ができる動作ケース温度範囲 (ケース温度 T_c 測定点を図5-4に示す。)
保存温度		T_{stg}	電氣的負荷をかけずにIPM単体で保存できる周囲温度の範囲
半田温度		T_{sol}	半田付け時の最大温度
絶縁耐圧		V_{isol}	全端子を短絡した状態で、端子と冷却体取付け面間に許容される正弦波電圧の最大実効値
締付けトルク	端子	M_t	所定のネジで、端子と外部配線を接続する際の最大トルク
	取付	M_s	所定のネジで、素子を冷却体(ヒートシンク)に取付ける際の最大トルク

2.2 電気的特性

2.2.1 主回路

用語	記号	内容
コレクタ・エミッタ間遮断電流	I_{CES}	全入力信号HでIGBTのコレクタとエミッタ間に指定の電圧を印加した際の漏れ電流
コレクタ・エミッタ間飽和電圧	$V_{CE(sat)}$	測定対象素子の入力信号のみをL(=0)、他の全素子の入力をHとした時、コレクタ電流を流した時のコレクタ・エミッタ間電圧
ダイオード順電圧	V_F	全入力信号Hで、ダイオードに電流を流した時の順方向電圧
ターンオン時間	t_{on}	入力信号が入力閾値電圧 $V_{in(th)(on)}$ を下回ってから、コレクタ電流が所定電流の90%以上になるまでの時間。図2-1に示す。(2-7ページ参照)
	$t_{d(on)}$	入力信号が入力閾値電圧 $V_{in(th)(on)}$ を下回ってから、コレクタ電流が所定電流の10%以上になるまでの時間。図2-1に示す。
ターンオフ時間	t_{off}	入力信号が入力閾値電圧 $V_{in(th)(off)}$ を上回ってから、コレクタ電流が減少する接線上で所定電流の10%になるまでの時間。図2-1に示す。
	$t_{d(off)}$	入力信号が入力閾値電圧 $V_{in(th)(off)}$ を上回ってから、コレクタ電流が減少する接線上で所定電流の90%になるまでの時間。図2-1に示す。
立下り時間	t_f	IGBTターンオフ時にコレクタ電流が所定電流の90%から、減少する電流の接線上で10%になるまでの時間。図2-1に示す。
逆回復時間	t_{rr}	内蔵ダイオードの逆回復電流が減少する接線上で消滅するまでに要する時間。図2-1に示す。
デッドタイム	t_{dead}	上下アーム入力信号休止期間。図2-6に示す。

2.2.2 制御回路

用語	記号	内容
制御電源消費電流	I_{ccp}	上アーム側 1アームの制御電源 V_{cc} -GND間に流れる電流
	I_{ccn}	下アーム側 制御電源 V_{cc} -GND間に流れる電流
入力閾値電圧	$V_{in(th)(on)}$	IPMが入力電圧をON信号と認識できる電圧
	$V_{in(th)(off)}$	IPMが入力電圧をOFF信号と認識できる電圧

2.2.3 保護回路

用語	記号	内容
過電流保護動作電流	I_{OC}	過電流保護(OC)動作するIGBTコレクタ電流
過電流遮断遅れ時間	t_{dOC}	過電流保護トリップレベルを超えてから保護動作開始までの遅れ時間。 図2-4に示す。
短絡保護動作電流	I_{SC}	短絡保護(SC)動作するIGBTコレクタ電流
短絡保護遅れ時間	t_{dSC}	短絡保護トリップレベルを超えてから保護動作開始までの遅れ時間。 図2-5に示す。
チップ過熱保護温度	T_{JOH}	IGBTチップ接合部温度 T_{vj} を検出して、IGBTを保護するトリップ温度
チップ過熱保護 ヒステリシス	T_{jH}	過熱保護動作後、保護動作がリセットされるまでに必要な降下温度
チップ温度ワーニング ワーニング出力温度	T_{jW}	IGBTチップ接合部温度 T_{vj} を検出して、チップ温度ワーニング信号を 出力する温度
チップ温度ワーニング ヒステリシス	T_{jWH}	チップ温度ワーニング信号出力後、チップ温度ワーニング動作が リセットされるまでに必要な降下温度
制御電源電圧低下保護 電圧	V_{UV}	制御電源電圧 V_{cc} が低下して、IGBTを保護するトリップ電圧
制御電源電圧低下保護 ヒステリシス	V_H	制御電源電圧低下保護動作後、保護動作がリセットされるまでに必要な 復帰電圧
アラーム出力保持時間	$t_{ALM(OC)}$	過電流保護(OC)動作によるアラーム信号出力パルス幅
	$t_{ALM(UV)}$	制御電源電圧低下保護(UV)動作によるアラーム信号出力パルス幅
	$t_{ALM(TJOH)}$	チップ過熱保護(T_{JOH})動作によるアラーム信号出力パルス幅
ワーニング出力保持時間	t_{WNG}	チップ温度ワーニング動作によるワーニング信号出力時間
アラーム端子電圧	V_{ALMH}	保護動作していないときのアラーム端子電圧
ワーニング端子電圧	V_{WNGH}	チップ温度ワーニング動作していないときのワーニング端子電圧
アラーム出力抵抗	R_{ALM}	アラーム端子に直列に接続された内蔵抵抗の値 フォトカブラ1次側順電流を制限する
ワーニング出力抵抗	R_{WNG}	ワーニング端子に直列に接続された内蔵抵抗の値 フォトカブラ1次側順電流を制限する

2.3 熱特性

用語	記号	内容
チップ・ケース間 熱抵抗	$R_{th(j-c)Q}$	IGBTのチップ・ケース間の熱抵抗
	$R_{th(j-c)D}$	FWDのチップ・ケース間の熱抵抗
ケース・ヒートシンク間 熱抵抗	$R_{th(c-s)}$	サーマル・コンパウンドを用いて推奨トルク値にてヒートシンクに 取り付けられた状態でのケース・ヒートシンク間の熱抵抗
ケース温度	T_c	IPMのケース温度 (IGBTあるいはFWD直下の銅ベース裏面の温度)

2.4 ノイズ耐量

用語	記号	内容
コモンモードノイズ	—	弊社テスト回路におけるコモンモードノイズ耐量

2.5 その他

用語	記号	内容
質量	W_t	IPM単体の重量
スイッチング周波数	f_{sw}	制御信号入力端子に入力できる制御信号周波数範囲
逆回復電流	I_{rr}	逆回復電流のピーク値。図2-1に示す
逆バイアス安全動作領域	RBSOA	ターンオフ時に指定の条件にてIGBTを遮断できる電流と電圧の領域 この領域を超えて使用すると、素子が破壊する可能性があります
スイッチング損失	E_{on}	ターンオン時のIGBTスイッチング損失
	E_{off}	ターンオフ時のIGBTスイッチング損失
	E_{rr}	逆回復時のFWDスイッチング損失
入力電流	I_{in}	Vin-GND端子に流せる電流の最大値
ソフト遮断	—	保護動作したときのターンオフ動作 (通常遮断より緩やかな遮断となる)

2.6 動作説明図

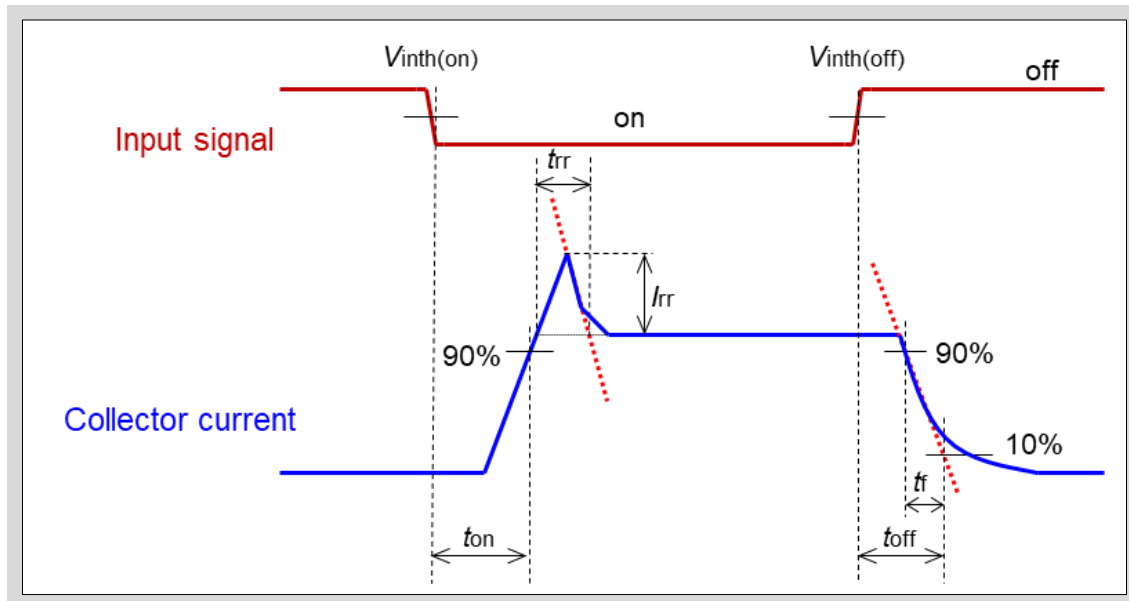


図2-1 スwitchング時間

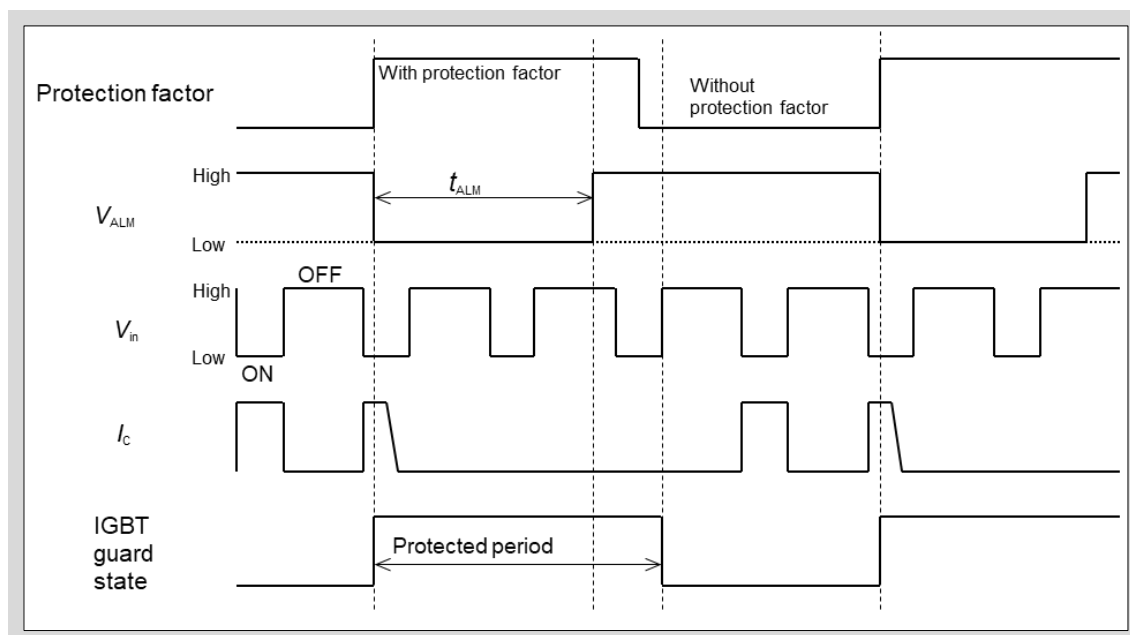


図2-2 アラーム出力保持時間(t_{ALM})

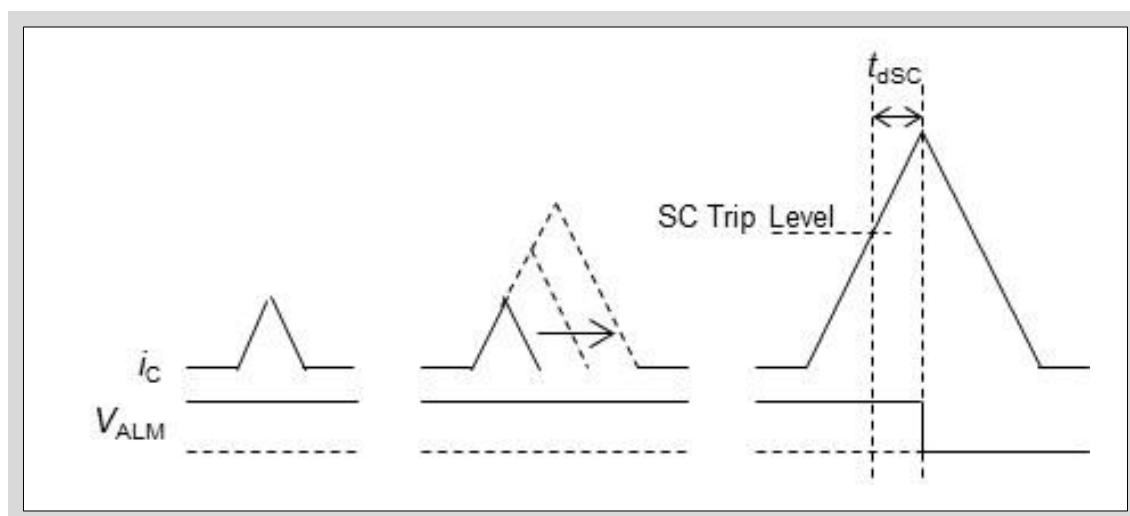


図2-5 短絡保護遅れ時間(t_{dSC})

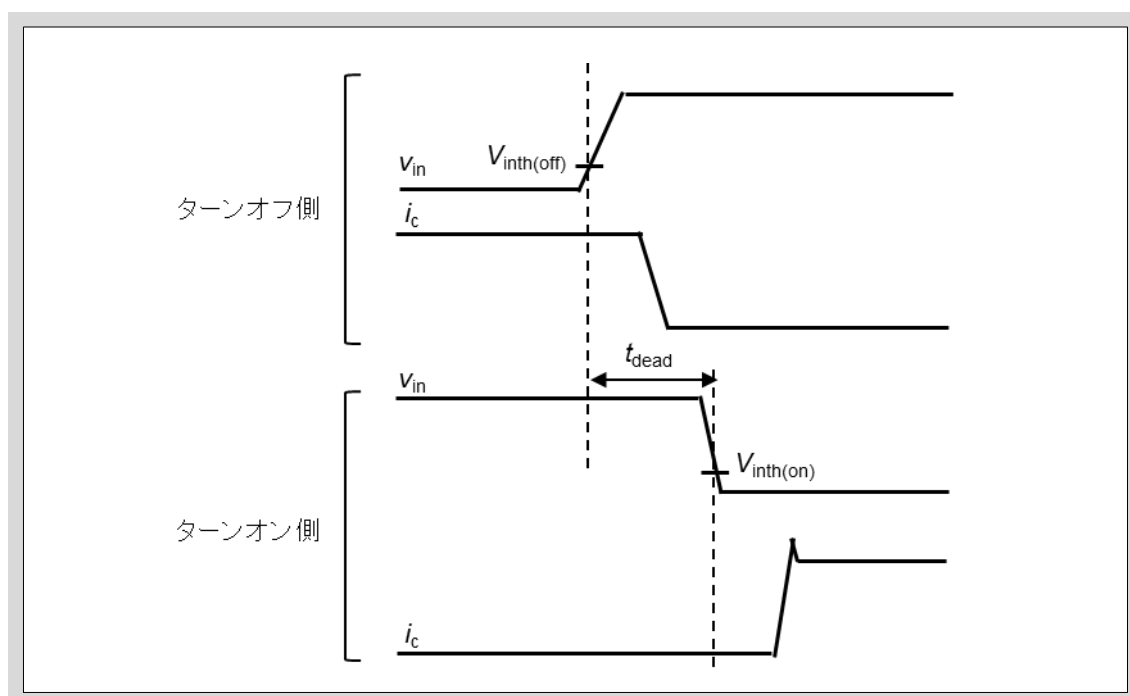


図2-6 デッドタイム

第3章 機能の説明

1. 機能一覧表	3-2
2. 機能の説明	3-3
3. 真理値表	3-8
4. IPMブロック図	3-9
5. タイミングチャート	3-12

本章では、XシリーズIPMの機能について説明します。

1. 機能一覧表

XシリーズIPMに内蔵する機能を表3-1、表3-2に示します。

表3-1 IPM内蔵機能（6in1）

素子数	パッケージ	内蔵機能						
		上下アーム共通				上アーム	下アーム	
		Drive	UV	T_{JOH}	OC SC	ALM	ALM	WNG
6in1	P639	○	○	○	○	—	○	—
	P629	○	○	○	○	—	○	—
	P626	○	○	○	○	○	○	○
	P636	○	○	○	○	○	○	○
	P638	○	○	○	○	○	○	○
	P630	○	○	○	○	○	○	○
	P631	○	○	○	○	○	○	○

Drive: IGBT駆動回路、UV: 制御電源電圧低下保護、 T_{JOH} : チップ温度過熱保護、OC: 過電流保護、SC: 短絡保護、ALM: アラーム信号出力、WNG: チップ温度ワーニング出力

表3-2 IPM内蔵機能（7in1）

素子数	パッケージ	内蔵機能						
		上下アーム共通				上アーム	下アーム	
		Drive	UV	T_{JOH}	OC SC	ALM	ALM	WNG
7in1	P644	○	○	○	○	○	○	—
	P636	○	○	○	○	○	○	—
	P630	○	○	○	○	○	○	—
	P631	○	○	○	○	○	○	—

Drive: IGBT駆動回路、UV: 制御電源電圧低下保護、 T_{JOH} : チップ温度過熱保護、OC: 過電流保護、SC: 短絡保護、ALM: アラーム信号出力、WNG: チップ温度ワーニング出力

2. 機能の説明

2.1 三相インバータ用 IGBT、FWD

図3-1に示すように、三相インバータ用IGBT及びFWDを内蔵し、IPM内部で三相ブリッジ回路を構成しています。P,N端子に主電源を、U,V,W端子に三相出力線を接続すれば主配線は完成します。サージ電圧を抑えるために、スナバ回路を接続して使用してください。

2.2 ブレーキ用 IGBT、FWD

図3-1に示すように、ブレーキ用IGBT及びFWDを内蔵し、IGBTのコレクタ電極をB端子として外部に出力しています。ブレーキ抵抗をP-B端子間に接続し、ブレーキIGBTを制御することで、減速時の回生エネルギーを消費し、P-N端子間の電圧上昇を抑えることができます。

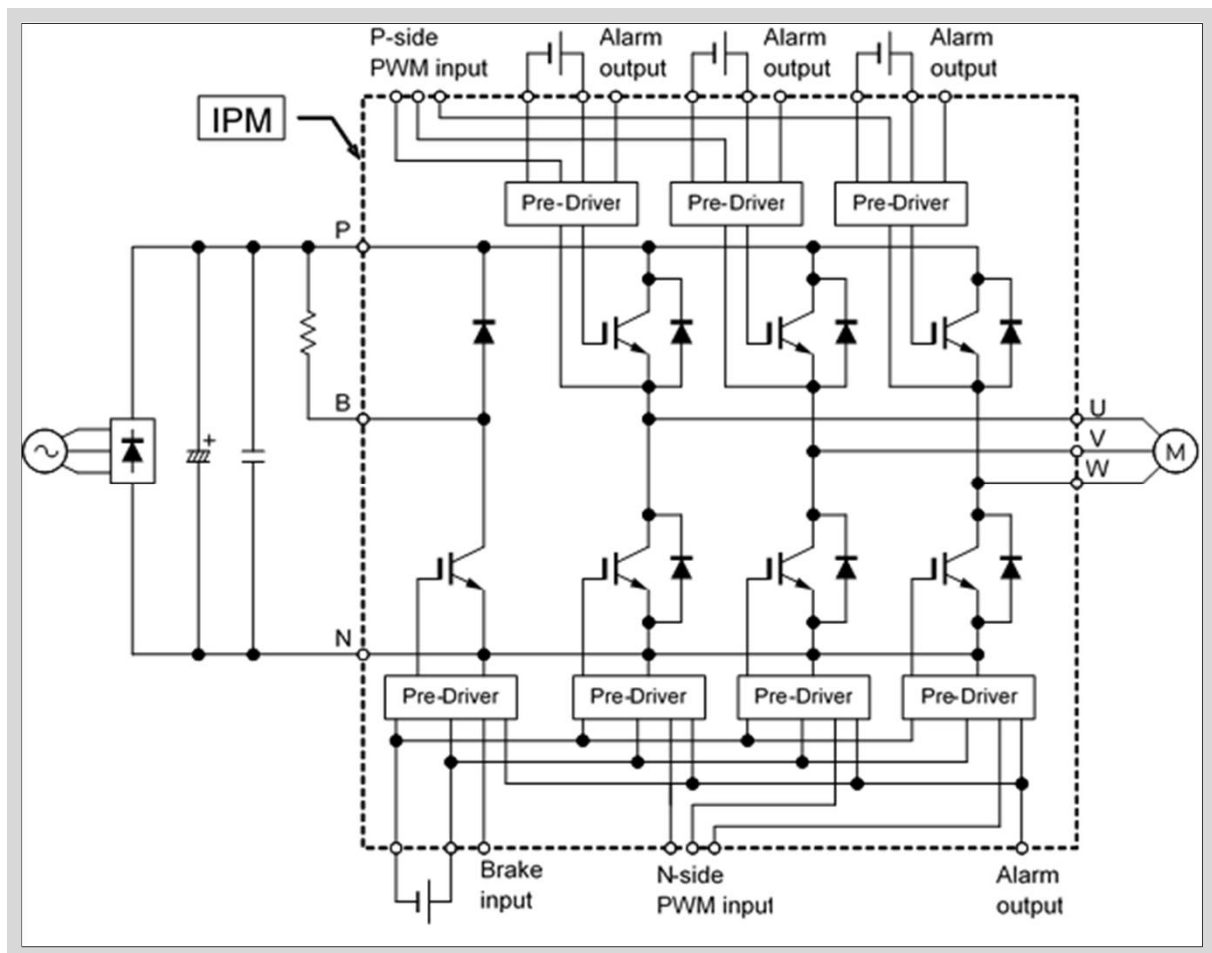


図3-1 3相インバータ適用例(例:7MBP250XDA065-50 ブレーキ内蔵)

2.3 IGBTドライブ機能

図3-2にPre-Driverのブロック図を示します。IPMIはIGBTのドライブ機能を内蔵しているので、フォトカプラ出力をIPMIに接続すれば、ゲートドライブ回路を設計することなく、IGBTを駆動することができます。

本ドライブ機能の特長を次に紹介します。

□ 独立したゲート出力制御

単一のゲート抵抗を用いず、ターンオン及びターンオフ専用のドライブ回路を内蔵しています。これにより、ターンオンとターンオフの dv/dt を独立に制御できるため、素子の特性を十分に発揮することができます。

□ ソフト遮断

各種の異常モード時の保護動作でIGBTを遮断する際にゲート電圧を緩やかに低下させ、IGBTの遮断に伴うサージ電圧の発生を抑制し、サージ電圧によって素子が破壊することを防止します。

□ 誤オン防止

IGBTのゲート電極を低インピーダンスでエミッタ接地する回路を設けているため、ターンオフ時にノイズ等で V_{GE} が上昇し誤ってオンすることを防止します。

□ 逆バイアス電源不要

IPMIは制御ICとIGBT間の配線が短いので、配線インピーダンスが小さく、逆バイアス無しで駆動することができます。

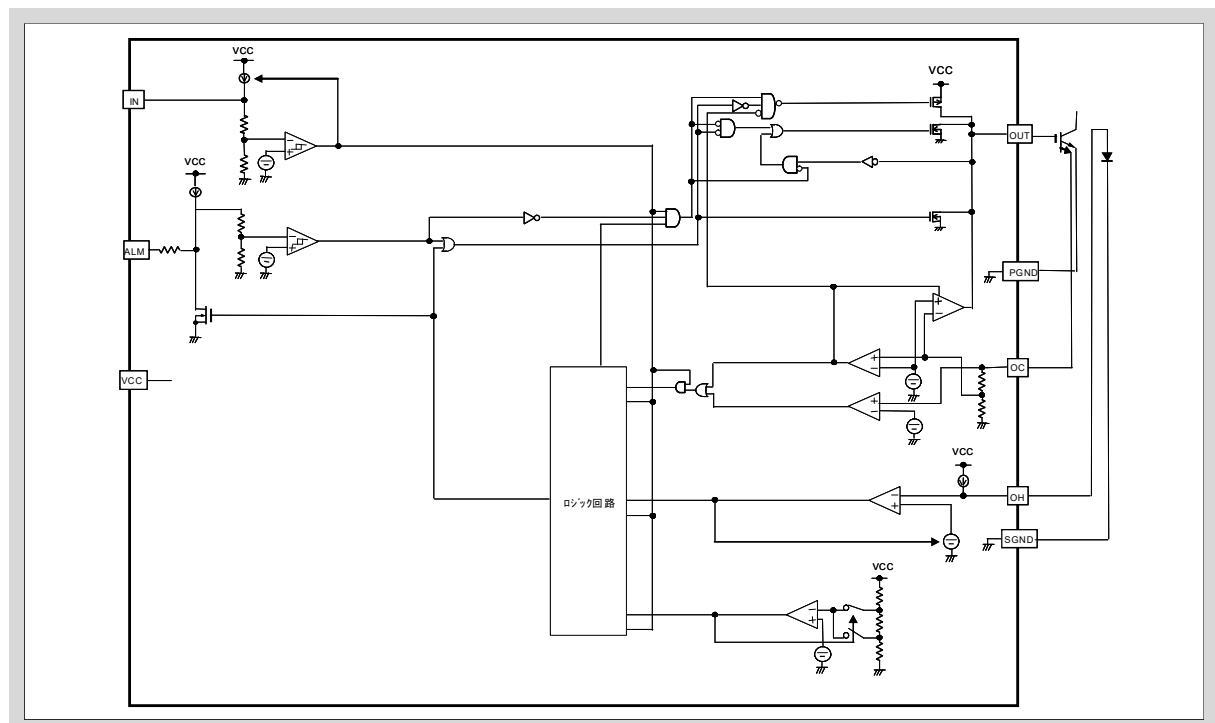


図3-2 Pre-Driverブロック図 (例: 7MBP250XDA065-50)

2.4 保護機能

IPMは保護回路を内蔵しており、素子破壊の要因となる異常モードからIPMを保護します。異常モードの要因に合わせて4種類の保護機能が働きます。異常モードは、OC(過電流保護)、SC(短絡保護)、UV(制御電源電圧低下保護)、 T_{jOH} (チップ温度過熱保護)です。

保護機能が動作すると、アラーム出力用MOSがオンし、アラーム出力端子電圧がHighからLowに変化し、アラーム出力端子は各基準電位GNDに対して導通します。また、IPM内部に1.3K Ω の抵抗を内蔵しているため、ALM端子と V_{CC} 端子との間に接続するフォトカプラを直接駆動できます。

□ アラーム信号出力機能

各種の異常モードを識別してIGBTをソフト遮断し、異常モードを検知した相からそれぞれアラーム信号が出力されます。保護動作期間中は、オン信号を入力してもIGBTは動作しません。

- ・ アラーム信号出力期間(t_{ALM})以上が経過し、アラーム要因が解消され、かつ入力信号がオフなら、保護動作は解除され通常動作を再開します。
- ・ アラーム信号出力期間(t_{ALM})以内にアラーム要因が解消された場合でも、アラーム信号出力期間(t_{ALM})までは保護動作が継続されるため、IGBTは動作しません。アラーム信号出力期間(t_{ALM})経過後に入力信号がオフであれば保護動作は解除され通常動作を再開します。
- ・ 上アーム側は、異常モードを検知した相のIGBTがソフト遮断して動作を停止します。
- ・ 下アーム側は、インバータ部の各相が保護動作するとブレーキ部を除く下アーム全てのIGBTがソフト遮断して動作を停止します。なお、ブレーキ部は動作することが可能です。

また、ブレーキ部の異常時にはブレーキ部と共に下アーム全てのIGBTがソフト遮断して動作を停止します。

* P629、P639パッケージは、上アーム側の保護機能は内蔵しておりますが、アラーム信号出力機能は内蔵しておりません。下相については、保護機能とアラーム信号出力機能を内蔵しております。

□ アラーム要因識別機能

各種の異常モードの要因に応じてアラーム信号出力期間(t_{ALM})が異なるので、出力されるアラーム信号パルス幅によって、装置側で異常モードの要因識別を行うことができます。

アラーム要因	アラーム信号出力期間 (t_{ALM})
過電流保護(OC) 短絡保護(SC)	2ms(typ)
制御電源電圧低下保護(UV)	4ms(typ)
チップ温度過熱保護(T_{jOH})	8ms(typ)

ただし、アラーム用フォトカプラの2次側におけるアラーム信号出力時間は、フォトカプラの遅れ時間や周辺回路の影響で変わります。設計にあたっては、この影響を考慮する必要があります。

2.5 過電流保護機能: Over Current (OC)

IGBTチップに内蔵する電流検出用素子(電流センスIGBT)に流れるセンス電流を制御回路に取り込むことで、IGBTのコレクタ電流を検出します。設定する電流保護レベル(I_{OC})以上の電流が過電流遮断遅れ時間(t_{dOC})以上連続して流れると、OC状態と判定してIGBTをソフト遮断し、過電流による破壊を防ぎます。

OC状態と判定された時、保護機能とアラーム信号出力機能が動作します。OC保護時のアラーム信号出力期間(t_{ALM})は約2msです。

- ・ アラーム信号出力から約2ms(t_{ALM})後に I_{OC} レベルを下回り、かつ入力信号がオフなら、保護動作は解除され通常動作を再開します。
- ・ 約2ms(t_{ALM})以内にアラーム要因が解消された場合でも、約2ms(t_{ALM})までは保護動作が継続するため、IGBTは動作しません。約2ms(t_{ALM})経過後に入力信号がオフであれば保護動作は解除され通常動作を再開します。

2.6 短絡保護機能: Short Circuit (SC)

SC保護機能は、負荷短絡やアーム短絡時のピーク電流を抑制します。IGBTのコレクタ電流を検出し、設定する電流保護レベル(I_{SC})以上の電流が短絡保護遅れ時間(t_{dSC})以上連続して流れると、SC状態と判定してIGBTをソフト遮断し、短絡による破壊を防ぎます。SC状態と判定された時、保護機能とアラーム信号出力機能が動作します。SC保護時のアラーム信号出力期間(t_{ALM})は約2msです。

- ・ アラーム信号出力から約2ms(t_{ALM})後に I_{SC} レベルを下回り、かつ入力信号がオフなら、保護動作は解除され通常動作を再開します。
- ・ 約2ms(t_{ALM})以内にアラーム要因が解消された場合でも、約2ms(t_{ALM})までは保護動作が継続するため、IGBTは動作しません。約2ms(t_{ALM})経過後に入力信号がオフであれば保護動作は解除され通常動作を再開します。

2.7 制御電源電圧低下保護機能: Control Supply Under-Voltage (UV)

UV保護機能は、制御電源電圧(V_{CC})の低下により生じる制御ICの誤動作やIGBTの $V_{CE(sat)}$ 損失増加による熱破壊を防止します。 V_{CC} が設定された電圧保護レベル(V_{UV})を約20 μ s期間連続して下回ると、UV状態と判定してIGBTをソフト遮断し、制御電源電圧低下による誤動作と破壊を防ぎます。

UV状態と判定された時、保護機能とアラーム信号出力機能が動作します。UV保護時のアラーム信号出力期間(t_{ALM})は約4msです。

- ・ ヒステリシス V_H を設けてあるので、アラーム信号出力から約4ms(t_{ALM})後に V_{CC} が $V_{UV} + V_H$ を上回り、かつ入力信号がオフなら、保護動作は解除され通常動作を再開します。
- ・ 約4ms(t_{ALM})以内にアラーム要因が解消された場合でも、約4ms(t_{ALM})までは保護動作が継続するため、IGBTは動作しません。約4ms(t_{ALM})経過後に入力信号がオフであれば保護動作は解除され通常動作を再開します。

また、制御電源電圧 V_{CC} の立ち上がり時・立ち下り時には、UV状態を判定するアラーム信号が出力されます。

2.8 チップ温度過熱保護機能: IGBT chip Over Heat protection (T_{JOH})

チップ温度過熱保護機能は全てのIGBTチップに内蔵された温度検出用素子により、IGBTチップ表面温度を直接検出します。トリップレベル(T_{JOH})を約1ms期間連続して上回ると、過熱状態と判定してIGBTをソフト遮断し、チップ温度過熱保護機能による素子の破壊を防ぎます。 T_{JOH} 状態と判定された時、保護機能とアラーム信号出力機能が動作します。 T_{JOH} 保護時のアラーム信号出力期間(t_{ALM})は約8msです。

- ・ヒステリシス T_{JH} を設けてあるので、アラーム信号出力から約8ms(t_{ALM})後に T_j が $T_{JOH} - T_{JH}$ を下回り、かつ入力信号がオフなら、保護動作は解除され通常動作を再開します。
- ・約8ms (t_{ALM})内にアラーム要因が解消された場合でも、約8ms (t_{ALM})経過までは保護動作が継続するため、IGBTは動作しません。約8ms (t_{ALM})経過後に入力信号がオフであれば保護動作は解除され通常動作を再開します。

なお、旧シリーズに内蔵していたケース温度過熱保護機能(T_{COH})は、本Xシリーズでは内蔵しておりません。チップ温度過熱保護機能によりIGBTチップ過熱状態については保護可能です。

2.9 温度ワーニング出力機能: IGBT Chip Warning Temperature (T_{JW})

温度ワーニング出力機能はY相のIGBTチップに内蔵された温度検出用素子により、IGBTチップ表面温度を直接検出します。温度ワーニングレベル(T_{JW})を約1ms期間連続して上回ると、過熱状態と判定してワーニング出力端子より温度ワーニング信号を出力します。本機能により、チップ温度過熱保護で停止する前に事前に過熱状態であることを判断することができます。過熱状態と判定された時、保護機能とアラーム信号出力機能は動作しません。(温度ワーニング信号を出力しても保護はかからず素子は動作します)

温度ワーニング信号出力期間(t_{WNG})は要因が解除されるまでの間となります。

- ・ヒステリシス T_{JWH} を設けてあるので、 T_{vj} が $T_{JW} - T_{JWH}$ を下回った場合、ワーニング出力が解除されます。

なお、本機能は下記パッケージの富士第7世代XシリーズIGBT-IPMIにのみ搭載しています。

P626, P636(6in1), P638, P630(6in1), P631(6in1)

3. 真理値表

異常発生時の真理値表を、表3-5に示します。

表3-5 真理値表

	アラーム 要因	IGBT					アラーム出力信号				ワーニング 出力 信号
		U相	V相	W相	X,Y,Z相	B相	ALM -U	ALM -V	ALM- W	ALM- Low side	
U相	OC	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
	SC	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
	UV	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
	T_{JOH}	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
V相	OC	*	OFF	*	*	*	High	Low	High	High	*
	SC	*	OFF	*	*	*	High	Low	High	High	*
	UV	*	OFF	*	*	*	High	Low	High	High	*
	T_{JOH}	*	OFF	*	*	*	High	Low	High	High	*
W相	OC	*	*	OFF	*	*	High	High	Low	High	*
	SC	*	*	OFF	*	*	High	High	Low	High	*
	UV	*	*	OFF	*	*	High	High	Low	High	*
	T_{JOH}	*	*	OFF	*	*	High	High	Low	High	*
X,Y,Z 相	OC	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
	SC	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
	UV	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
	T_{JOH}	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
Y相	T_{JW}	*	*	*	*	*	High	High	High	High	Low
B相	OC	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*
	SC	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*
	UV	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*
	T_{JOH}	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*

*入力信号に依存

※P639,P629は上アーム(U,V,W相)のALM出力はありません。

下アームX、Y、Z相で保護動作しても、ブレーキ相は通常動作可能です。

ブレーキ相で保護動作した場合には、ブレーキ相を含めた下アーム相全てが保護動作状態になります。

4. IPMブロック図

IPMブロック図を、図3-3～図3-5に示します。

図3-3に上アームにアラーム機能がないP629(6in1)の例を示します。

また、図3-4にP630(6in1)の例を、図3-5にP630(7in1)の例を示します。

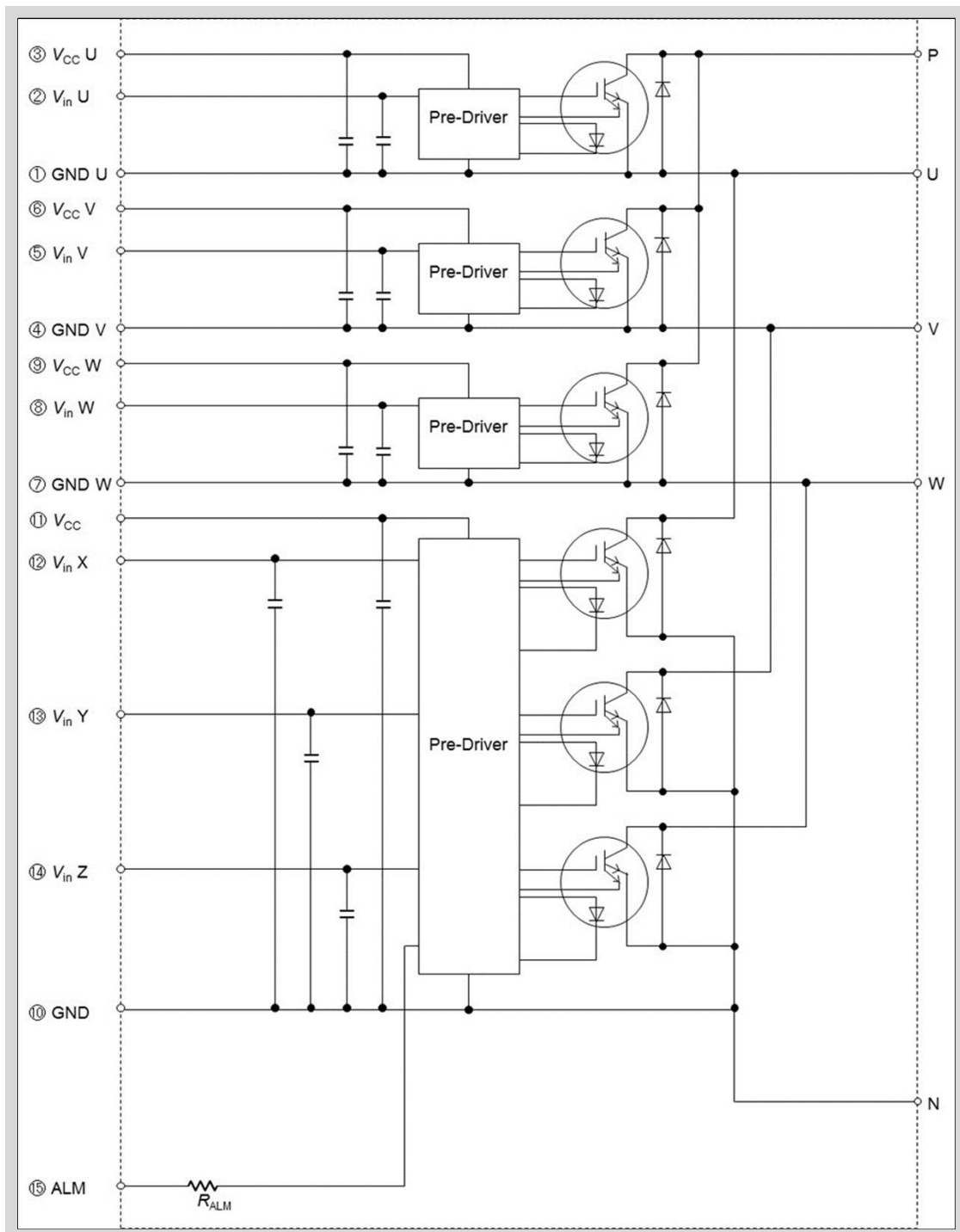


図3-3 IPMブロック図 (例:P629)

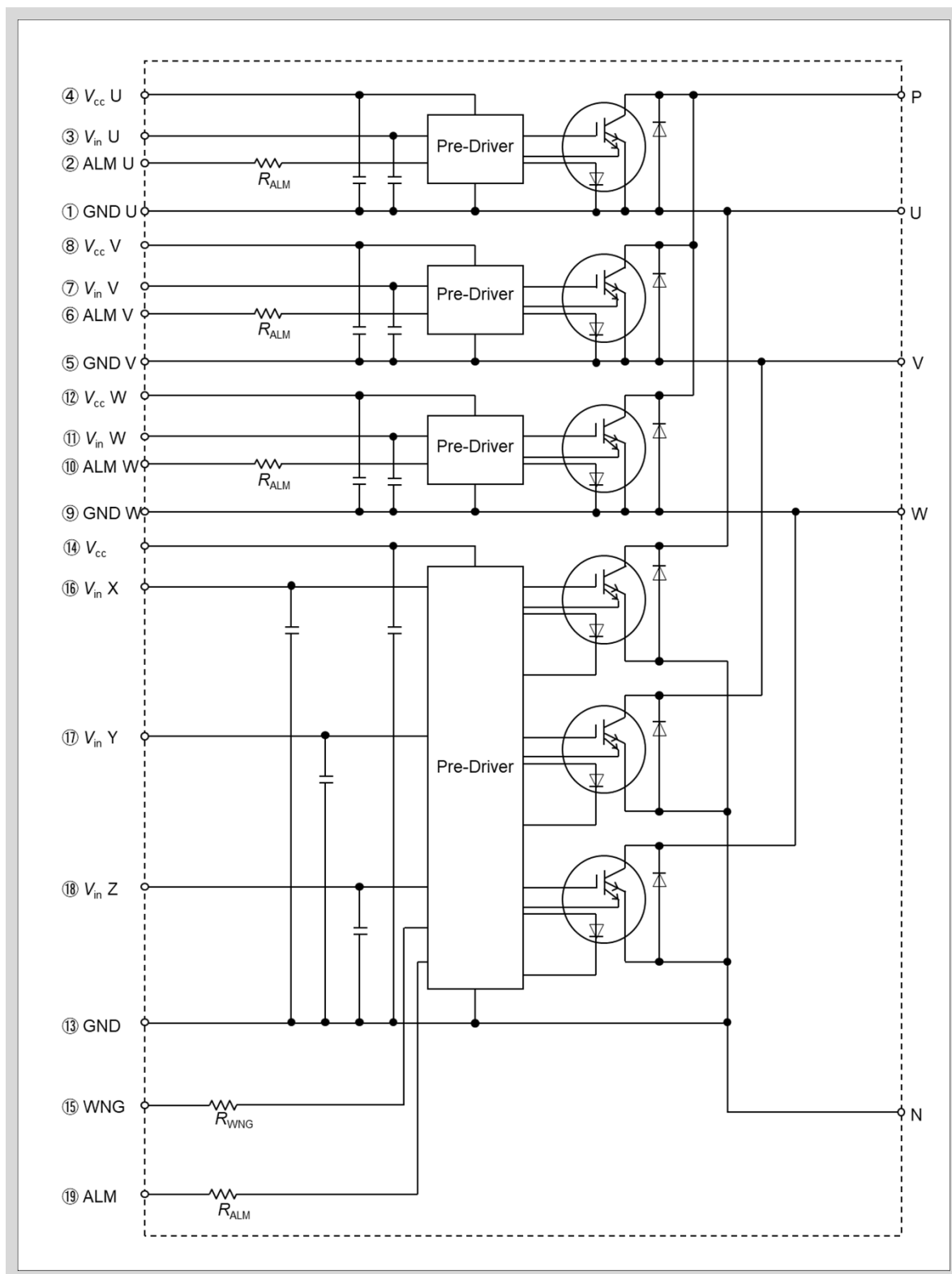


図3-4 IPMブロック図 (例: P630 6in1)

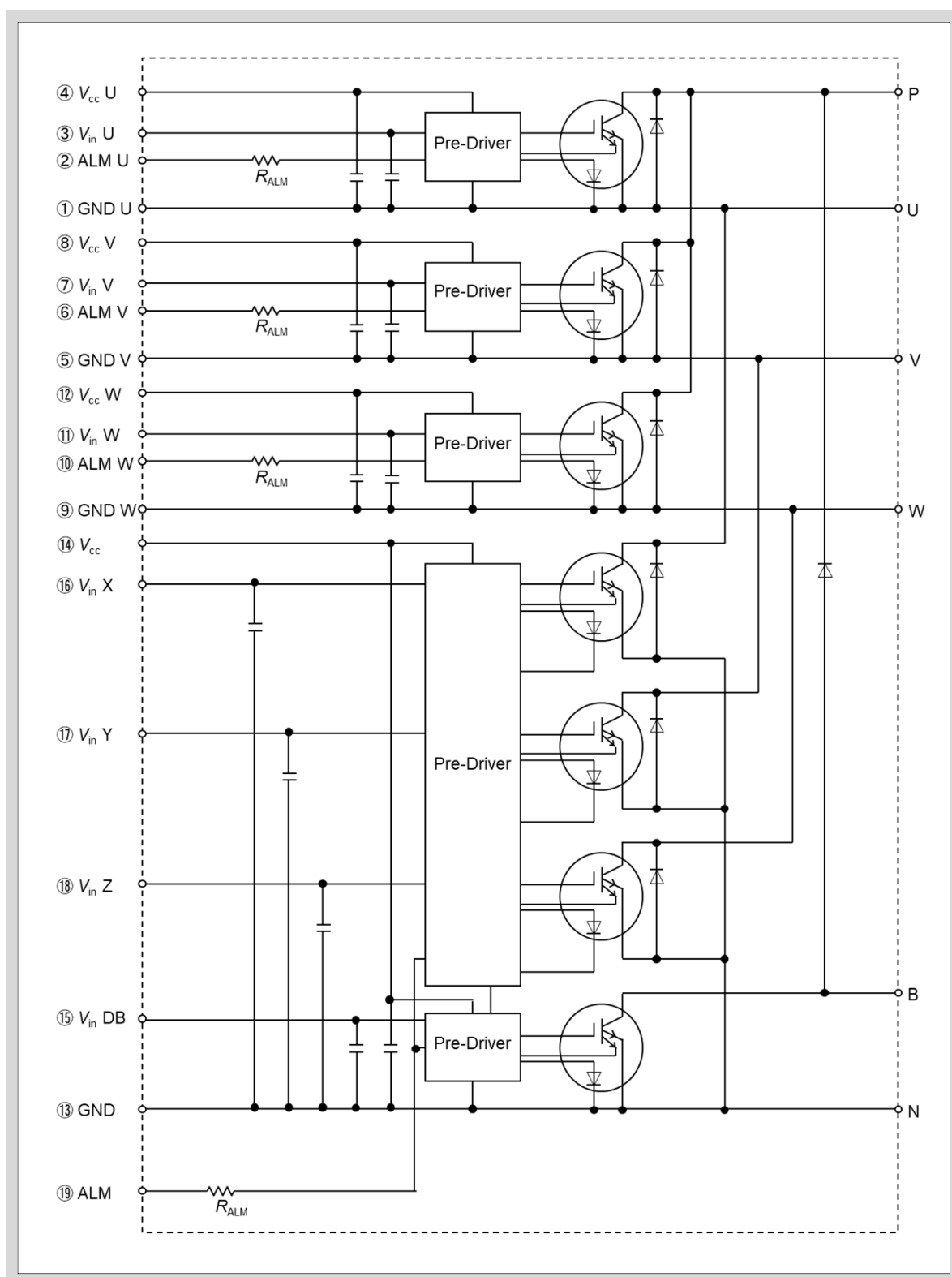


図3-5 IPMブロック図 (例: P630 7in1)

5. タイミングチャート

5.1 制御電源電圧低下保護(UV)動作

5.1.1 V_{CC} 投入時と V_{in} High(OFF)の動作について (①～④の動作について)

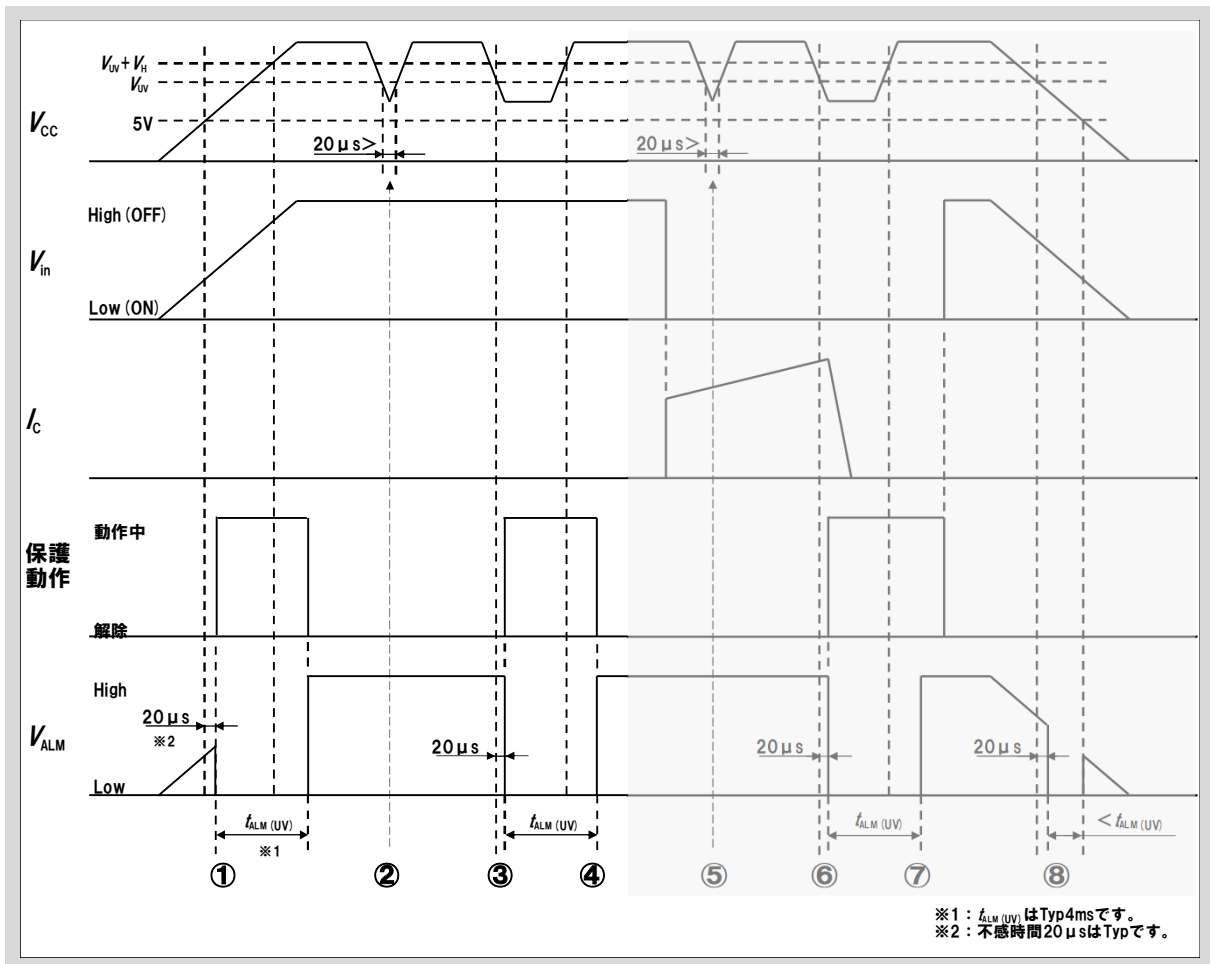


図3-6 UV保護動作(①～④)

- ・ V_{CC} 投入時は、 V_{CC} が5V以上、 V_{UV} 以下でアラーム信号の出力を開始します。(①)
- ・ V_{CC} が V_{UV} 以下に低下した期間が20μsより短い場合は V_{in} 信号のON/OFFに依らず動作しません。(②)
- ・ V_{CC} が V_{UV} 以下となり、約20μs後にアラームを出力します。
 V_{in} がOFF時は、IGBTはオフを保持します。(③)
- ・ V_{CC} が $t_{ALM(UV)}$ 経過前に $V_{UV} + V_H$ まで復帰した場合、 $t_{ALM(UV)}$ 期間はUV保護動作を保持します。(③～④)
 V_{in} がOFF時は、 $t_{ALM(UV)}$ 期間が終了すると、保護動作から復帰します。(④)
- ・ なお、保護動作継続期間が $t_{ALM(UV)}$ より十分に長くても、アラーム出力回数は1回のみです。

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver
 V_H : Under Voltage Protection Hysteresis
 $t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

V_{UV} : Under Voltage Protection Level
 V_{in} : Input Signal Voltage

5.1.2 V_{in} Low (ON)の場合と V_{CC} 遮断時の動作について (⑤～⑧の動作について)

保護動作復帰④～ V_{CC} 電源遮断の期間

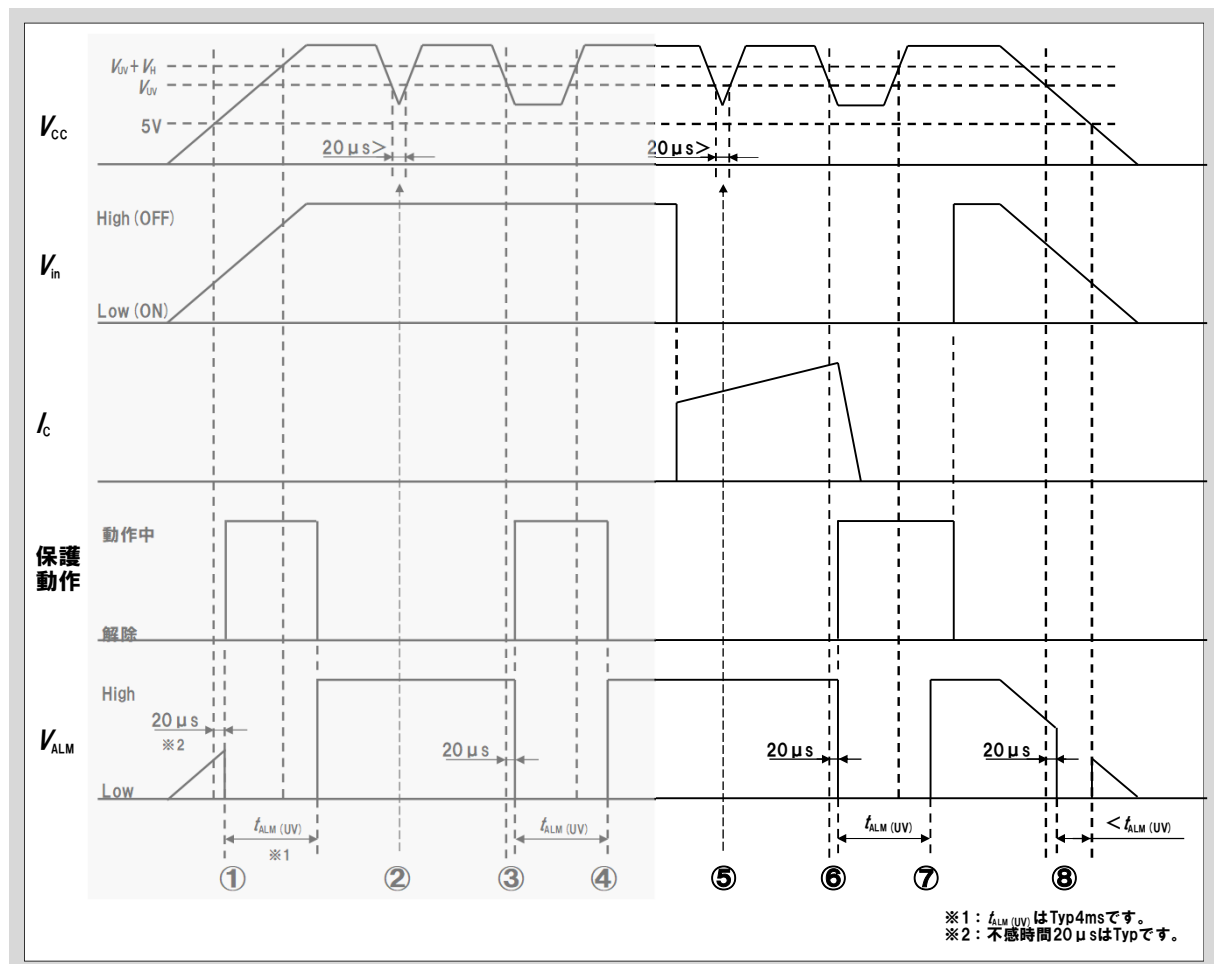


図3-7 UV保護動作(⑤～⑧)

- ・ V_{CC} が V_{UV} 以下に低下した期間が20 μ sより短い場合は V_{in} 信号のON/OFFに依らず動作しません。(⑤)
- ・ V_{CC} が V_{UV} 以下となり、約20 μ s後にアラームを出力します。
 V_{in} がON時は、 V_{CC} が V_{UV} 以下になって約20 μ s後にアラームを出力し、IGBTはソフト遮断※1します。(⑥)
 V_{in} がONを継続している場合、アラームは $t_{ALM(UV)}$ の期間出力しますが、その後も保護動作は保持されます。
 V_{in} がOFFで保護動作から復帰します。(⑦)
- ・ V_{CC} 遮断時は、 V_{UV} 以下でアラームを出力します。(⑧)
- ・なお、保護動作継続期間が $t_{ALM(UV)}$ より十分に長くても、アラーム出力回数は1回のみです。

※1 ソフト遮断: 通常遮断よりもゆっくりとした遮断

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver
 V_H : Under Voltage Protection Hysteresis
 $t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

V_{UV} : Under Voltage Protection Level
 V_{in} : Input Signal Voltage

5.2 電源立ち上げ時と立ち下げ時の制御電源電圧低下保護(UV)動作

XシリーズIPMは制御電源電圧低下保護(UV)機能を搭載しており、電源の立ち上げ時、立ち下げ時にアラームを出力します。

5.2.1 電源立ち上げ時

ケース1(V_{CC} の傾きが速いとき)、ケース2(V_{CC} の傾きが遅いとき)共に V_{CC} が5Vを上回ると20 μ s経過後にアラームを出力します。

ケース1の場合は、 $t_{ALM(UV)}$ 経過前に、 V_{CC} が $V_{UV}+V_H$ を上回り、且つ V_{in} がOFF状態である為、保護動作から復帰します。

ケース2では、 $t_{ALM(UV)}$ 経過後でも $V_{UV}+V_H$ 以下となっている為、アラーム出力後も保護動作を継続します。 V_{CC} が $V_{UV}+V_H$ を上回り、且つ V_{in} がOFFとなれば、保護動作から復帰します。

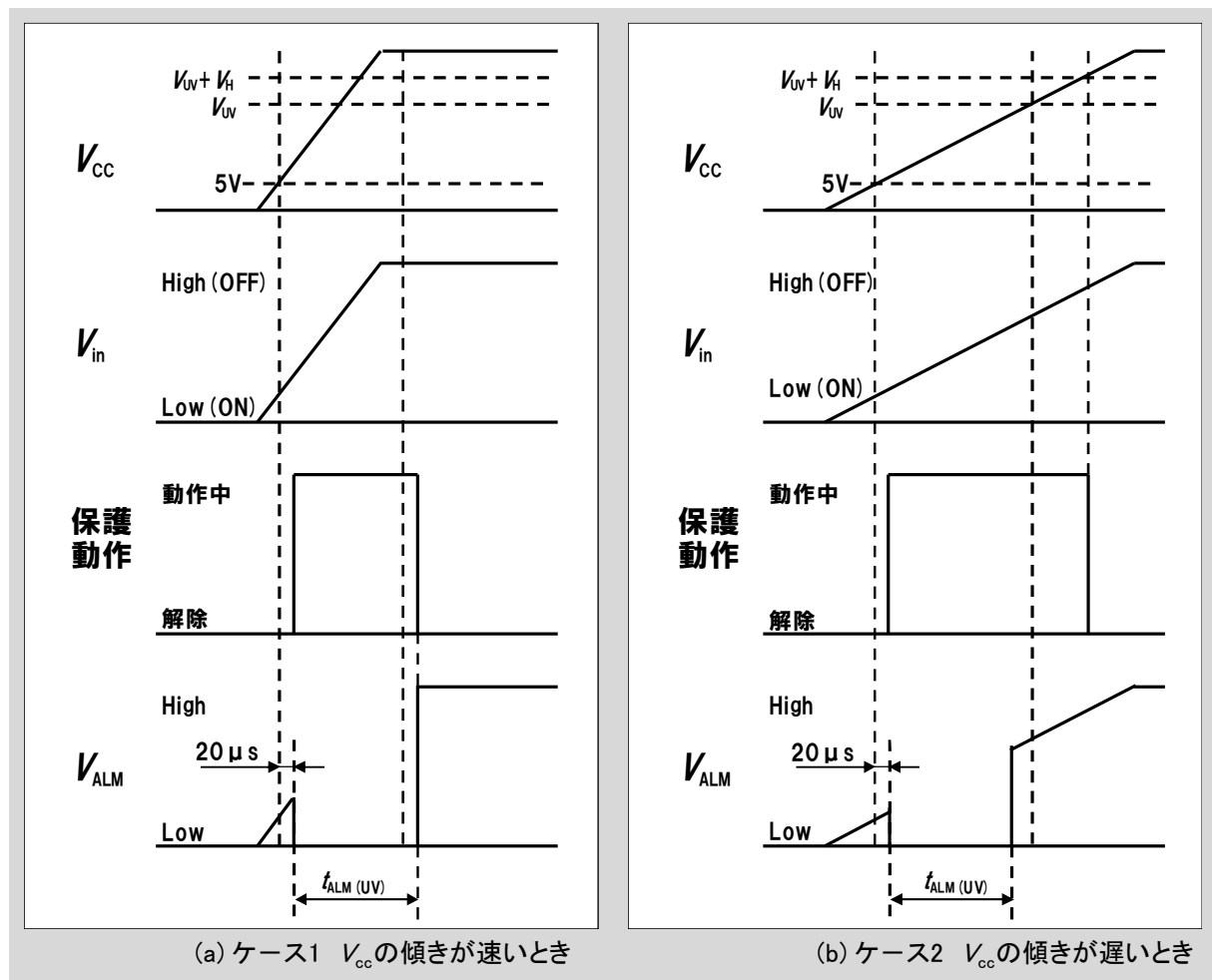


図3-8 電源立ち上げ動作

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver
 V_H : Under Voltage Protection Hysteresis
 $t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

V_{UV} : Under Voltage Protection Level
 V_{in} : Input Signal Voltage

5.2.2 電源立ち下げ時

ケース3 (V_{CC} の傾きが速いとき)、ケース4 (V_{CC} の傾きが遅いとき) 共に V_{CC} が V_{UV} を下回ると、20 μ s 経過後にアラームを出力します。

ケース3の場合は、 $t_{ALM(UV)}$ 経過前に V_{CC} が5Vを下回る為、制御ICが正常動作せず、アラームが解除されます。

ケース4では、 $t_{ALM(UV)}$ 経過後でも V_{CC} が5Vを上回っている為、保護動作は継続しますが、 V_{CC} が5Vを下回った時点で制御ICが正常動作せず、 V_{ALM} は V_{CC} 相当となります。

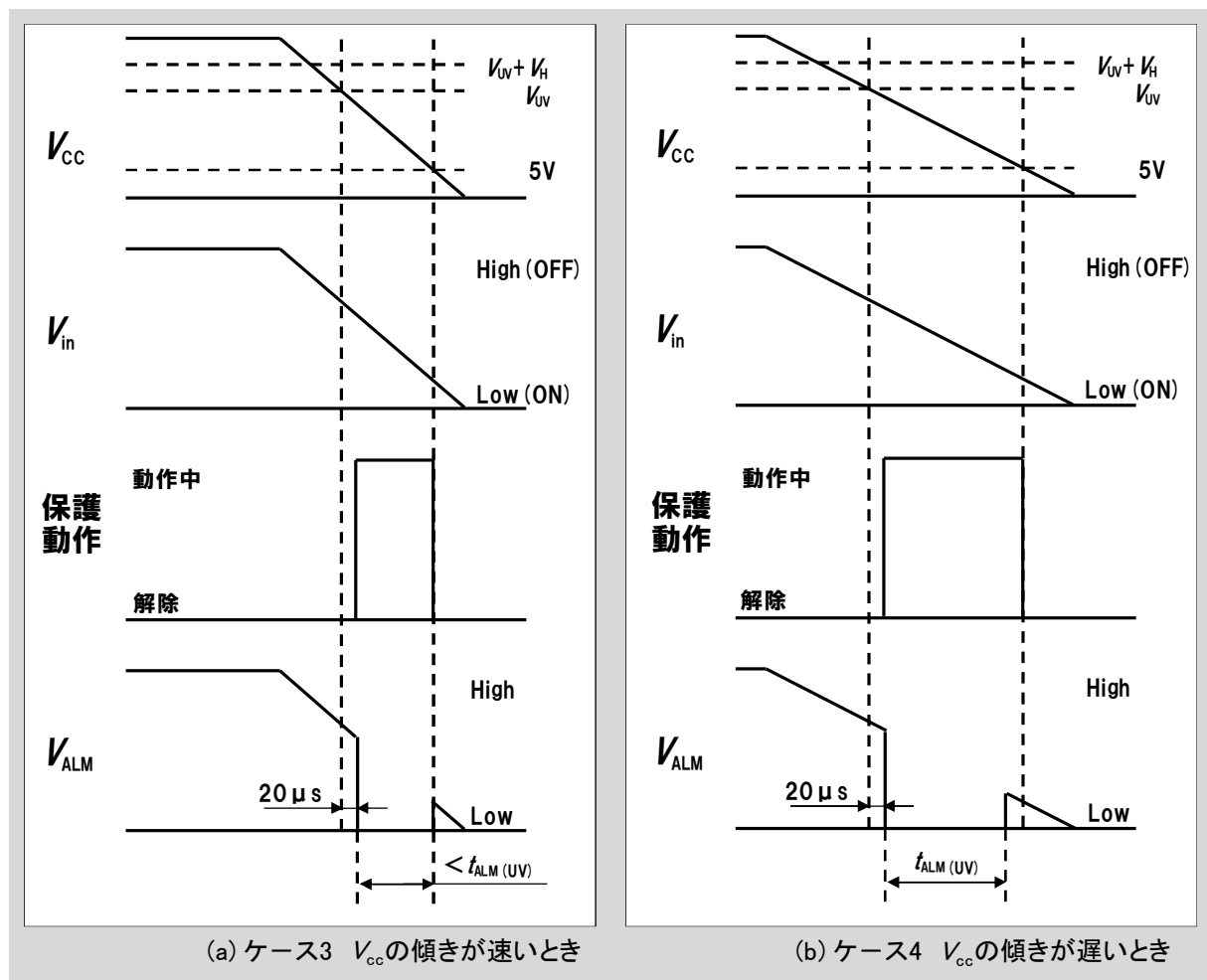


図3-9 電源立ち下げ動作

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver
 V_H : Under Voltage Protection Hysteresis
 V_{ALM} : Alarm Signal Voltage
 $t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

V_{UV} : Under Voltage Protection Level
 V_{in} : Input Signal Voltage

5.3 制御電源電圧低下保護(UV)における下アームの複数回アラーム出力

下アームに複数の独立した制御ICを搭載しているXシリーズIPMにおいては、アラーム出力は下アームの制御ICの共通出力となっております。その為、制御ICの保護動作レベルのばらつきから、アラームの出力が複数回出力される場合があります。特に、 V_{CC} の V_{UV} 付近における dv/dt 変化量が $0.5V/ms$ 以下の場合、図に示すようなアラーム出力が現れる場合があります。(本現象は異常ではありません)

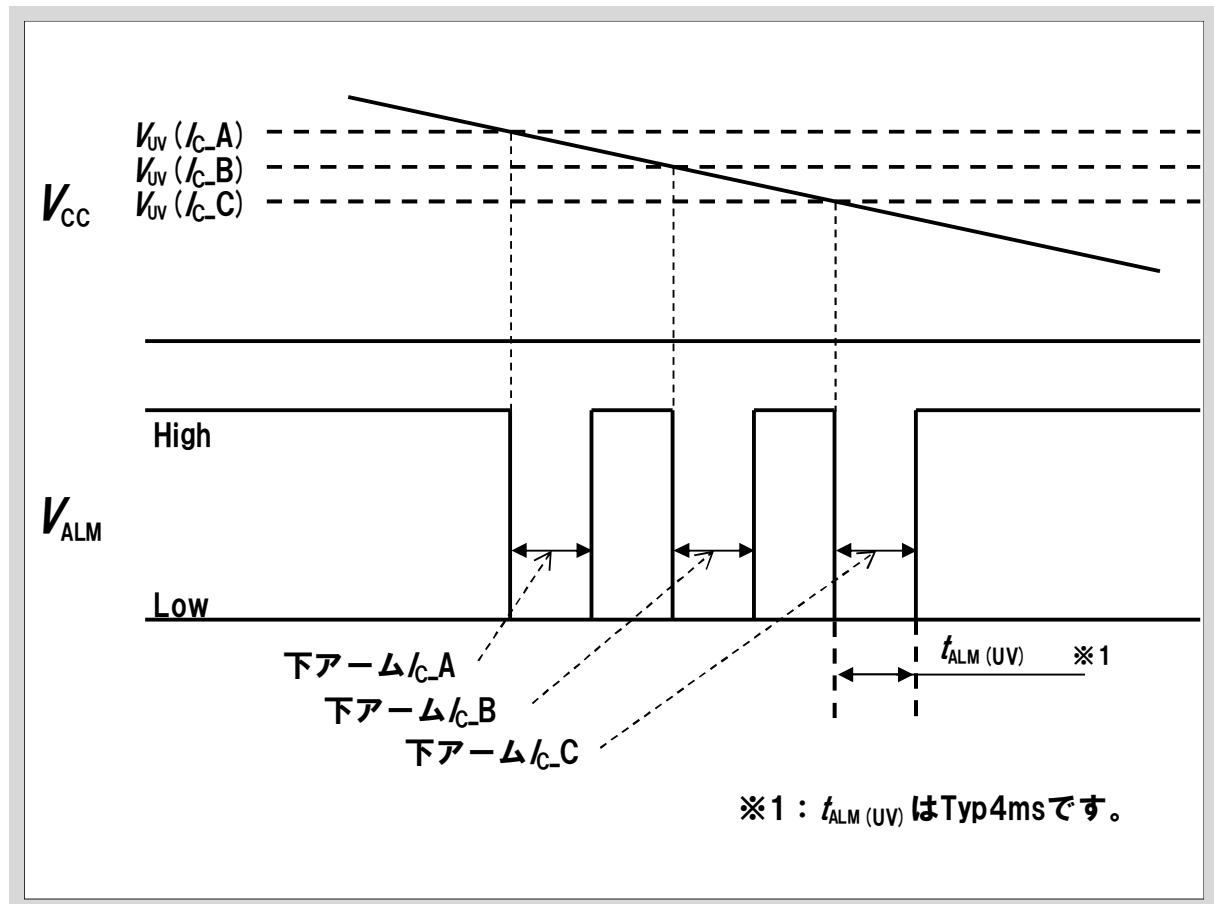


図3-10 下アームのUVアラーム出力

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver
 V_{ALM} : Alarm Signal Voltage
 $t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

V_{UV} : Under Voltage Protection Level

5.4 過電流保護(OC)動作

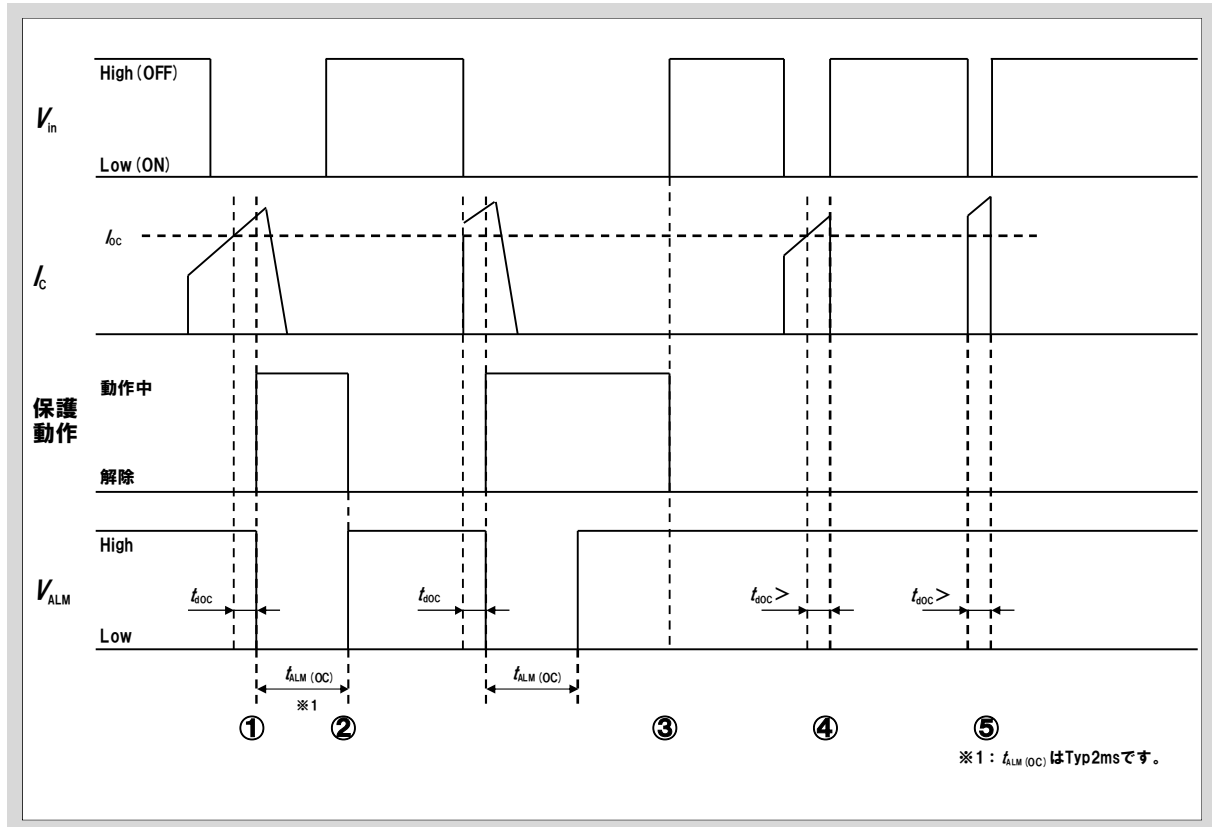


図3-11 OC保護動作

- ・ I_c が I_{OC} を上回ってから t_{dOC} 経過後にアラーム信号を出力し、IGBTをソフト遮断※1します。(①)
- ・ $t_{ALM(OC)}$ 経過前に V_{in} がOFFになっても、 $t_{ALM(OC)}$ 期間中は保護動作を継続し、 $t_{ALM(OC)}$ 経過後に V_{in} がOFFのときは保護動作から復帰します。(②)
- ・ $t_{ALM(OC)}$ 経過時に V_{in} がONの時は、OC保護動作は継続され、 V_{in} がOFF時に復帰します。(③)
- ・ I_c が I_{OC} を上回ってから t_{dOC} 経過前に V_{in} がOFFになると保護動作せず、IGBTは通常遮断※2をします。(④)
- ・ V_{in} がONのタイミングで、 I_c が I_{OC} を上回っていても、 t_{dOC} 経過前に V_{in} がOFFになると保護動作せず、IGBTは通常遮断をします。(⑤)
- ・ なお、保護動作継続期間が $t_{ALM(OC)}$ より十分に長くても、アラーム出力回数は1回のみです。

※1 ソフト遮断: 通常遮断よりもゆっくりとした遮断

※2 通常遮断: V_{in} がOFFによる遮断

V_{in} : Input Signal Voltage

I_c : Collector Current

$t_{ALM(OC)}$: Alarm Signal Hold Time

V_{ALM} : Alarm Signal Voltage

I_{OC} : Over Current Protection Level

t_{dOC} : Over Current Protection Delay time

5.5 短絡保護(SC)動作

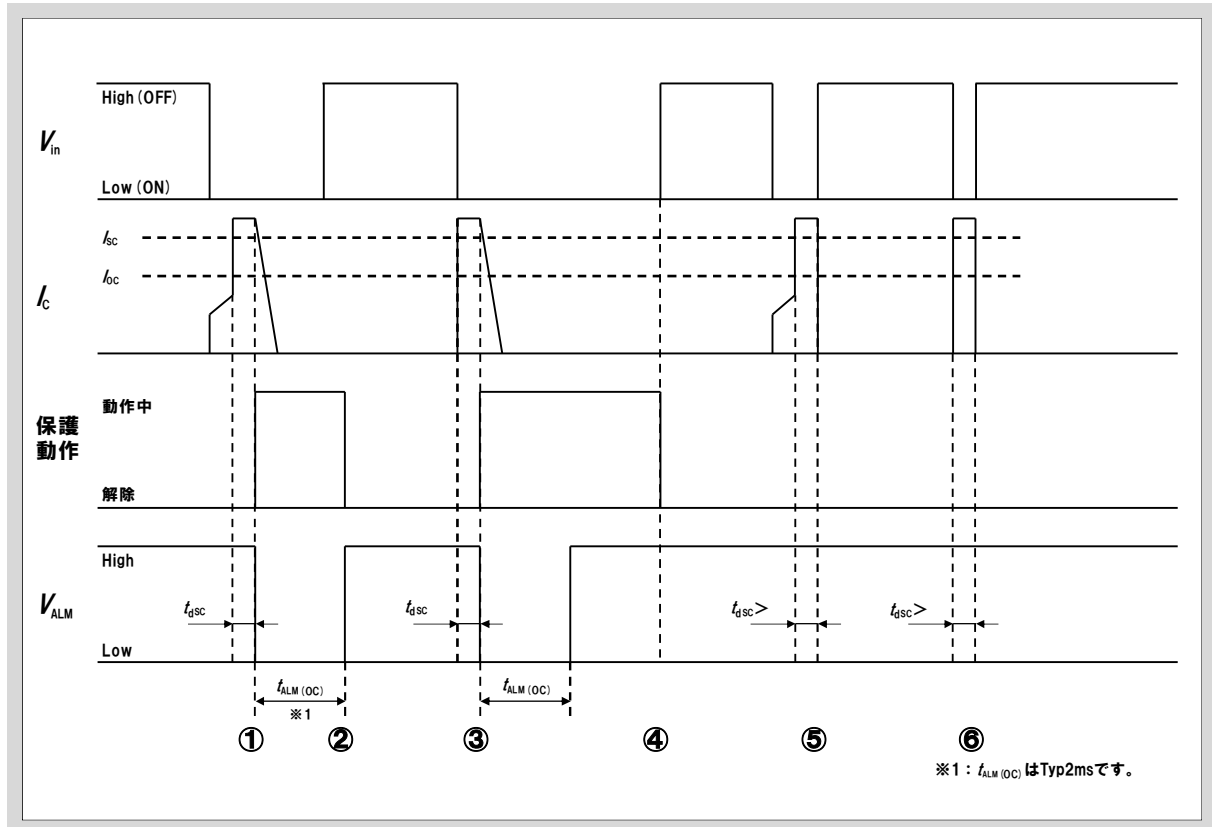


図3-12 SC保護動作

- ・ I_c が流れ始めた後に負荷短絡が発生し、 I_{SC} を超えると同時に I_c ピークを抑制します。
そして、 t_{dSC} 経過後にアラーム信号を出力し、IGBTをソフト遮断※1します。(①)
- ・ $t_{ALM(OC)}$ 経過後に V_{in} がOFFの時は、SC保護動作とアラームは同時に復帰します。(②)
- ・ I_c が流れ始めると同時に負荷短絡が発生し、 I_{SC} を超えると同時に I_c ピークを抑制します。 t_{dSC} 経過後にアラーム信号を出力し、IGBTをソフト遮断します。(③)
- ・ $t_{ALM(OC)}$ 経過後も V_{in} がONの時、SC保護動作は続きます。 V_{in} がOFF信号入力時にSC保護動作は解除されます。なお、 V_{in} がOFFになるまでの保護動作継続期間が、 $t_{ALM(OC)}$ より十分に長くても、アラーム信号出力回数は1回のみです。(④)
- ・ I_c が流れ始めた後に負荷短絡が発生し、 I_{SC} を超えると同時に I_c ピークを抑制します。その後、 t_{dSC} 経過前に V_{in} がOFFになるとSC保護動作せず、IGBTは通常遮断※2をします。(⑤)
- ・ I_c が流れ始めると同時に負荷短絡が発生し、 I_{SC} を超えると同時に I_c ピークを抑制します。その後、 t_{dSC} 経過前に V_{in} がOFFになるとSC保護動作せず、IGBTは通常遮断をします。(⑥)

※1 ソフト遮断: 通常遮断よりもゆっくりとした遮断

※2 通常遮断: V_{in} がOFFによる遮断

V_{in} : Input Signal Voltage

I_c : Collector Current

$t_{ALM(OC)}$: Alarm Signal Hold Time

I_{SC} : SC Trip Level

t_{dSC} : Short Circuit Protection Delay time

5.6 チップ温度過熱保護 (T_{JOH})動作: V_{in} のON/OFF状態が保護動作に影響を与える場合

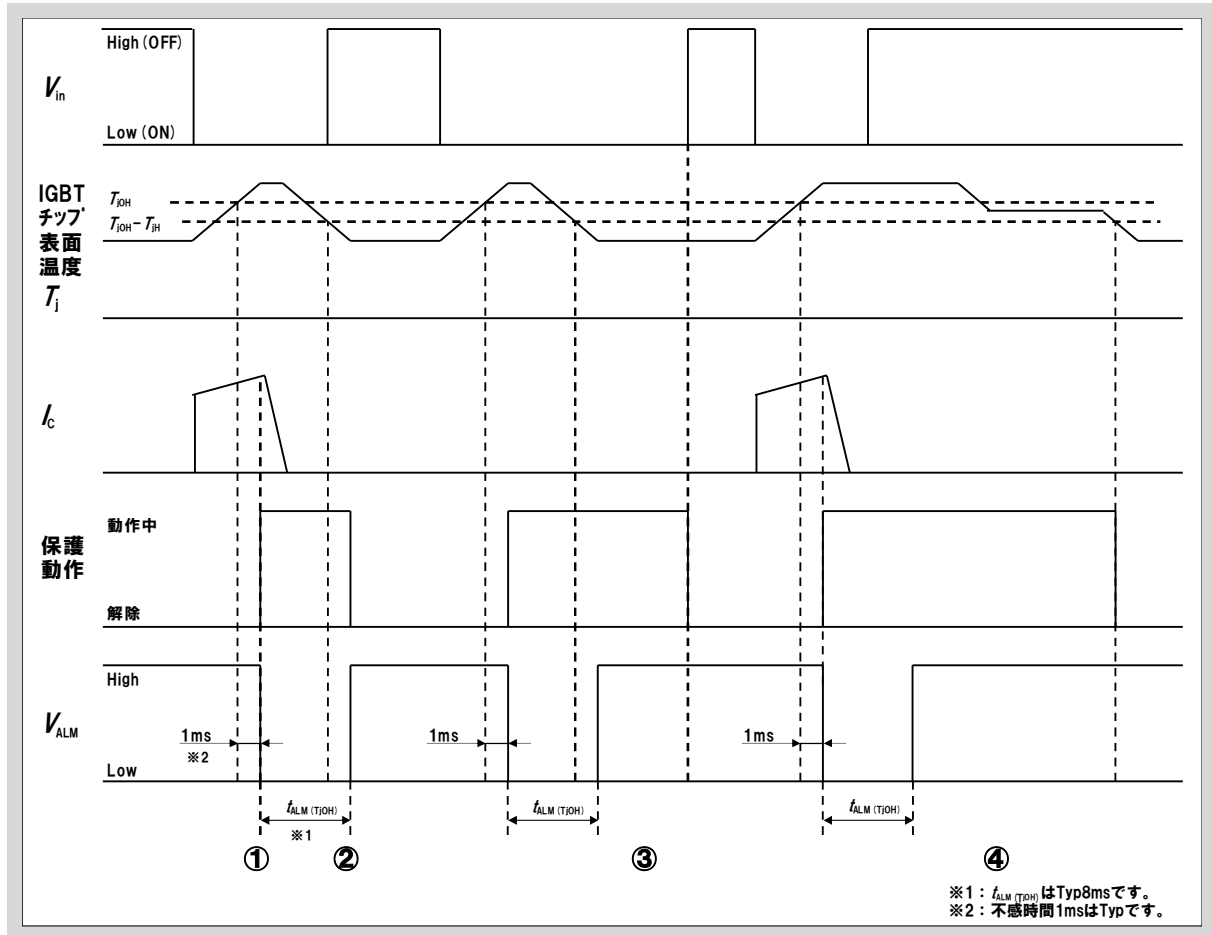


図3-13 T_{JOH} 保護動作(1)

- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} が約1msの期間継続して T_{JOH} を超えるとアラーム信号を出力し、IGBTをソフト遮断※1します。(①)
- ・ $t_{ALM(TJOH)}$ 経過前に $T_{JOH} - T_{jH}$ 以下に下がっても、 $t_{ALM(TJOH)}$ 期間中は保護動作が継続されます。
 $t_{ALM(TJOH)}$ 経過後、 V_{in} がOFFの場合は保護動作から復帰します。(②)
- ・ $t_{ALM(TJOH)}$ 経過後、IGBTチップ表面温度 T_{vj} が $T_{JOH} - T_{jH}$ 以下に下がっても、 V_{in} がONを継続している場合は保護動作から復帰しません。(③)
- ・ $t_{ALM(TJOH)}$ 経過後、 V_{in} がOFFでもIGBTチップ表面温度が $T_{JOH} - T_{jH}$ 以上の場合、保護動作を継続します。
なお、保護動作継続期間が $t_{ALM(TJOH)}$ より十分に長くても、アラーム出力回数は1回のみです。(④)

※1 ソフト遮断: 通常遮断よりもゆっくりとした遮断

V_{in} : Input Signal Voltage

V_{ALM} : Alarm Signal Voltage

$t_{ALM(TJOH)}$: Alarm Signal Hold Time

T_{JOH} : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level

T_{jH} : Over Heating Protection Hysteresis

5.7 チップ温度過熱保護 (T_{JOH})動作: V_{in} のON/OFF状態が保護動作に影響を与えない場合

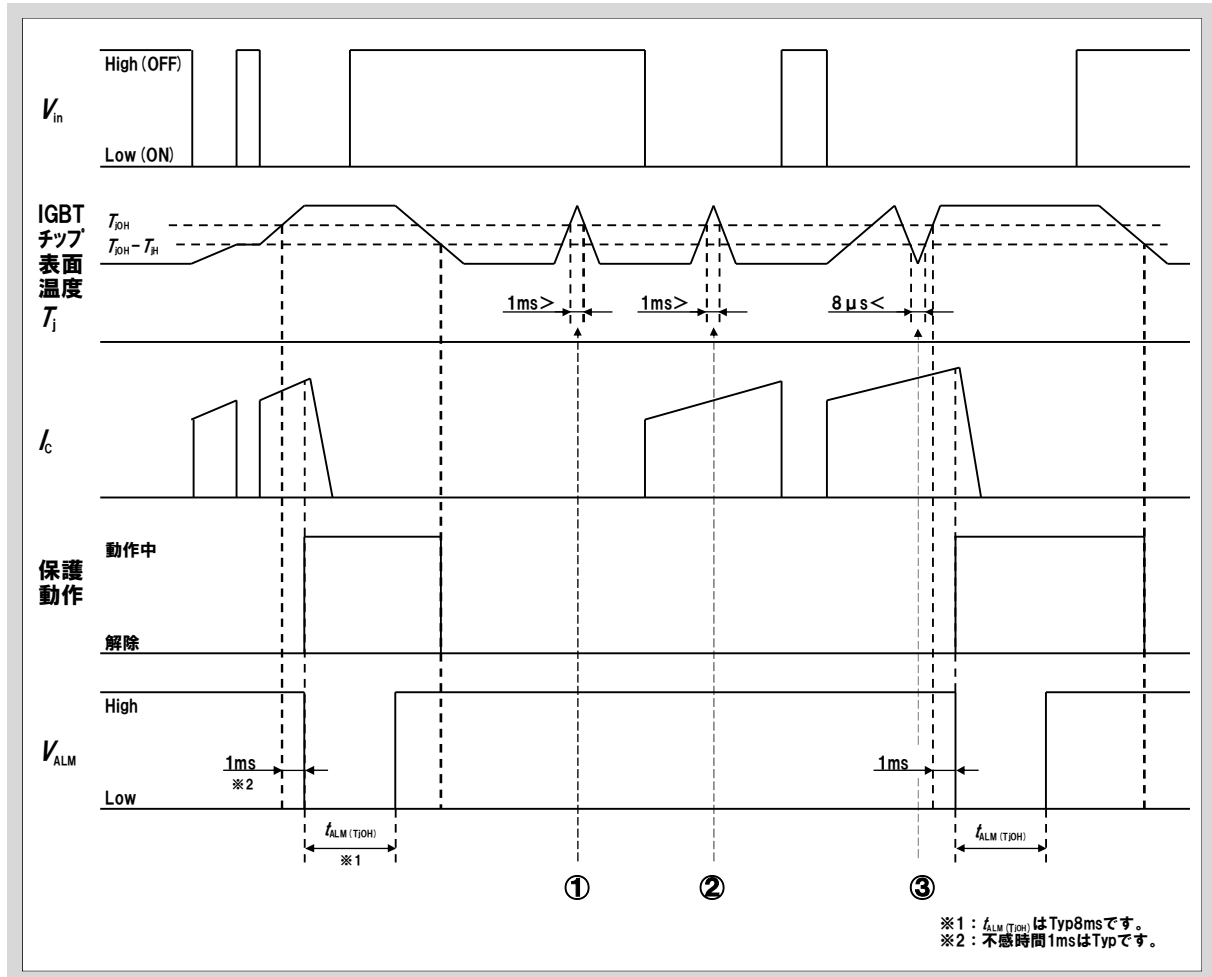


図3-14 T_{JOH} 保護動作(2)

- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} が T_{JOH} を超えて、約1ms以内に T_{JOH} 以下に下がると、 V_{in} のON/OFFに依らず保護動作しません。(①、②)
- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} が T_{JOH} を超えた後、約8 μ s以上の期間 $T_{JOH} - T_{jH}$ 以下になると、約1msの T_{JOH} 検出タイマーはリセットされます。(③)

V_{in} : Input Signal Voltage

V_{ALM} : Alarm Signal Voltage

I_c : Collector Current

$t_{ALM(TJOH)}$: Alarm Signal Hold Time

T_{JOH} : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level

T_{jH} : Over Heating Protection Hysteresis

5.7 チップ温度過熱保護 T_{jOH} 動作中の制御電源電圧低下保護(UV)動作(①～③)

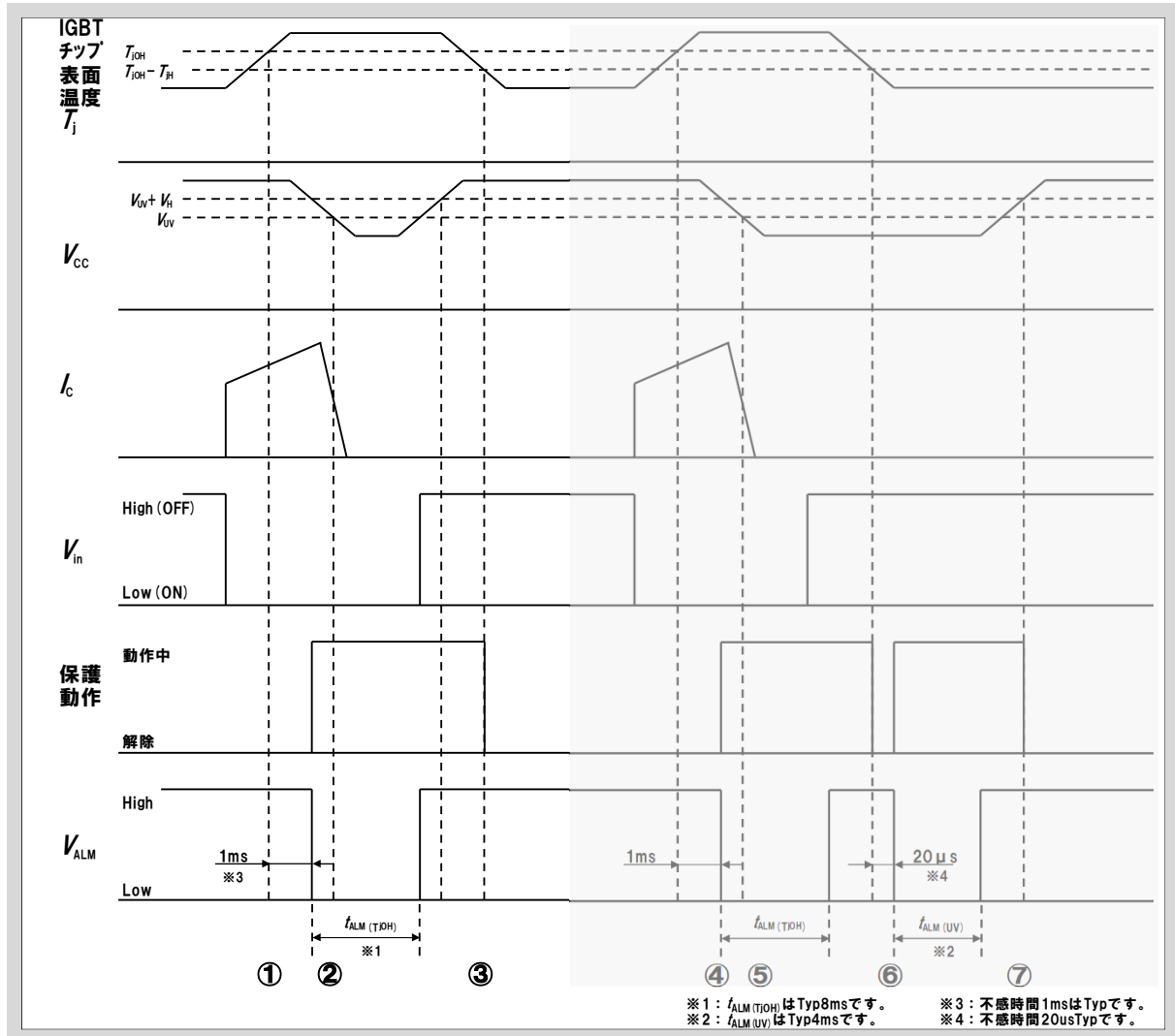


図3-15 T_{jOH} 複合保護動作(①～③)

- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} が約1ms継続して T_{jOH} を超えるとアラーム信号を出力しIGBTをソフト遮断※1します。(①)
 - ・ $t_{ALM}(T_{jOH})$ 経過前に V_{CC} が V_{UV} 以下に下がると $t_{ALM}(T_{jOH})$ の保護動作が継続している為、 V_{UV} によるアラーム出力はキャンセルされます。(②)
 - ・ $t_{ALM}(T_{jOH})$ 経過後、 V_{in} がオフで且つIGBTチップ表面温度 T_{vj} が $T_{jOH} - T_{jH}$ 以下で保護動作から復帰します。(③)
- ※1 ソフト遮断: 通常遮断よりもゆっくりとした遮断

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver

V_{in} : Input Signal Voltage

I_c : Collector Current

$t_{ALM}(T_{jOH})$: Alarm Signal Hold Time

T_{jOH} : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level

T_{jH} : Over Heating Protection Hysteresis

V_{UV} : Under Voltage Protection Level

V_{ALM} : Alarm Signal Voltage

$t_{ALM}(UV)$: Alarm Signal Hold Time

5.8 チップ温度過熱保護 T_{jOH} 動作復帰後の制御電源電圧低下保護(UV)動作(④～⑦)

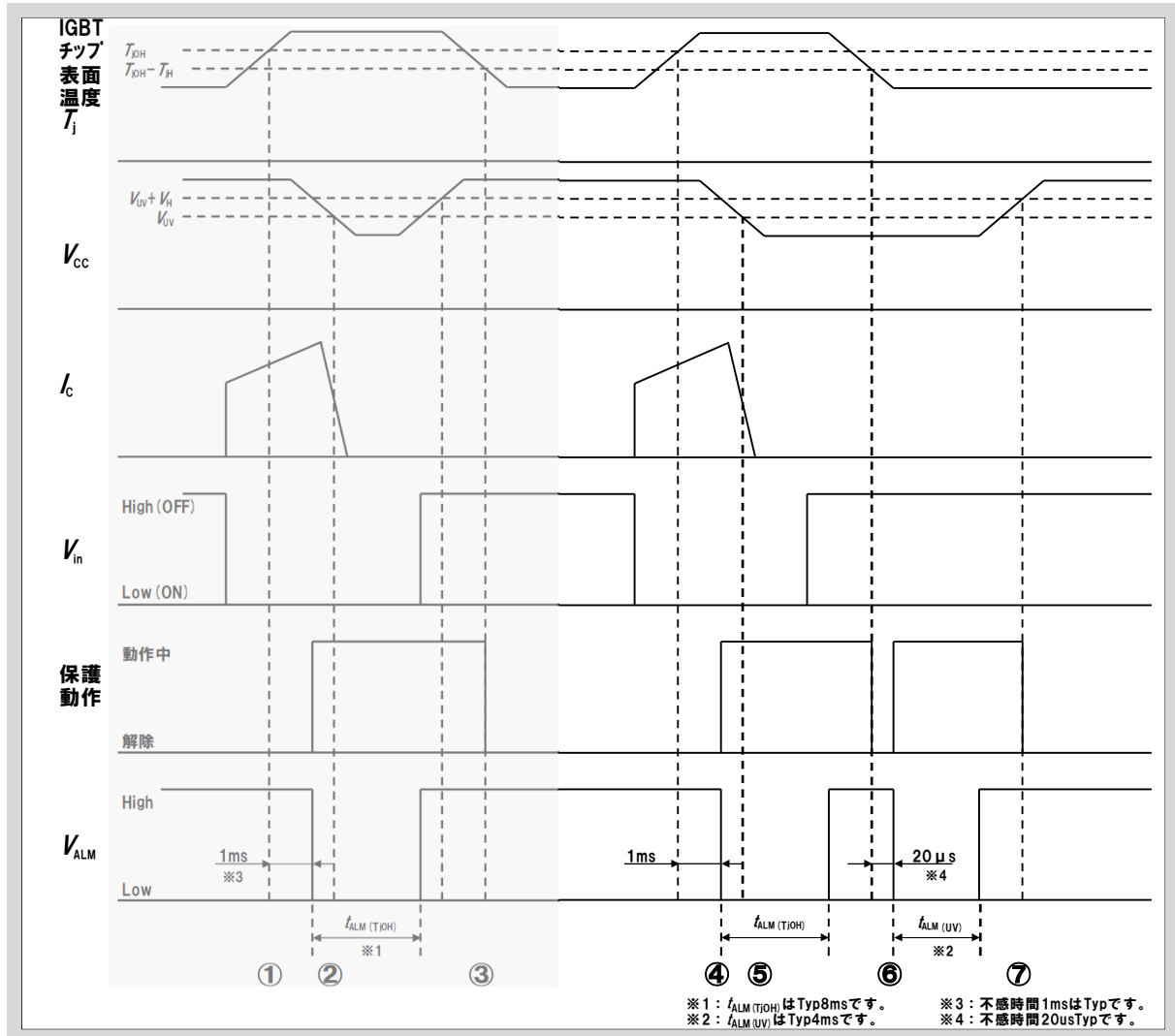


図3-16 T_{jOH} 複合保護動作(④～⑦)

- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} が約1ms継続して T_{jOH} を超えるとアラーム信号を出力しIGBTをソフト遮断※1します。(④)
- ・ 前頁②と同様に $t_{ALM(TjOH)}$ の保護動作中は、 V_{UV} によるアラーム信号出力はキャンセルされます。(⑤)
- ・ $t_{ALM(TjOH)}$ 経過後、 V_{in} がOFFで且つチップ温度 T_{vj} が $T_{jOH} - T_{jH}$ 以下で保護動作から復帰します。この時、 V_{CC} は V_{UV} 以下を保っている為、 T_{jOH} による保護機能から復帰後、約20μs以上継続して V_{UV} 以下の場合は、改めて V_{UV} によるアラーム信号を出力し、保護動作を行います。(⑥)
- ・ $t_{ALM(UV)}$ 経過後、 V_{in} がOFFで且つ V_{CC} が $V_{UV} + V_H$ を上回ると、保護動作から復帰します。(⑦)

※1 ソフト遮断: 通常遮断よりもゆっくりとした遮断

$t_{ALM(TjOH)}$: Alarm Signal Hold Time

$t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

T_{jOH} : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level

T_{jH} : Over Heating Protection Hysteresis

5.9 チップ温度ワーニング動作

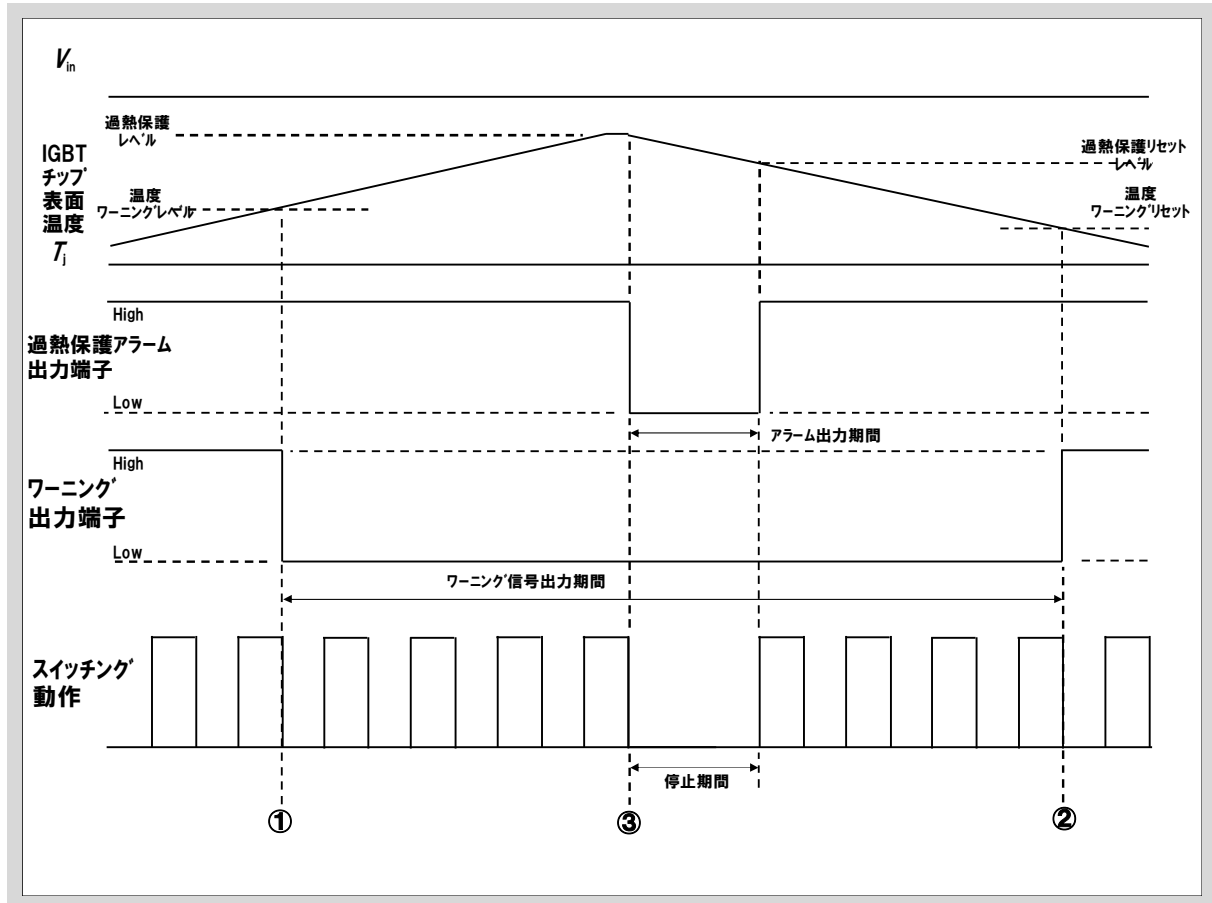
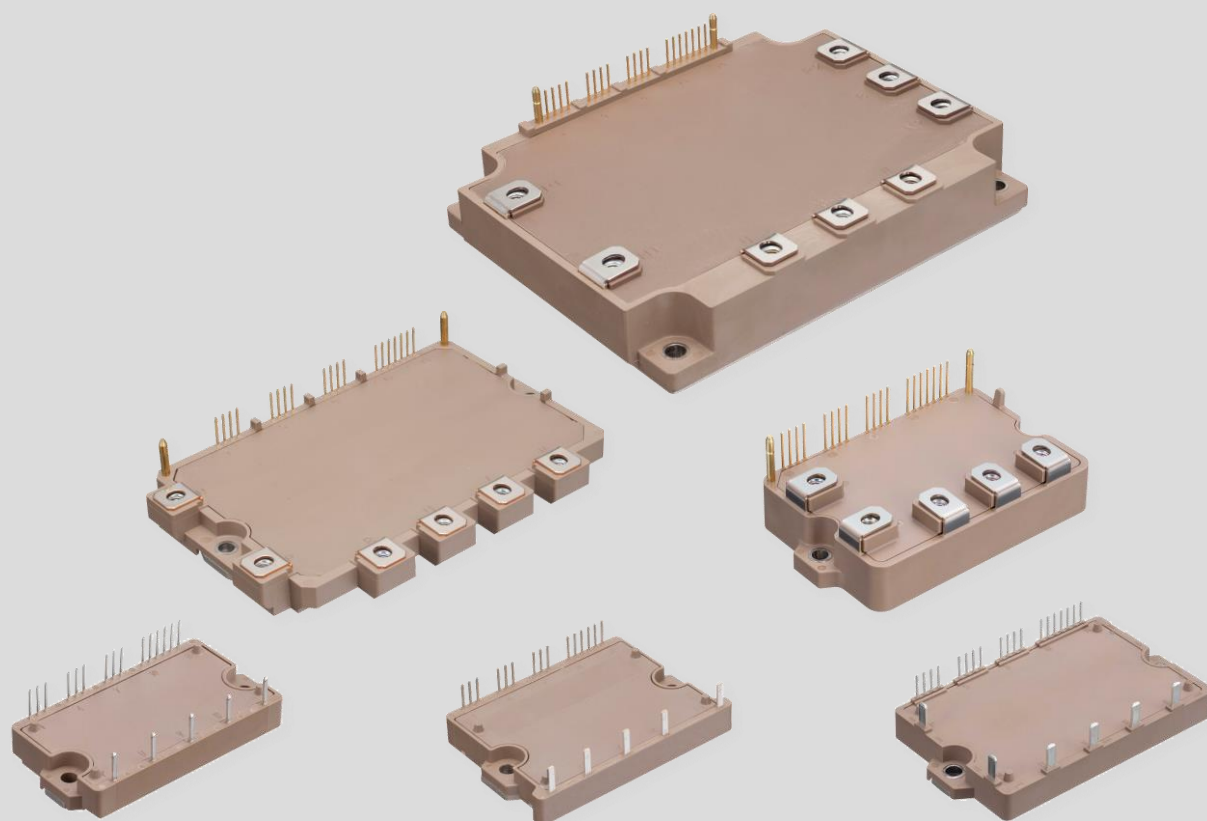


図3-17 チップ温度ワーニング動作

- ・ IGBTチップ過熱保護によるスイッチング動作停止前にチップ温度ワーニングを出力します。
その際、スイッチング動作は継続します。
- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} がチップ温度警報温度 T_{jw} を超えるとワーニング端子電圧が V_{CC} から0Vとなります。
その際、スイッチング動作は継続します。(①)
- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} が温度ワーニングリセットレベルを下回ると、ワーニング端子電圧は0Vから V_{CC} に戻ります。(②)
- ・ 次に、①の状態ですらにIGBTチップ表面温度 T_{vj} が T_{joh} を超えるとアラーム信号を出力し、スイッチング動作は停止します。(③)

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver

T_{joh} : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level



富士 第7世代IGBT-IPM
X シリーズ
第4章 応用回路例



Application Manual

注意

このマニュアルの内容(製品の仕様、特性、データ、材料、構造など)は2020年12月現在のものです。
この内容は製品の仕様変更のため、または他の理由により事前の予告なく変更されることがあります。
このマニュアルに記載されている製品を使用される場合には、その製品の最新版の仕様書を入手して、
データを確認してください。

本資料に記載してある応用例は、富士電機の半導体製品を使用した代表的な応用例を説明するものであり、
本資料によって工業所有権、その他権利の実施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。

 注意

(1) 輸送と保管

段ボール箱の適切な面を上にして運搬してください。そうしないと製品に予期しないストレスがかかり、端子の曲りや樹脂パッケージ内の歪みなど、影響を及ぼす可能性があります。さらに製品を投げたり落下させたりすると、製品に大きなダメージを与える可能性があります。また水に濡れると破壊や故障の原因になりますので、雨や結露には十分な配慮をお願いします。輸送中の温度や湿度などの環境条件は、仕様書に記載してありますので厳守してください。

(2) 組み立て環境

パワーモジュールの素子は静電気放電に対して非常に弱いため、組み立て環境におけるESD 対策を適切に実施してください。特に、制御端子部は、内蔵されている制御ICと内部で接続されているため注意が必要です。

(3) 動作環境

製品を酸や有機物、腐食性ガス（硫化水素、硫酸ガスなど）にさらされる環境で使用了場合、製品性能や外観を十分確保することができません。

第4章 応用回路例

1. 応用回路例	4-2
2. 注意事項	4-6
3. フォトカプラ周辺回路	4-9
4. コネクタ	4-10

本章では、XシリーズIPMの応用回路例について説明します。

1. 応用回路例

図4-1に P629、P639 (6in1パッケージ、下アームのみアラーム出力機能搭載) の応用回路例を示します。

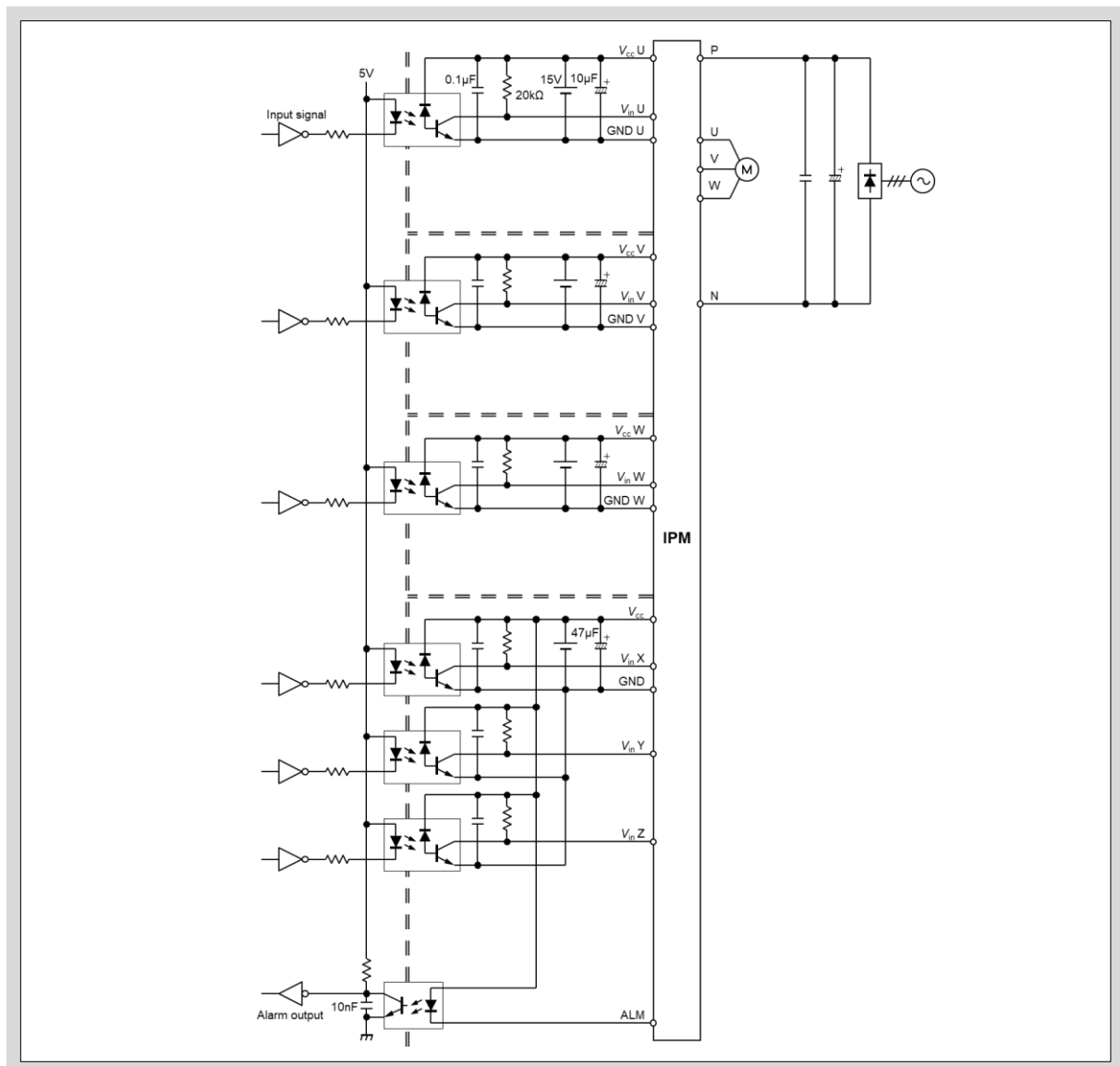


図4-1 P629、P639の応用回路例

図4-2に P626、P636 (6in1パッケージ) の応用回路例を示します。

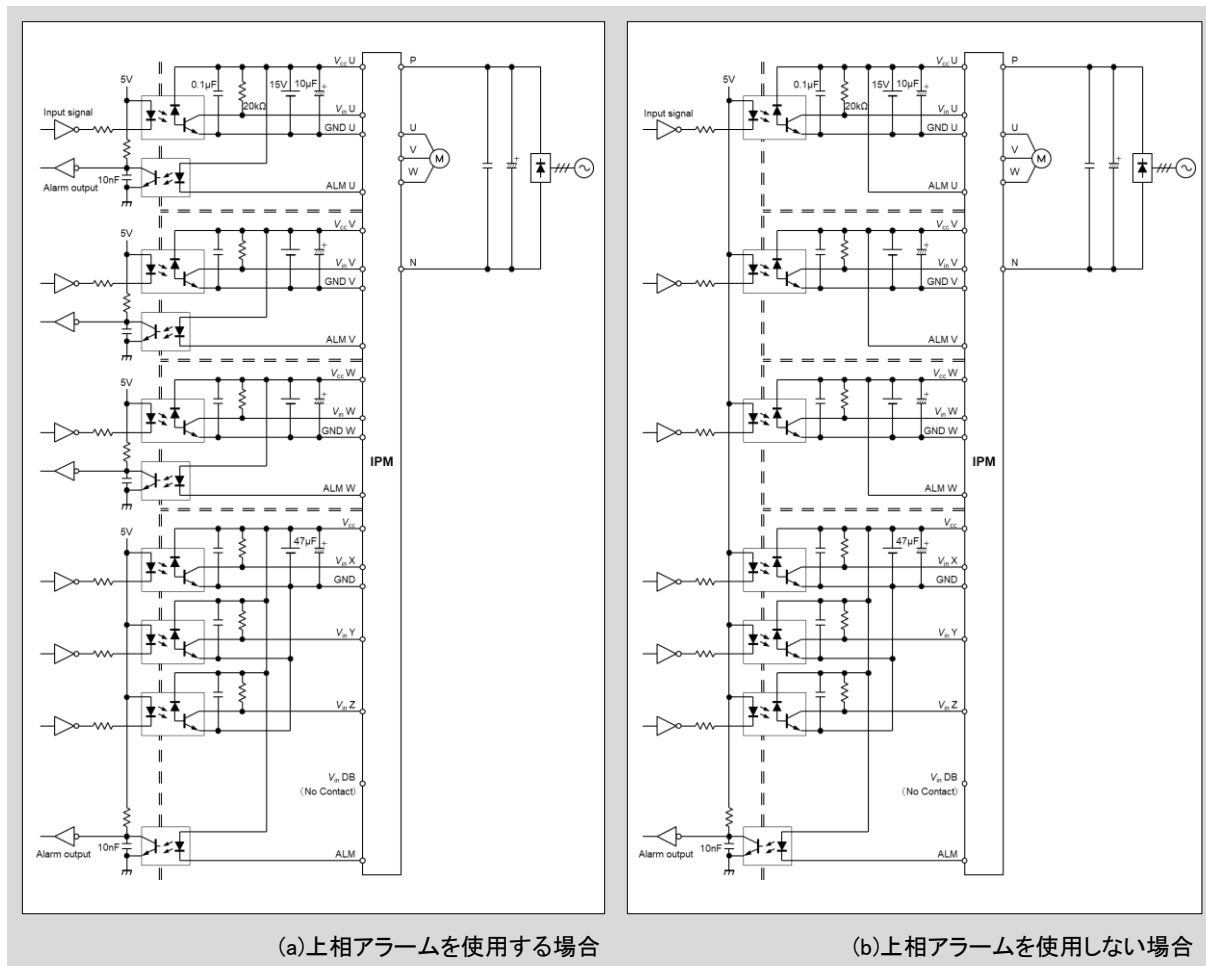


図4-2 P626、P638の応用回路例

図4-3に P626、P630、P631、P636、P638 (6in1パッケージ、温度ワーニング機能内蔵)の応用回路例を示します。

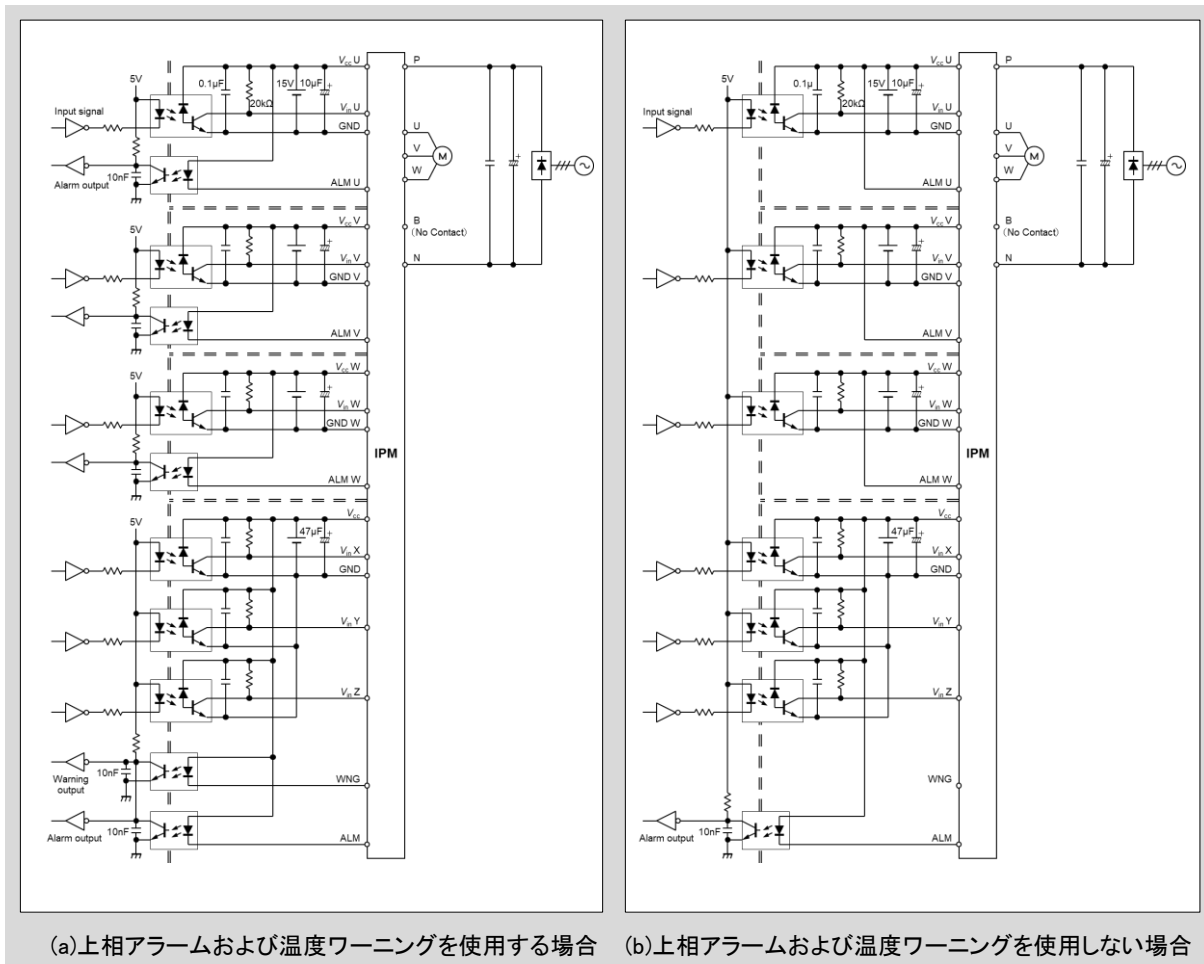


図4-3 P626、P630、P631、P636、P638 (6in1パッケージ、温度ワーニング機能内蔵)の応用回路例

- ・温度ワーニング機能を使用しない場合は、WNG端子をオープンにしてください。
 V_{cc} 端子に接続すると温度ワーニング温度を超えたときに消費電流 I_{cc} が増加します。

図4-4に P630、P631、P636、P644 (7in1パッケージ、ブレーキ機能内蔵)の応用回路例を示します。

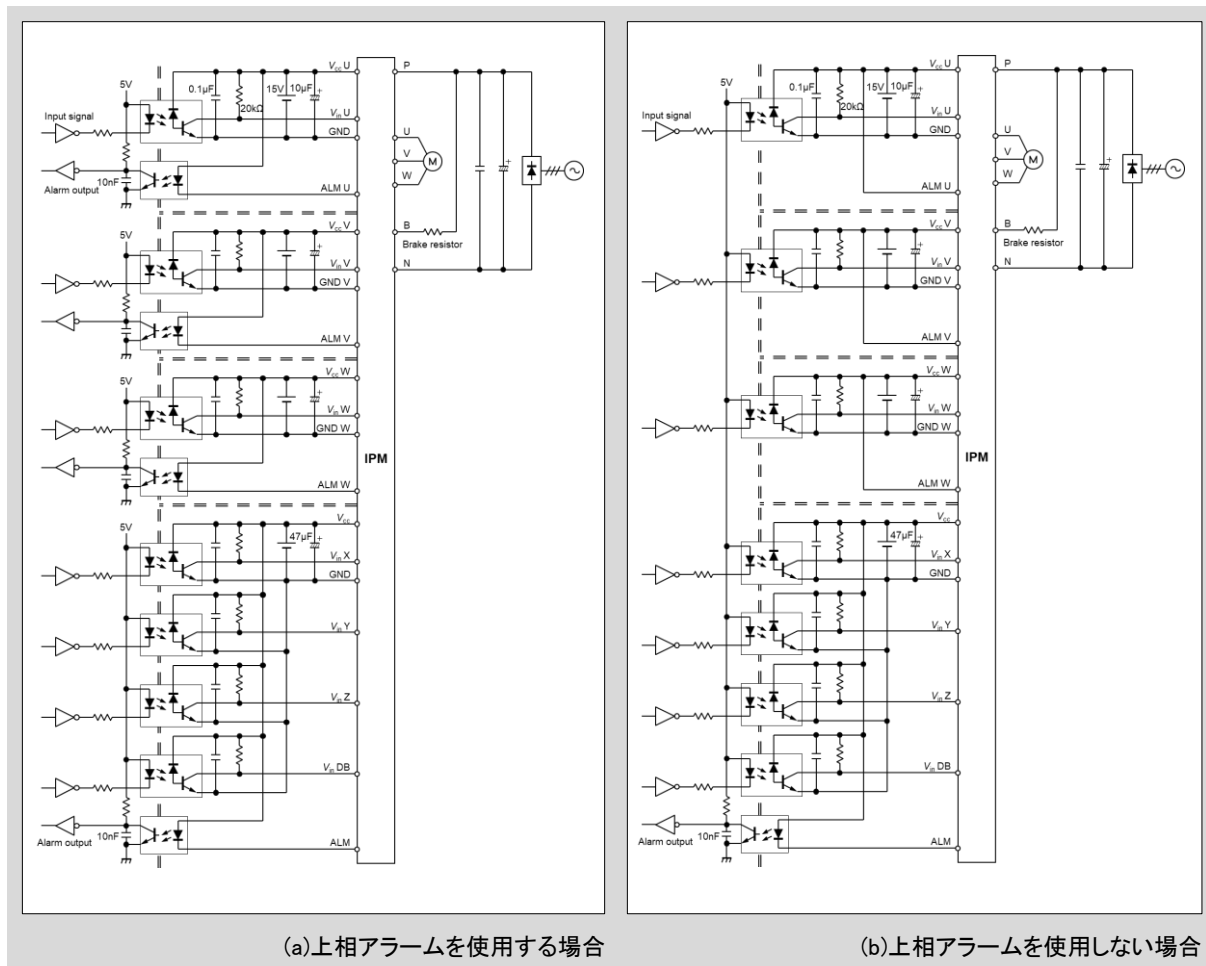


図4-4 P630、P631、P636、P644 (7in1パッケージ)の応用回路例

2. 注意事項

2.1 制御電源

応用回路例に示すように制御電源は上アーム側=3系統、下アーム側=1系統、合計4系統の絶縁電源が必要です。アルミ電解コンデンサ(上アーム:50V/10 μ F、下アーム50V/47 μ F程度)をIPMの制御電源端子 V_{CC} にできるだけ近接して実装してください。尚、本コンデンサは制御電源を平滑化する為のものではなく、IPMまでの配線インピーダンス補正用です。ブートストラップ等の単電源での使用は、制御電圧変動等が予測される為、十分な検討、検証が必要です。

市販の電源ユニットを使用する場合は、電源出力側のGND端子は接続しないでください。

出力側GNDを出力の+または-に接続すると、電源入力側アースで各電源が接続されるため、誤動作の原因となります。また、各電源間とアースとの間のストレーC(浮遊容量)はできるだけ低減してください。

また、瞬時変動が小さく、 I_{CC} を供給・吸収できる能力のものを適用してください。

2.2 4電源間の構造的な絶縁(入力部コネクタ及びプリント板)

絶縁は各々4電源間と主電源間に必要です。

また、この絶縁部にはIGBTスイッチング時の大きな dv/dt が加わりますので、十分な絶縁距離を確保してください。(推奨2mm以上)

2.3 GND接続

制御端子GND Uと主端子U、制御端子GND Vと主端子V、制御端子GND Wと主端子W、制御端子GNDと主端子N(P631の場合はN1、N2)を外部回路で接続しないでください。誤動作の原因になります。

2.4 制御電源コンデンサ

応用回路例に示す各制御電源に接続される10 μ F(47 μ F)及び0.1 μ Fは、制御電源を平滑化するためのコンデンサではなく、IPMまでの配線インピーダンス補正用です。平滑用のコンデンサは他に必要です。

また、10 μ F(47 μ F)及び0.1 μ Fから制御回路までの配線インピーダンスで過渡変動が発生するので、IPM制御端子及びフォトカプラ端子にできるだけ近接して接続してください。

電解コンデンサについても、インピーダンスが低く周波数特性の良い物を選定し、さらにフィルムコンデンサなど周波数特性の良い物を並列に接続してください。

2.5 アラーム回路

IPMIには1.3k Ω のアラーム抵抗が内蔵されているため、外部に抵抗を接続せずにフォトカプラを直接接続することができます。尚、フォトカプラを接続する際、フォトカプラとIPM間の配線をできるだけ短くすると共に、フォトカプラ一次側と二次側の浮遊容量を小さくしたパターンレイアウトとしてください。dv/dtによりアラーム用フォトカプラの二次側電位が振られることがあるため、アラーム用フォトカプラの二次側の出力端子に10nF程度のコンデンサを接続し、電位を安定させることを推奨します。

また、上アームにアラーム出力をもつIPMIにおいて、上アームアラームを使用しない場合は、アラーム端子を V_{CC} にプルアップして電位を安定させてください。

2.6 ワーニング回路（特定型式のみ）

IPMIには1.3k Ω のワーニング抵抗が内蔵されているため、外部に抵抗を接続せずにフォトカプラを直接接続することができます。尚、フォトカプラを接続する際、フォトカプラとIPM間の配線をできるだけ短くすると共に、フォトカプラ一次側と二次側の浮遊容量を小さくしたパターンレイアウトとしてください。

dV/dtによりワーニング用フォトカプラの二次側電位が振られることがあるため、ワーニング用フォトカプラの二次側の出力端子に10nF程度のコンデンサを接続し、電位を安定させることを推奨します。

また、温度ワーニング機能動作時は、 V_{CC}/R_{WNG} による消費電流が増加しますので電源の設計を考慮してください。なお、温度ワーニング機能を使用しない場合は、ワーニング端子をオープンにすることを推奨します。ワーニング端子を V_{CC} にプルアップする場合は、温度ワーニング機能動作時に消費電流が増加しますので電源の設計を考慮してください。また、GNDにプルダウンしないでください。

2.7 信号入力端子のプルアップ

制御信号入力端子は20k Ω の抵抗で V_{CC} にプルアップしてください。また、7in1(ブレーキ内蔵タイプ)のIPMでB相を使用しない場合など、使用しない相の入力端子も20k Ω の抵抗で V_{CC} にプルアップしてください。プルアップしない場合、電源投入時に制御電源電圧低下保護が継続するため、IPMが動作できません。

2.8 使用しない相がある場合の接続

6in1(ブレーキなしタイプ)にて単相で使用する場合や7in1(ブレーキ内蔵タイプ)にてB相を使用しない場合など、使用しない相がある場合、使用しない相にも制御電源を供給し、入力端子、アラーム端子を V_{CC} に接続して電位を安定させてください。ワーニング端子は除きます。(4.2.6参照)

2.9 未接続端子(No Contact端子)の取り扱い

未接続端子(No Contact端子)はIPM内部では接続されていません。絶縁されていますので、電位を安定化させる等、特別な処理は必要ありません。

また、ガイドピンについても、IPM内部では接続されていません。

2.10 スナバ

スナバはPN端子に直接接続し、できるだけ短い配線で接続してください。

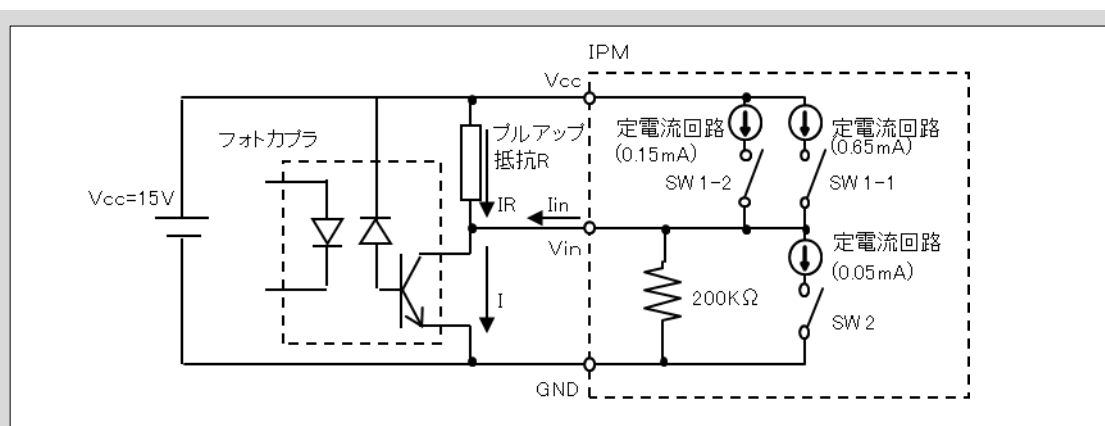
スナバを2箇所接続できるP631パッケージの場合は、P1-N1間、P2-N2間の両側にスナバをつけるとサージ電圧低減に効果的です。P1-N2間、P2-N1間のようにたすき掛けでの接続は誤動作の原因になる可能性があるので行わないでください。

2.11 接地コンデンサ

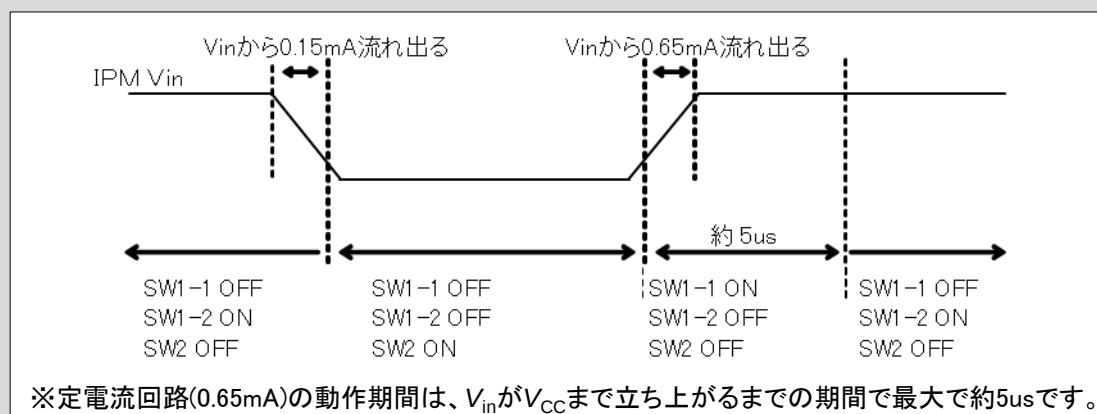
AC入力ラインからのノイズ侵入を防ぐため、AC入力の三相各線ーアース間に接地コンデンサを接続してください。

2.12 IPMの入力回路

IPMの入力回路部には、図4-5(a)に示す定電流回路が設けられており、図4-5(b)に示したタイミングにてIPMの入力端子から $I_{in}=0.15\text{mA}$ または、 $I_{in}=0.65\text{mA}$ の定電流が出力されます。このため、フォトカプラ二次側には、プルアップ抵抗を流れる電流 I_R と定電流 I_{in} を合わせた電流を流せるようにフォトカプラー一次側の I_F を決める必要があります。 I_F が不十分な場合、二次側が誤動作を起こす可能性があります。



(a) IPM入力回路



(b) 定電流動作タイミング

図4-5 IPM入力回路と定電流動作タイミング

3. フォトカプラ周辺回路

3.1 制御入力用フォトカプラ

3.1.1 フォトカプラ定格

フォトカプラは下記の特性を満足するものを使用してください。

- ・ $CMH=CML > 15kV/\mu s$ または $10kV/\mu s$
- ・ $tpHL=tpLH < 0.8\mu s$
- ・ $tpLH-tpHL = -0.4 \sim 0.9\mu s$
- ・ $CTR > 15\%$

例)ブロードコム製: HCPL-4504

東芝製: TLP759(IGM)

東芝製: TLP2958

ルネサスエレクトロニクス製: PS9513

また、UL、VDE等の安全規格にも注意してください。

尚、上記のフォトカプラは推奨であり、当社にて信頼性等の確認を行い保証しているものではありません。

3.1.2 一次側制限抵抗

フォトカプラ一次側の電流制限抵抗は、二次側電流を充分流せるように考慮してください。

フォトカプラのCTRは経年劣化するので、これを考慮した一次側制限抵抗の設計が必要です。

3.1.3 フォトカプラ・IPM間配線

フォトカプラとIPM制御端子間は配線インピーダンスを小さくするために最短で配線し、一次・二次間の浮遊容量が大きくならないよう、各々の配線は近づけないように注意してください。一次・二次間には大きな dv/dt が加わります。

3.2 アラーム出力用フォトカプラ及び温度ワーニング出力用フォトカプラ

3.2.1 フォトカプラ定格

汎用フォトカプラを使用できますが、下記特性のものを推奨します。

- ・ $100\% < \text{CTR} < 300\%$
- ・1素子入りタイプ

例)東芝製:TLP781-1-GRランク、TLP785-1-GRランク

また、UL、VDE等の安全規格にも注意してください。

尚、上記のフォトカプラは推奨であり、当社にて信頼性等の確認を行い保証しているものではありません。

3.2.2 入力電流制限抵抗

フォトカプラ入力側発光ダイオードの電流制限抵抗は、IPMに内蔵されています。 $R_{\text{ALM}}=1.3\text{k}\Omega$ であり、 V_{cc} に直接接続した場合、 $V_{\text{cc}}=15\text{V}$ で $I_{\text{F}}=$ 約10mA流れます。従って、外部への電流制限抵抗の接続は必要ありません。

但し、フォトカプラ出力側で大きな電流 $I_{\text{out}} > 10\text{mA}$ が必要な場合は、フォトカプラのCTR値を必要な値まで大きくしてください。

3.2.3 フォトカプラ・IPM間配線

アラーム出力用フォトカプラ及び温度ワーニング出力用フォトカプラにも大きな dv/dt が加わりますので3.1.3項と同様の注意をお願いします。

4. コネクタ

使用するコネクタの電極表面素材(めっき等)は、IPMの制御端子めっき材と同じものを選定してください。

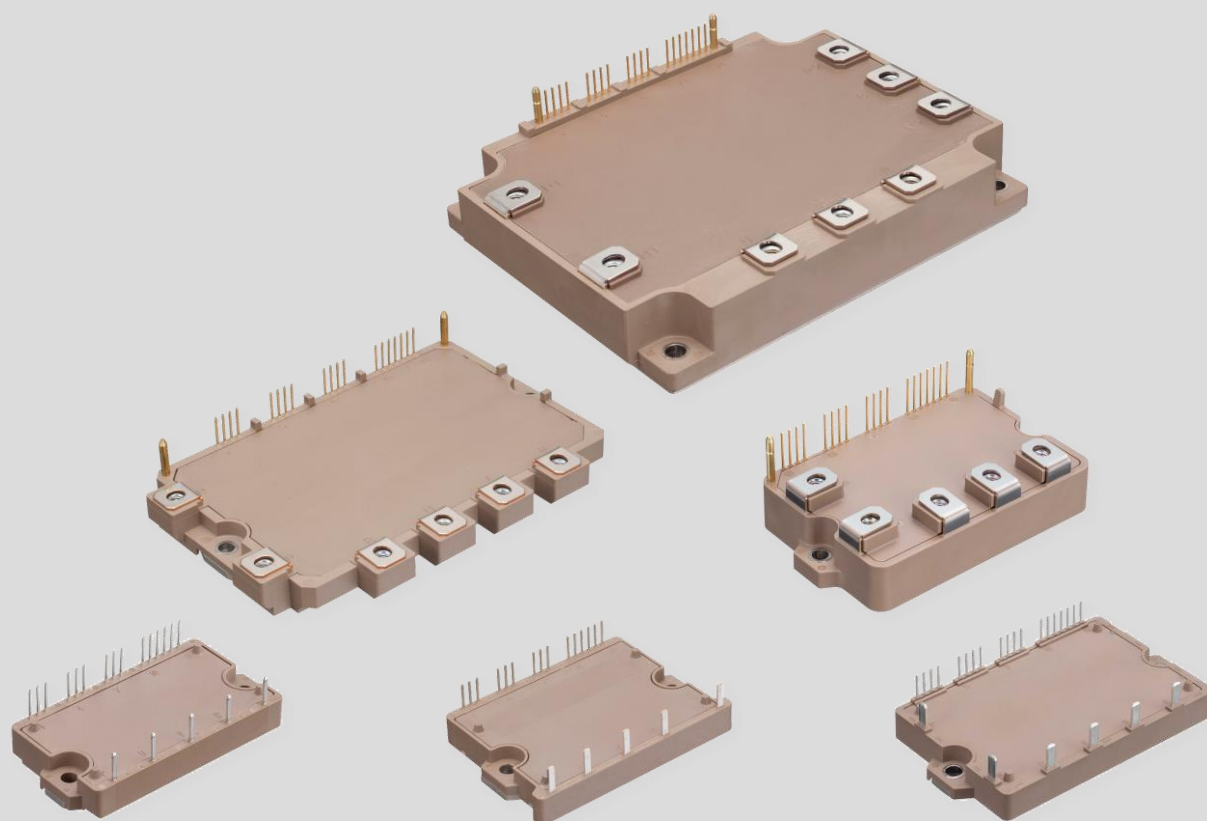
XシリーズIPMの制御端子形状にあったコネクタが市販されております。

P630用:ヒロセ電機製 MA49-19S-2.54DSA、MA49-19S-2.54DSA(01)

P631用:ヒロセ電機製 MDF7-25S-2.54DSA

また、上記のコネクタの信頼性及び使用に関しては、コネクタメーカーへ御確認ください。

尚、上記のコネクタは推奨であり、当社にて信頼性等の確認を行い保証しているものではありません。



富士 第7世代IGBT-IPM
X シリーズ
第5章 放熱設計



Application Manual

注意

このマニュアルの内容(製品の仕様、特性、データ、材料、構造など)は2020年12月現在のものです。
この内容は製品の仕様変更のため、または他の理由により事前の予告なく変更されることがあります。
このマニュアルに記載されている製品を使用される場合には、その製品の最新版の仕様書を入手して、
データを確認してください。

本資料に記載してある応用例は、富士電機の半導体製品を使用した代表的な応用例を説明するものであり、
本資料によって工業所有権、その他権利の実施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。

 注意

(1) 輸送と保管

段ボール箱の適切な面を上にして運搬してください。そうしないと製品に予期しないストレスがかかり、端子の曲りや樹脂パッケージ内の歪みなど、影響を及ぼす可能性があります。さらに製品を投げたり落下させたりすると、製品に大きなダメージを与える可能性があります。また水に濡れると破壊や故障の原因になりますので、雨や結露には十分な配慮をお願いします。輸送中の温度や湿度などの環境条件は、仕様書に記載してありますので厳守してください。

(2) 組み立て環境

パワーモジュールの素子は静電気放電に対して非常に弱いため、組み立て環境におけるESD 対策を適切に実施してください。特に、制御端子部は、内蔵されている制御ICと内部で接続されているため注意が必要です。

(3) 動作環境

製品を酸や有機物、腐食性ガス（硫化水素、硫酸ガスなど）にさらされる環境で使用了場合、製品性能や外観を十分確保することができません。

第5章 放熱設計

1. 冷却体(ヒートシンク)の選定方法	5-2
2. ヒートシンク選定の注意事項	5-2
3. IPMの取り付け方法	5-4

本章では、XシリーズIPMの放熱設計について説明します。

1. 冷却体(ヒートシンク)の選定方法

- ・IGBTを安全に動作させるためには接合温度 T_{vj} が 175°C を超えないようにする必要があります。
 - また、放熱設計のため T_c が 125°C を超えないようにする必要があります。
 - ・定格負荷時はもちろんですが、過負荷時等の異常時にも必ず 175°C 以下になるよう十分に余裕を持った熱設計を実施してください。
 - ・ 175°C 以上の温度で動作させるとチップが熱破壊する危険性があります。
- IPMではIGBTのチップ温度が 175°C を越えると、 T_{joh} 機能が動作しますが、温度上昇が急激な場合、保護できない可能性もあります。
- FWDについてもIGBTと同様に 175°C を超えないように注意してください。
- ・冷却体(ヒートシンク)の選定時には必ずチップ中央直下のケース温度を測定してください。
- チップ配置につきましては、IPMの仕様書を御参照ください。
- また、具体的な設計については、下記資料を参照してください。

「IGBTモジュールアプリケーションマニュアル RH984」

- ・発生損失の求め方
- ・ヒートシンク(冷却体)の選定方法
- ・ヒートシンク(冷却体)への取り付け方法
- ・トラブルシューティング

2. ヒートシンク選定の注意事項

IGBTモジュールアプリケーションマニュアル RH984に選定方法は記載されていますが、下記の点に注意してください。

2.1 ヒートシンクの表面形状

製品を実装するヒートシンクは下記の表面条件を満たすように設計して下さい。粗さや平面度が条件を満たさない場合、接触熱抵抗の増加やパッケージ割れによる絶縁破壊などを起こす可能性があります。

1. ヒートシンクの表面粗さは、 $10\mu\text{m}$ 以下となるようにして下さい。
2. ヒートシンクの表面平面度は、ネジ取付穴の中心点間を結んだ直線を基準面とし、その基準面からのずれの最大値(最小値)が 100mm あたり $+50\mu\text{m}$ ($-50\mu\text{m}$) 以内となるようにして下さい。
ここで凸形状を「+」(プラス)、凹形状を「-」(マイナス)と定義しています。凹凸形状を共に有する場合は、最大値と最小値の絶対値の和が $50\mu\text{m}$ 以下となるようにして下さい。

図5-1にヒートシンクの表面粗さと平面度の定義について記します。

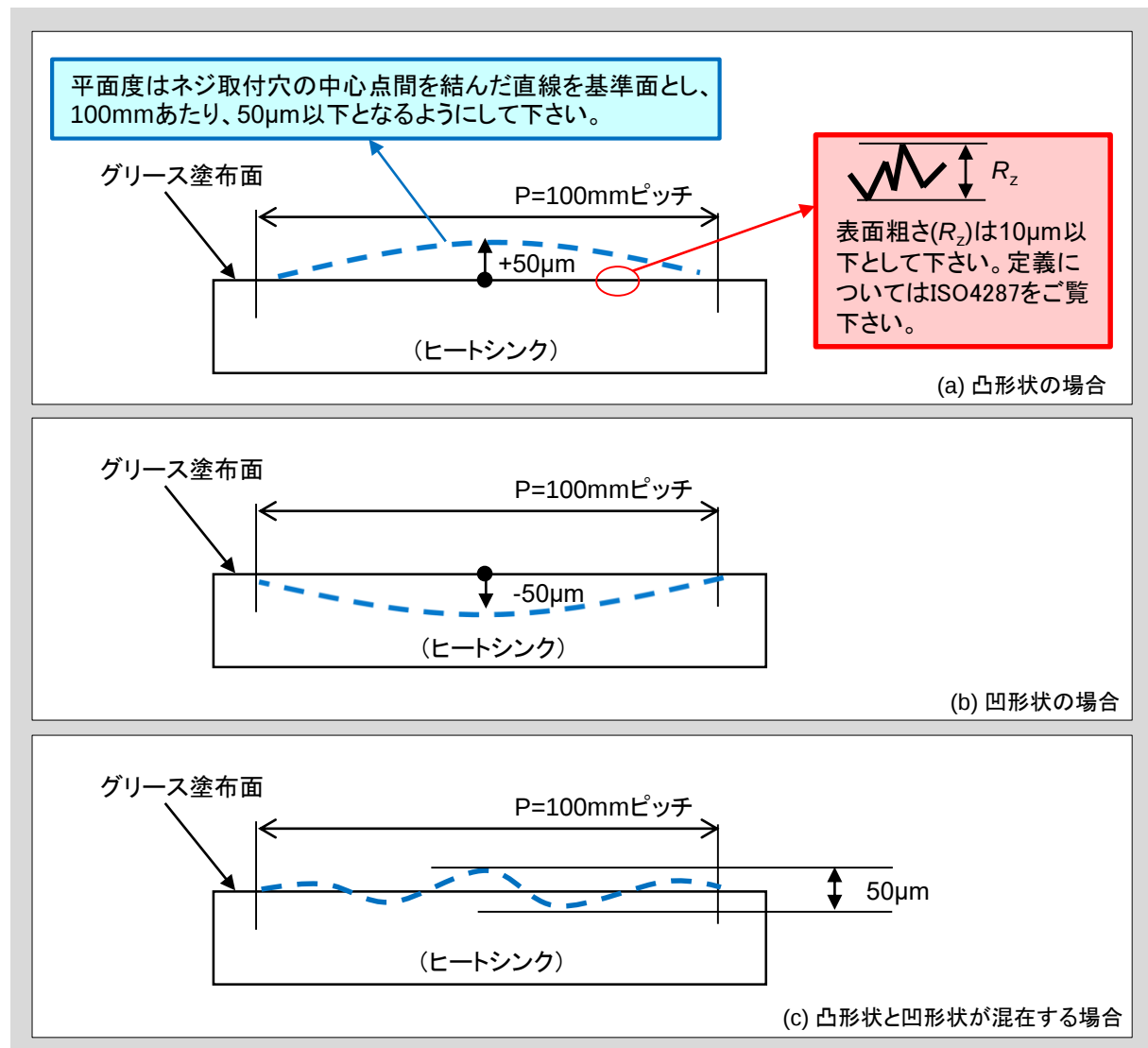


図5-1. ヒートシンクの表面粗さ及び平面度

3. IPMの取り付け方法

3.1 ヒートシンクへの取り付け方法

熱抵抗はIPMがヒートシンクに取り付けられる位置により変化しますので、下記の点に注意してください。

- ・IPM1個をヒートシンクに取り付ける場合、ヒートシンクの中心に取り付けると熱抵抗が最小となります。
- ・1つのヒートシンクに複数のIPMを取り付ける場合は、各IPMが発生する損失やヒートシンク上の熱の拡がり・流れを考慮して、取り付け位置を決定してください。
- IPMの発生損失が大きい場合は、占有面積を大きくしてください。

3.2. サーマルグリースの塗布

製品からヒートシンクへの放熱性を確保するために製品取り付け面とヒートシンクとの間にサーマルグリースを塗布してください。サーマルグリースは製品取り付け面に塗布願います。

サーマルグリースの特性、塗布量、塗布方法が適切でない場合、サーマルグリースが十分に製品全体に拡がらず放熱性が悪化することによる熱破壊や、高温動作時や温度サイクルでのサーマルグリースの劣化や枯渇による製品寿命の低下に繋がる可能性があります。サーマルグリースの選定と塗布方法には十分留意してご使用ください。

サーマルグリースの必要量(重さ)は厚さが均一であると仮定した場合に次式から算出することができます。

$$\text{サーマルグリースの重さ(g)} \times 10^4 = \frac{\text{サーマルグリースの厚さ(\mu m)}}{\text{製品のベース面積(cm}^2\text{)}} \times \text{サーマルグリースの密度(g/cm}^3\text{)}$$

塗布方法は、適切な厚さを管理するためにステンシル工法を推奨します(図5-2)。推奨のステンシルマスクパターンは、お客様のご要望に応じて提供が可能です。

実装した後に素子を取り外すとサーマルグリースの拡がり具合を確認する事ができます。製品取り付け面全体にサーマルグリースが十分に拡がっていることを確認してください。

またサーマルグリースを塗布する際には、製品全面のサーマルグリースの拡がりだけでなく、製品の放熱状態をお客様にてご確認をお願いします。

弊社では、ELECTROLUBE社HTCサーマルグリースを用いて、弊社指定ステンシルマスク、弊社納入仕様書記載の形状のヒートシンクにて、実使用上問題ないと考えられる塗れ拡がりを確認しております。表5-1にHTCサーマルグリースの代表特性を示します。

また、フェイズチェンジサーマルインターフェイスマテリアル、サーマルシートの使用については、下記の様に製品に過大なストレスが発生する可能性があります。

・フェイズチェンジサーマルインターフェイスマテリアル:

グリース固化時は通常のサーマルグリースに対して大幅に硬さが増加します。締結点間にグリースによる段差があると、製品締結時に当該段差部で製品に過大なストレスが発生する可能性があります。締結時の製品ストレスを軽減する為、締結トルクを段階的に増す、加温しグリースを軟化させた状態で締結する等、対策をご検討ください。またグリースが軟化し拡がった後は締付トルクが低下する可能性がある為、規定トルクの範囲内での増し締めや、スプリングワッシャーを使用する等、対策をご検討ください。

・サーマルシート：

締結点間にシートによる段差があると、製品締結時に当該段差部で製品に過大なストレスが発生する可能性があります。ヒートシンク締結ネジ穴部周囲を含む、製品裏面全体にシートを配置することをご検討ください。

上記の説明は基本的なサーマルグリースについての考え方を示しておりますが、お客様にてご使用の際には、十分な適用検証を実施し、お客様の責任において適用をお願いします。

表5-1. HTCサーマルグリースの代表特性と推奨厚さ

	単位	数値
粘度 (23°C, 1RPM)	Pa・s	202 ~ 205 *
熱伝導率	W/m・K	0.9 *
塗れ拡がり後の平均厚さ	μm	100 +/- 30

* HTC技術データシートより抜粋

表5-2 IPMの裏面ベース面積

パッケージ	裏面ベース面積 (cm ²)
P639	14.74
P629	21.71
P626, P644	22.77
P636, P638	41.17
P630	55.67
P631	141.24



1. 常温のサーマルグリースを使用します



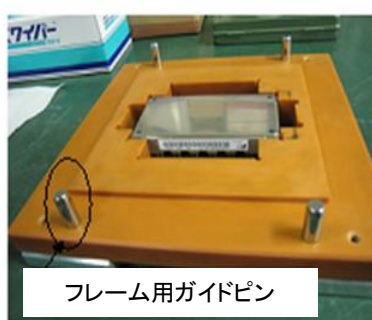
2. IPMの重量を量ります



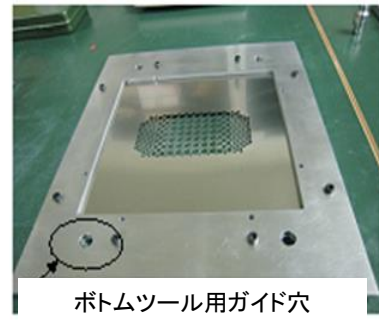
3. 表示を0にセットします



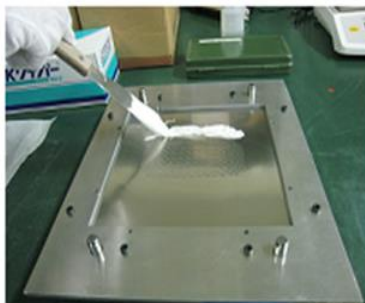
4. ボトムツールを用意します



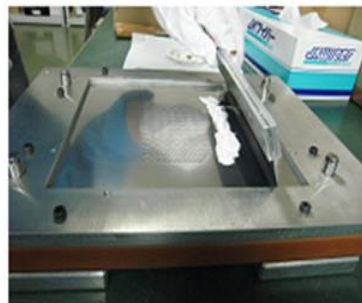
5. ボトムツールにIPMを取り付けます



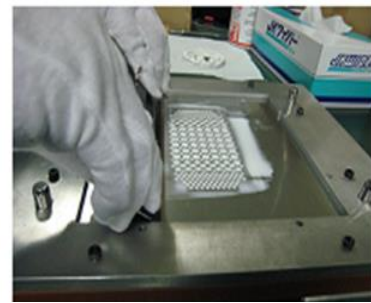
6. ステンシルマスクとフレームを用意します



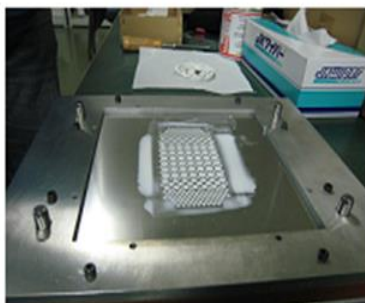
7. サーマルグリースをのせます



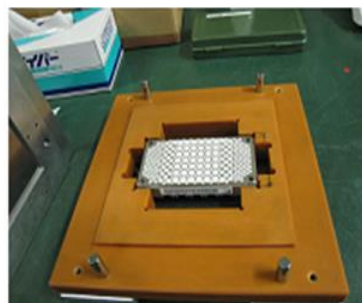
8. スクイージーでサーマルグリースを均等に塗ります(塗布前)



9. スクイージーでサーマルグリースを均等に塗ります(塗布後)



10. 塗布後の状態です



11. ステンシルマスクをとります



12. サーマルグリースの重量を確認します

図5-2 サーマルグリース塗布方法例の概略

3.3 締め付け方法

IPM取り付け時のネジの締め付け方を図5-3に示します。なお、ネジは規程の締め付けトルクで締め付けるようにして下さい。また、ネジを使用する際にはスプリングワッシャーを使用することを推奨します。

規程トルクは仕様書中に記載されておりますので別途参照してください。このトルクが不足すると、接触熱抵抗が大きくなることや、動作中に緩みが生じる恐れがあります。逆にトルクが過大の場合にはケースの破損等の恐れがあります。

3.4 IPMの取り付け方向

押し出し成型によって作られたヒートシンクにIPMを取り付ける場合、図5-3に示すように、ヒートシンクの押し出し方向と平行に、IPMを取り付けるよう推奨します。これはヒートシンクが変形する影響を少なくするためです。

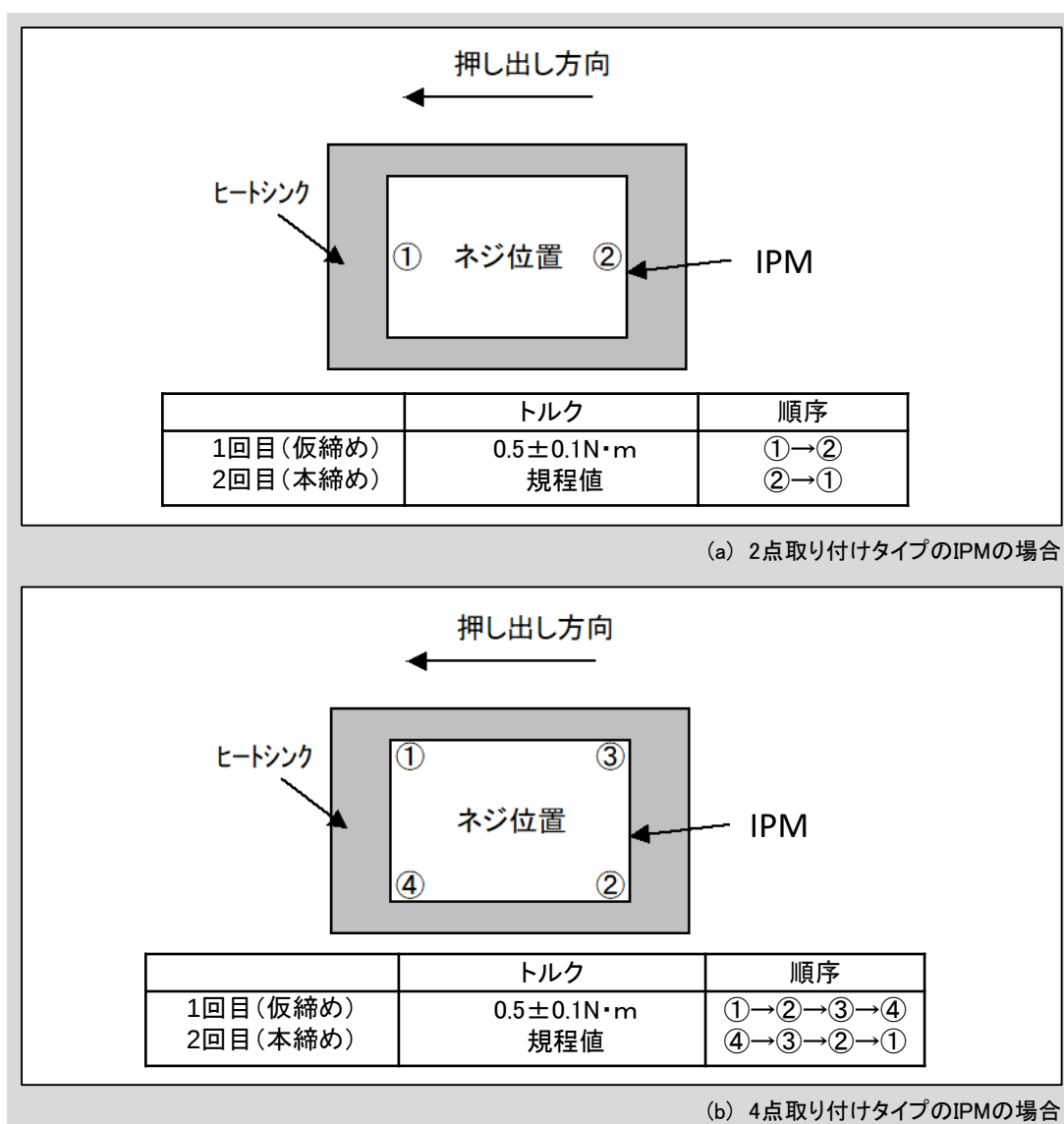


図5-3 IPMの取り付け方法

3.5 チップ温度の検証

ヒートシンクを選定し、IPMの取り付け位置を決めた後、 T_c (チップ直下)と T_f (チップ直下)の温度を測定し、チップ接合温度(T_{vj})を確認してください。

ケース温度(T_c)の正確な測定方法例を図5-4に示します。仕様書記載のチップ座標を参照頂き、チップ直下のケース温度を測定してください。

ケース温度が125℃以下であることに加え、チップ[°]が175℃以下であり、装置想定寿命を考慮した放熱設計であるか検証実施してください。

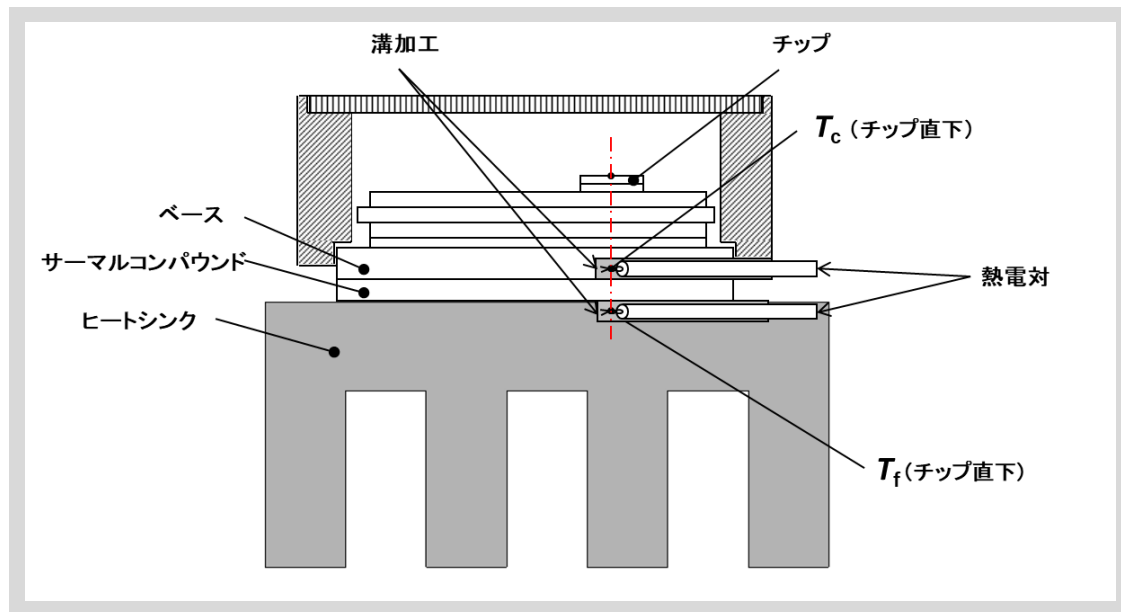
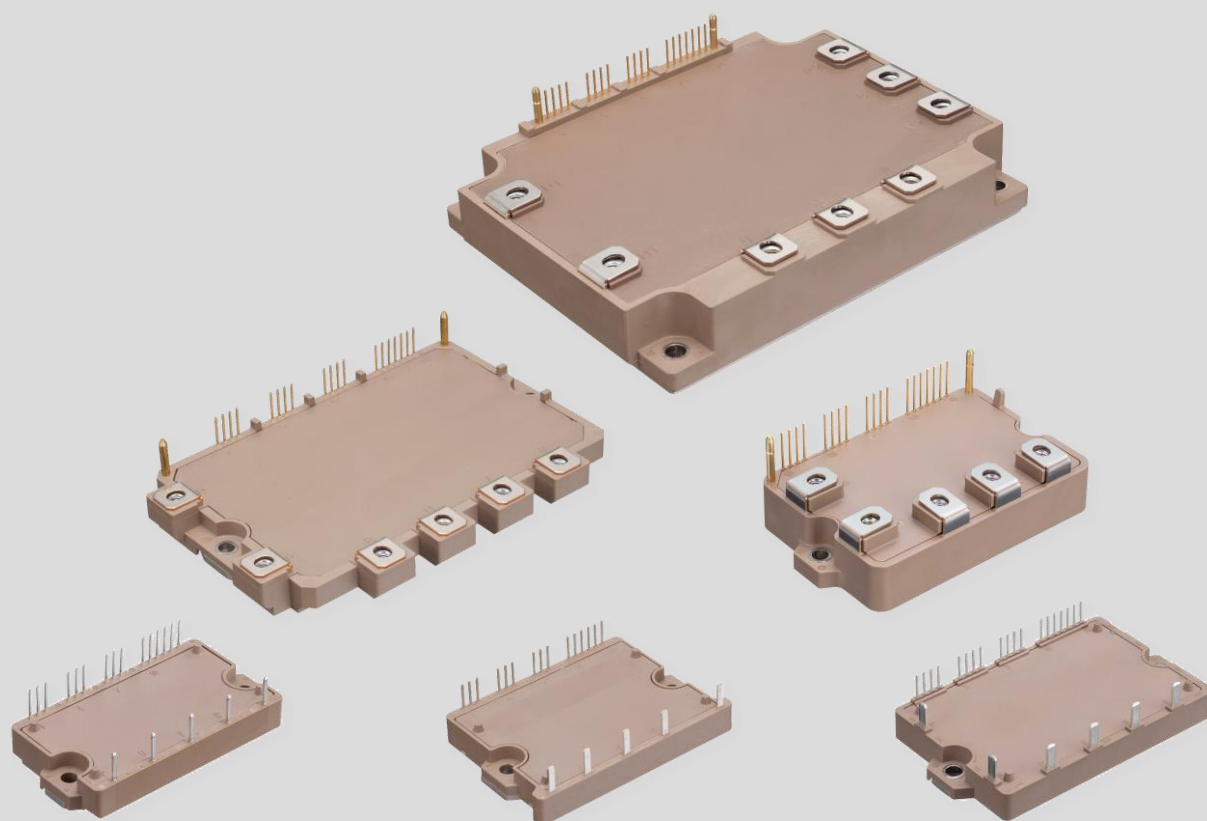


図5-4 ケース温度の測定



富士 第7世代IGBT-IPM
X シリーズ
第6章 使用上の注意



Application Manual

注意

このマニュアルの内容(製品の仕様、特性、データ、材料、構造など)は2020年12月現在のものです。
この内容は製品の仕様変更のため、または他の理由により事前の予告なく変更されることがあります。
このマニュアルに記載されている製品を使用される場合には、その製品の最新版の仕様書を入手して、
データを確認してください。

本資料に記載してある応用例は、富士電機の半導体製品を使用した代表的な応用例を説明するものであり、
本資料によって工業所有権、その他権利の実施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。

 注意

(1) 輸送と保管

段ボール箱の適切な面を上にして運搬してください。そうしないと製品に予期しないストレスがかかり、端子の曲りや樹脂パッケージ内の歪みなど、影響を及ぼす可能性があります。さらに製品を投げたり落下させたりすると、製品に大きなダメージを与える可能性があります。また水に濡れると破壊や故障の原因になりますので、雨や結露には十分な配慮をお願いします。輸送中の温度や湿度などの環境条件は、仕様書に記載してありますので厳守してください。

(2) 組み立て環境

パワーモジュールの素子は静電気放電に対して非常に弱いため、組み立て環境におけるESD 対策を適切に実施してください。特に、制御端子部は、内蔵されている制御ICと内部で接続されているため注意が必要です。

(3) 動作環境

製品を酸や有機物、腐食性ガス（硫化水素、硫酸ガスなど）にさらされる環境で使用了場合、製品性能や外観を十分確保することができません。

第6章 使用上の注意

1. 主電源	6-2
2. 制御電源	6-3
3. 保護機能	6-5
4. パワーサイクル寿命	6-7
5. その他	6-7

本章では、XシリーズIPMの使用上の注意について説明します。

1. 主電源

1.1 電圧範囲

- ・主電源は、全てのコレクタ・エミッタ主端子間(= V_{CES})において、絶対最大定格電圧（650V系 = 650V, 1200V系 = 1200V）を超えないようにしてください。
- ・スイッチング時の最大サージ電圧が全ての端子間にて、定格電圧を超えないように、IPMと装置の結線を短くし、P, N端子直近にスナバコンデンサを接続してください。全ての端子間とは、表6-1に記載されている端子間を示します。

表6-1 各パッケージの端子間

パッケージ	端子間
P639, P629, P626, P630(6in1), P636(6in1), P638	[P-(U,V,W), (U,V,W)-N]
P630(7in1), P636(7in1), P644	[P-(U,V,W,B), (U,V,W,B)-N]
P631(6in1)	[P1-(U,V,W), P2-(U,V,W), (U,V,W)-N1, (U,V,W)-N2]
P631(7in1)	[P1-(U,V,W,B), P2-(U,V,W,B), (U,V,W,B)-N1, (U,V,W,B)-N2]

- ・P631の場合、主電源はP1-N1間もしくはP2-N2間に接続してください。P1-N2間、P2-N1間のような襻掛けでの接続は誤動作の原因になる可能性があるので、行わないでください。
- スナバコンデンサはP1-N1間、P2-N2間の両側につけるとサージ電圧低減に効果的です。

1.2 外来ノイズ

- ・IPM内部で外来ノイズに対する対策を行っておりますが、ノイズの種類や強度により誤動作、破壊する場合があります。IPMに加わるノイズに対して、十分な評価と対策を行ってください。

1.2.1 装置外部からのノイズ

- ・ACラインのノイズフィルター、および絶縁アースの強化等の対策を行ってください。
- ・必要があれば、全相の入力信号-GND間にスイッチング時間に影響のない範囲でコンデンサ(100pF以下)を付加して対策を行ってください。
- ・アラーム端子に過大なノイズ電圧が加わった場合、アラーム誤出力となる可能性があります。必要に応じて、アラーム出力に影響のない範囲で0.2~1k Ω 程度の抵抗をアラーム端子へ直列接続してください。その際は、フォトカプラの電流伝達率(CTR)を考慮した最適な抵抗値としてください。
- ・ACラインからのノイズ侵入を防ぐため、AC入力の三相各線-アース間に接地コンデンサを接続してください。
- ・雷サージに対しては、アレスタ等の対策を行ってください。

1.2.2 装置内部からのノイズ

- ・整流器外: 1.2.1項と同様の対策を行ってください。
- ・整流器内: P, Nラインにスナバコンデンサ等を付加して対策を行ってください。

1.2.3 出力端子からのノイズ

- ・コンタクタの開閉サージ等が侵入しない様に外部にて対策を行ってください。

2. 制御電源

2.1 電圧範囲

- ・制御電源電圧範囲は、電圧リップルを含め規格内に入るようにしてください。

表6-2 制御電源電圧値による動作

制御電源電圧 (V_{CC}) [V]	IPMの動作	制御電源 電圧低下 保護 (UV)	IPM入力 信号電圧	IGBTの 動作
$0 \leq V_{CC} \leq 5.0$	制御ICが正常動作せずIGBTへのゲート出力が不定となります。ただし、5V以下の V_{CC} がそのままIGBTに加わってもIGBTのゲート閾値 V_{th} 以下のためONはできません。制御電源電圧低下保護は動作せず、アラームは出力されません。	—	Hi	—
			Lo	—
$5.0 < V_{CC} \leq 11.0$	制御ICが動作します。制御電源電圧低下保護により、IGBTがOFF固定されます。制御電源電圧低下保護が動作するため、アラームを出力します。	動作	Hi	OFF
			Lo	OFF
$11.0 < V_{CC} \leq 12.5$	制御電源電圧低下保護が動作している場合と動作していない場合の2条件が存在します。 ①制御電源電圧低下保護が動作している場合: IGBTは動作せず、アラームを出力します。 ②制御電源電圧低下保護が動作していない場合: IGBTの動作は、IPMへの入力信号に従います。 アラームは出力されません。	①動作	Hi	OFF
			Lo	OFF
		②解除 or 動作前	Hi	OFF
			Lo	ON
$12.5 < V_{CC} \leq 13.5$	制御電源電圧低下保護が動作しません。IGBTへの動作は、IPMへの入力信号に従いますが、損失が増加しノイズが低下する傾向にあります。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
$13.5 < V_{CC} \leq 16.5$	推奨動作電圧範囲です。ドライブ回路が安定動作します。IGBTの動作は、IPMへの入力信号に従います。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
$16.5 < V_{CC} \leq 20$	制御電源電圧低下保護が動作しません。IGBTへの動作は、IPMへの入力信号に従いますが、損失が低下しノイズが増加する傾向にあります。保護特性がシフトするため短絡電流が増加する可能性があります。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
$V_{CC} < 0, 20 < V_{CC}$	制御電源電圧が0V未満、および20Vを超える場合は、パワーチップ、制御ICが誤動作、または破壊する場合があります。絶対に印加しないでください。	—	—	—
			—	—

・2.2 電圧リップル

- ・推奨電源範囲の13.5V～16.5Vは、 V_{CC} の電圧リップルを含んだ範囲です。

制御電源の設計においては、電圧リップルを十分低くするように注意してください。また、電源に重畳されるノイズについても、十分低くするように注意してください。推奨電圧範囲以上の制御電源を印加した場合は、IPMが誤動作する可能性があります。

- ・制御電源は、 dv/dt が $5V/\mu s$ 以下となるよう設計してください。

また、電源電圧の変動は $\pm 10\%$ 以内を推奨します。

2.3 電源立上げ／立下げシーケンス

- ・ V_{CC} が推奨電圧範囲になったことを確認した後、主電源(P, N間電圧)を印加してください。

V_{CC} の立下げは、主電源よりも遅く立下げてください。推奨電圧に到達する前に主電源が印加される場合や、主電源が残っている状態では、外来ノイズで誤動作することがあり、破壊する可能性があります。

2.4 電源立上げ時、立下げ時のアラーム

- ・電源立上げ時、UVアラームが出力されます。

$t_{ALM(UV)}$ 経過後にアラーム信号は復帰しますが、保護動作解除条件を満たさない限り、IPMは入力信号を受け付けません。保護動作の解除条件(保護要因解消、 $t_{ALM(UV)}$ 経過、入力信号OFF)が揃ったときに、入力信号を受け付けます。アラーム解除後に入力信号を入れるよう、ドライブ回路側での対応をしてください。

- ・電源立下げ時もアラームを出力します。

- ・タイミングチャートに関しては、第3章5項「タイミングチャート」をご参照ください。

2.5 制御回路設計上の注意

- ・制御電源 V_{CC} は、絶縁された4電源(上相3電源、下相1電源)を使用してください。

また、各制御電源端子には、周波数特性の良いコンデンサを近接して取り付けするなどして、過渡的な電圧変動を抑えた設計をしてください。

- ・ドライブ回路の消費電流仕様(I_{cc})を考慮して、十分余裕をもった設計としてください。

- ・誤動作防止のため、他相配線との間隔や並走の仕方などに注意し、クロストークの影響を受けにくいパターンレイアウトにしてください。

- ・高速フォトカプラの V_{CC} -GND間に、コンデンサを近接して取り付けてください。

- ・高速フォトカプラは、 tp_{HL} 、 $tp_{LH} \leq 0.8 \mu s$ 、高CMRタイプをご使用ください。

- ・アラーム出力回路は、低速フォトカプラCTR $\geq 100\%$ のタイプをご使用ください。

- ・入力端子-GND間にコンデンサを接続すると、フォトカプラ一次側入力信号に対する応答時間が長くなりますのでご注意ください。

- ・フォトカプラとIPMの入力端子間の配線は極力短くし、フォトカプラの一次側と二次側の浮遊容量を小さくしたパターンレイアウトにしてください。

- ・フォトカプラの一次側電流IFは、お使いのフォトカプラのCTRを考慮し、十分に余裕をもった設計にしてください。ノイズの影響を抑えるためには、フォトカプラ二次側のプルアップ抵抗はなるべく低く設定し、インピーダンスを下げてください。

3. 保護機能

第4章の「応用回路例」にありますように、フォトカプラ二次側には、プルアップ抵抗を流れる電流 I_R と定電流 I_n を合わせた電流を流せるようにフォトカプラ一次側の I_f を決める必要があります。 I_f が不十分な場合、二次側が誤動作を起こす可能性があります。ただし、フォトカプラには寿命があるため、一次側制限抵抗の選定に関しては、寿命についても考慮する必要があります。

また、パッケージによって上相アラーム出力の有無が異なりますので、第3章1項「機能一覧表」にて、お手持ちのIPMのアラーム仕様をご確認ください。

3.1 保護動作全般

3.1.1 保護の範囲

・IPMの保護機能は非繰返しの異常現象に対応するものです。IPMの保護動作が繰返し動作するような使用は避けてください。最悪の場合、破壊する場合があります。過電流、短絡保護は、制御電源電圧13.5～16.5V、主電源電圧＝200～400V(650V系)、400～800V(1200V系)において保証されます。

3.1.2 アラーム出力に対する処置

・アラームが出力された場合、直ちにIPMへの入力信号を停止して、装置を停止してください。

・IPMの保護機能は、異常現象に対して保護しますが、異常原因を取り除くことはできません。

・上相で異常を検出した場合は、検出した相のIGBTのみ出力をオフさせ、検出した相はアラームを出力します(P629、P639は除く)。この時、他の各相はスイッチング可能です。

一方、下相のインバータ部で異常を検出した場合は、アラームを出力した相にかかわらず、下相のインバータ部全てのIGBTをOFFさせ、下相からアラームを出力します。この時、下相のブレーキ部と上相の各相はスイッチング可能です。下相のブレーキ部で異常を検出した場合は、ブレーキ部＋下相全てのIGBTをオフさせ、下相からアラームを出力します。この時、上相の各相はスイッチング可能です。

3.2 保護動作の注意事項

3.2.1 過電流(OC)

・過電流保護(OC)は、過電流が不感時間 t_{dOC} を超えて継続した場合、OC状態と判定してIGBTをソフト遮断し、アラームが出力されます。

従って、 t_{dOC} の期間内に過電流が除去された場合は、OCが動作せず通常遮断します。

・P629、P639は、上相のアラーム制御ピンがないため、アラーム出力は行いませんが、OCは動作し、IGBTをソフト遮断します。

3.2.2 短絡(SC)

・短絡保護(SC)は、短絡電流が不感時間 t_{dSC} を超えて継続した場合、SC状態と判定してIGBTをソフト遮断し、アラームが出力されます。

従って、 t_{dSC} の期間内に短絡電流が除去された場合は、SCが動作せず通常遮断します。

・P629、P639は、上相のアラーム制御ピンがないため、アラーム出力は行いませんが、SCは動作し、IGBTをソフト遮断します。

3.2.3 地絡

(1) 上相IGBTの地絡保護とアラーム出力

・地絡により、上相のIGBTに過電流が不感時間(t_{dOC} 、 t_{dSC})を超えて流れた場合は、OC(SC)により保護動作しますが、パッケージによってアラーム出力が異なります。

P629、P639: 上相のOC(SC)により保護しますが、アラーム出力は行いません。

P626、P630、P631、P636、P638、P644: 上相のOC(SC)により保護します。アラーム出力も行います。

(2) 下相IGBTの地絡保護とアラーム出力

・地絡により、下相のIGBTに過電流が不感時間(t_{dOC} 、 t_{dSC})を超えて流れた場合は、OC(SC)により保護動作し、全てのパッケージでアラーム出力します。

3.2.4 負荷短絡・地絡状態での起動

・OC、SCには不感時間(t_{dOC} 、 t_{dSC})があるため、不感時間以下の入力信号パルス幅では、保護動作しません。特に、負荷短絡した状態で起動した場合に、入力信号パルス幅が長時間(数10ms)にわたり不感時間以下であると、短絡が連続して発生するため、チップ温度が急激に上昇します。この場合、チップ温度上昇に対して、通常はチップ過熱保護(T_{jOH})が動作しますが、 T_{jOH} も1ms程度の不感時間があるため、チップ温度上昇の状況によっては保護動作が間に合わず、破壊する場合があります。

また、電源投入時はAC電源→アース→出力端子→FWDチップ→電解コンデンサの経路で電解コンデンサの充電電流が流れるため、FWDチップが破壊する可能性があります。

3.3 チップ過熱保護について

・チップ過熱保護(T_{jOH})はブレーキ部を含む、全IGBTに内蔵しています。チップが異常発熱した場合は、 T_{jOH} が動作します。X-IPMでは、ケース過熱保護が無いため、チップ温度が T_{jOH} 以下において、ケース温度が異常発熱した場合は保護しません。必要に応じて、お客様にて保護機能の搭載をしてください。

3.4 FWDの保護について

・FWDには保護機能がありません。

4. パワーサイクル寿命

- ・半導体製品の寿命は永久ではありません。温度上昇・下降による熱疲労寿命には注意が必要です。温度の上昇・下降が連続的に発生する場合は、温度変動幅を小さくしてください。
- ・温度変化による熱疲労寿命は、パワーサイクル寿命(耐量)と呼ばれ、下記の2パターンがあります。
 - ① ΔT_{vj} パワーサイクル耐量: 比較的短時間の周期で発生するチップ温度変化による寿命
(主にチップ表面のワイヤ接合部の劣化による寿命)
 ΔT_{vj} パワーサイクル寿命カーブに関しては、MT6M15364をご参照ください。
 - ② ΔT_c パワーサイクル耐量: 比較的長時間の周期で発生するベース温度変化による寿命
(主に絶縁基板DCBと銅ベース間の接合に使用される半田接合部の劣化による寿命)
 ΔT_c パワーサイクル寿命カーブに関しては、MT5F39952をご参照ください。
- ・また、富士IGBTモジュール アプリケーションマニュアル(RH984) 11章「パワーモジュールの信頼性」も併せてお読みください。

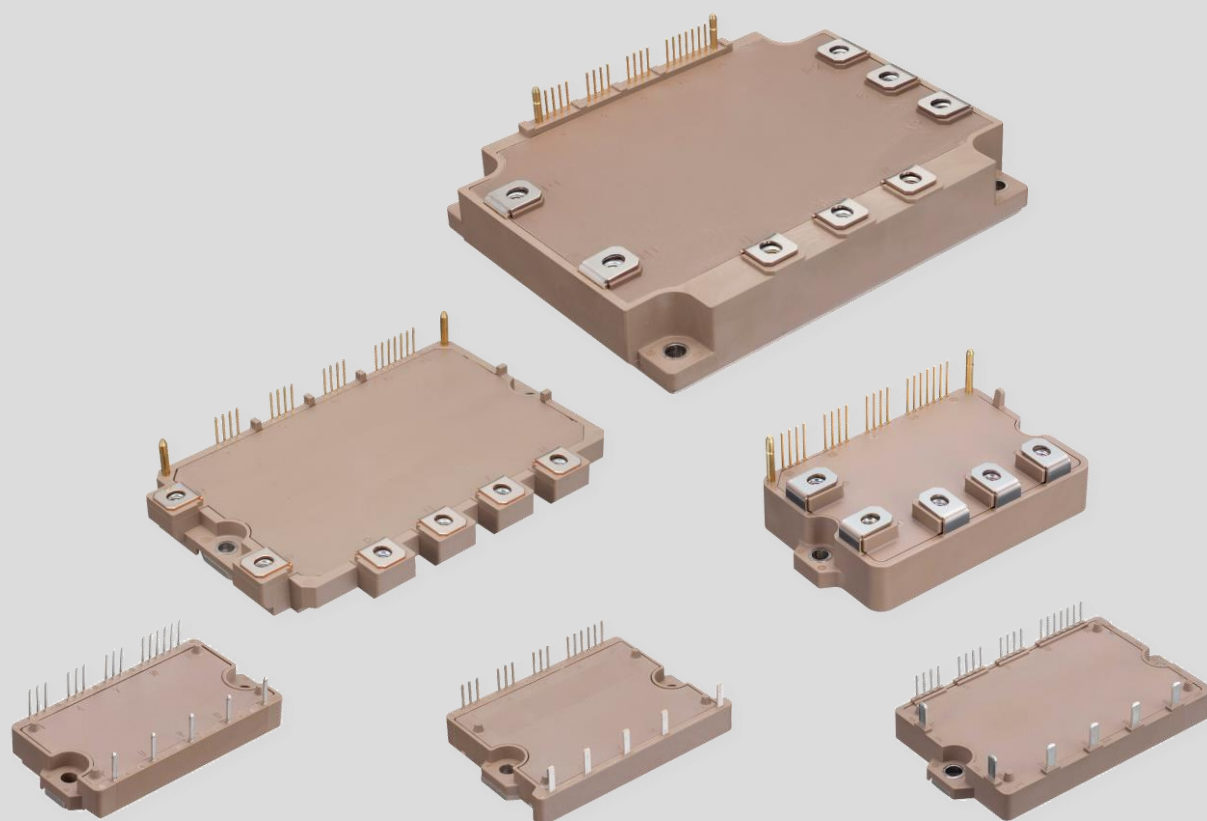
5. その他

5.1 装置への使用時の注意事項

- ① IPMの使用、装置への取り付けにあたっては、IPMの納入仕様書も併せてお読みください。
- ② チップが破壊した場合を考慮して、商用電源と本製品の間に適切な容量のヒューズまたはブレーカーを必ず付けて二次破壊を防いでください。
- ③ 通常のターンオフ動作におけるチップ責務の検討の際には、ターンオフ電圧・電流の動作軌跡がRBSOA仕様内にあることを確認してください。なお、IPMIには、短絡電流を検出して破壊前に自己遮断する短絡保護機能があるため、SCSOAを規定しておりません。短絡時のにおいては、サージ電圧が絶対最大定格内であることを確認してください。
- ④ 製品の使用環境を十分に把握し、製品の信頼性寿命が満足できるか検討の上、本製品を適用してください。製品の信頼性寿命を超えて使用した場合、装置の目標寿命より前にIPMが破壊する場合があります。
- ⑤ 最大定格内の使用であっても、温度や使用環境により製品寿命が異なる場合があります。製品寿命や使用環境等を十分考慮の上御使用ください。
- ⑥ パワーチップが破壊したIPMを再起動すると保護機能が正常に動作できないため、大規模な破壊になる可能性があります。破壊したIPMの再起動は行わないでください。

5.2 装置への取り付けの注意事項

- ① IPMとヒートシンクの間にサーマルコンパウンドの塗布などを実施して、接触熱抵抗を小さくしてください（第5章3項参照）。
- ② ネジの長さに注意してください。ネジ穴深さ以上のネジを使用するとパッケージが破損する場合があります（第1章5項参照）。
- ③ IPMの締付けトルクやヒートシンクの平坦度は、仕様書で定めた範囲でご使用ください。
この範囲を超えて使用したり、誤った取り扱いをすると絶縁破壊を起こす場合があります（第5章2項参照）。
- ④ IPMに荷重がかからないように注意してください。
フタ変形を伴うような応力を加えないでください。押し込み方向ではIPM内部回路が破損する恐れがあります。引っ張り方向ではフタが外れる恐れがあります。又、制御端子が曲がらないように注意してください。
- ⑤ 主端子、制御端子にリフローによるはんだ付けは行わないでください。他の製品のはんだ付け等による熱、フラックス、洗浄液がIPMに影響を与えないよう注意してください。
- ⑥ 腐食性ガスの発生場所・塵埃の多い場所を避けてください。
- ⑦ 主端子、制御端子に静電気が加わらないように注意してください。
- ⑧ 制御回路とIPMとの着脱に際して、 V_{CC} が0Vであることを確認して行ってください。
- ⑨ 制御端子GNDUと主端子U、制御端子GNDVと主端子V、制御端子GNDWと主端子W、制御端子GNDと主端子N(P631の場合：N1、N2)をIPM外部で接続しないでください。誤動作の原因になる可能性があります。
- ⑩ IPMを単相にて使用する場合やブレーキ内蔵タイプにてブレーキを使用しない場合は、使用しない相も制御電源を供給し、入力端子(V_{in})、アラーム出力端子(ALM)共に V_{CC} へプルアップしてください。
入力端子(V_{in})がオープン状態で制御電源を立上げた場合、アラーム出力状態となります。
- ⑪ ワーニング機能を使用しない場合は、ワーニング端子をオープンにすることを推奨します。
なお、ワーニング端子を V_{CC} にプルアップする場合は、ワーニング動作時に V_{CC}/R_{WNG} による消費電流が増加しますので制御電源の設計を考慮してください。
また、GNDにプルダウンすると常時200 μ A程度の電流が制御ICから流れるため、推奨いたしません。
- ⑫ アラーム出力は、保護要因によってアラーム時間が異なって出力されます。（第3章2項参照）
アラーム用フォトカプラの2次側におけるアラーム出力時間は、フォトカプラの遅れ時間や周辺回路等を考慮して設計する必要があります。
- ⑬ IPMを並列接続で使用できません。IPMは駆動・保護回路をそれぞれのIPMに内蔵しており、並列動作させると、スイッチング時間のずれや、保護のタイミングがずれることにより、特定のIPMに電流が集中し破壊する場合があります。
- ⑭ ケース材料にはUL規格の94-V0認定品を使用していますが、不燃性ではありません。
- ⑮ 主端子や制御端子のはんだ付け時にフタ表面温度がはんだ耐熱温度を超えないように注意してください。
はんだが触れた場合、フタが溶けて変形する、はんだが付着して残る可能性があります。
- ⑯ XシリーズIPMは、インバータ用途への適用を前提に設計されています。コンバータ用途へ適用される場合は、十分な検討が必要です。コンバータへ適用される場合はお問合せください。
- ⑰ ブレーキ部は抵抗負荷の適用を前提として設計されています。インダクタ負荷の接続や昇圧回路等で使用する場合はお問合せください。



富士 第7世代IGBT-IPM
X シリーズ
第7章 トラブル発生時の対処方法



Application Manual

注意

このマニュアルの内容(製品の仕様、特性、データ、材料、構造など)は2020年12月現在のものです。
この内容は製品の仕様変更のため、または他の理由により事前の予告なく変更されることがあります。
このマニュアルに記載されている製品を使用される場合には、その製品の最新版の仕様書を入手して、
データを確認してください。

本資料に記載してある応用例は、富士電機の半導体製品を使用した代表的な応用例を説明するものであり、
本資料によって工業所有権、その他権利の実施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。

 注意

(1) 輸送と保管

段ボール箱の適切な面を上にして運搬してください。そうしないと製品に予期しないストレスがかかり、端子の曲りや樹脂パッケージ内の歪みなど、影響を及ぼす可能性があります。さらに製品を投げたり落下させたりすると、製品に大きなダメージを与える可能性があります。また水に濡れると破壊や故障の原因になりますので、雨や結露には十分な配慮をお願いします。輸送中の温度や湿度などの環境条件は、仕様書に記載してありますので厳守してください。

(2) 組み立て環境

パワーモジュールの素子は静電気放電に対して非常に弱いため、組み立て環境におけるESD 対策を適切に実施してください。特に、制御端子部は、内蔵されている制御ICと内部で接続されているため注意が必要です。

(3) 動作環境

製品を酸や有機物、腐食性ガス（硫化水素、硫酸ガスなど）にさらされる環境で使用了場合、製品性能や外観を十分確保することができません。

第7章 トラブル発生時の対処方法

1. トラブル発生時の対処方法	7-2
2. 故障要因解析図	7-2
3. アラーム要因解析図	7-8

本章では、XシリーズIPMのトラブル発生時の対処方法について説明します。

1.トラブル発生時の対処方法

IPM はIGBTモジュールに比べ各種保護機能(過電流、過熱等)を内蔵しているため、異常状態に対して破壊し難いデバイスとなっています。しかしながら、異常モードによっては破壊する場合がありますので、破壊が発生した場合は、発生状況や原因を明確にした上で対策する必要があります。

破壊に関する要因解析図を2項に用意しましたので、こちらを活用して破壊要因の調査をお願いします。

(素子の故障判定についてモジュールアプリケーションマニュアルRH984b の第4章2項故障判定方法を御参照ください。)

また、IPM からアラームが出力される場合は本章3項のアラーム要因解析図を活用して要因の調査をお願いします。

2.故障要因解析図

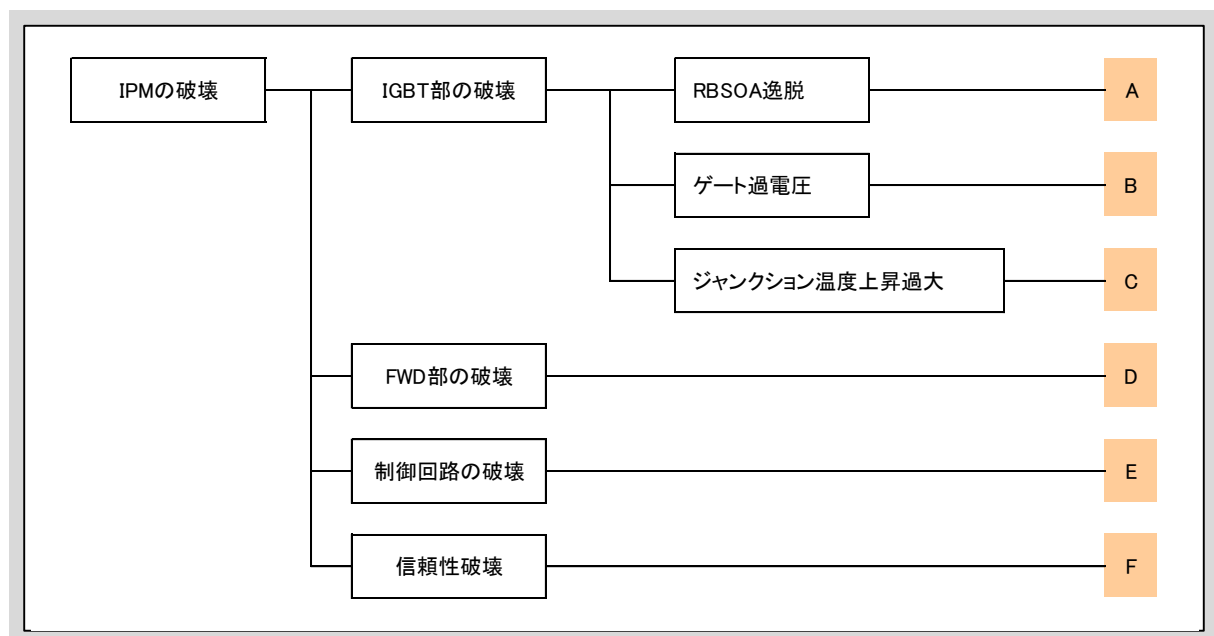
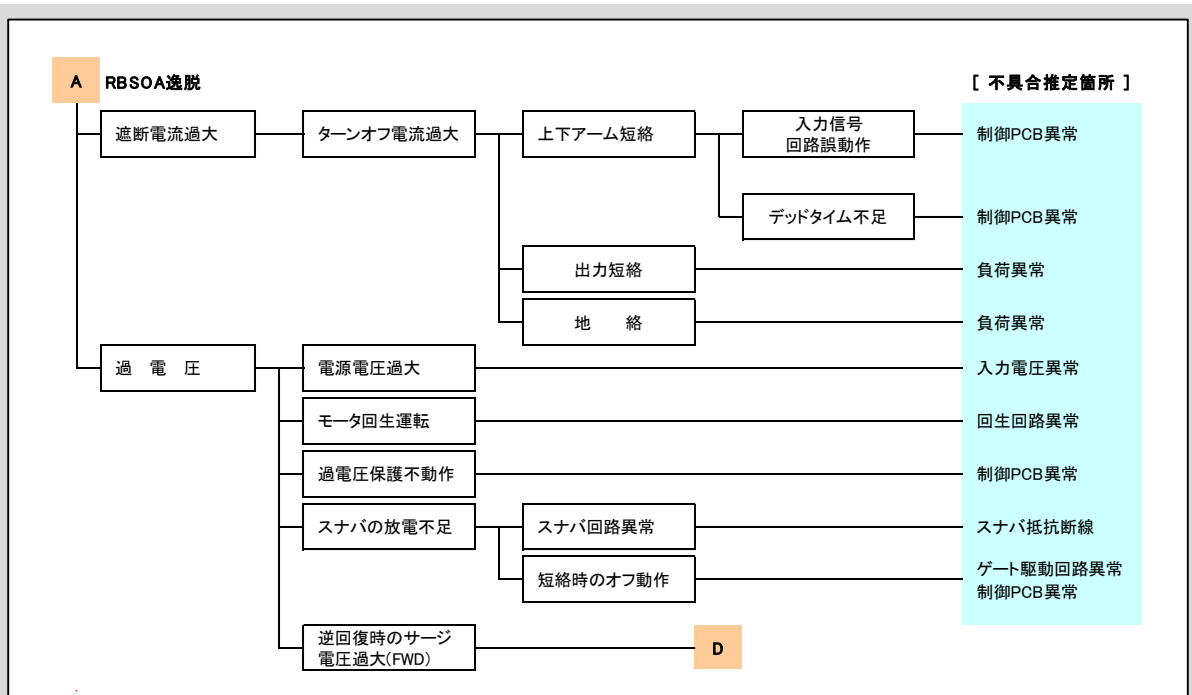
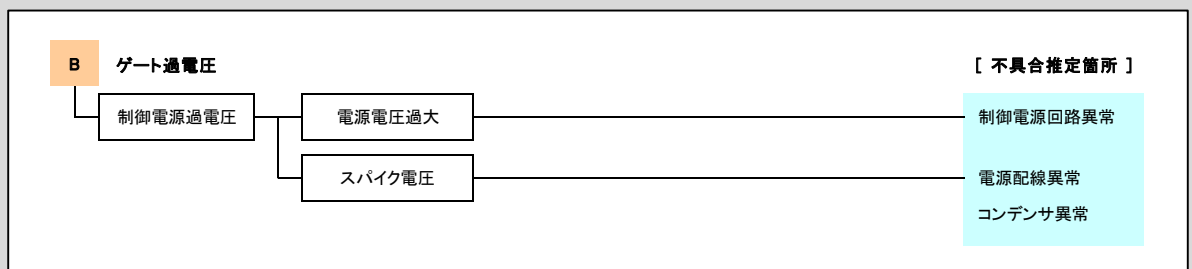


図7-1 IPM 故障解析図 (A~F 記号は別ページの詳細なFTA と関連しています)

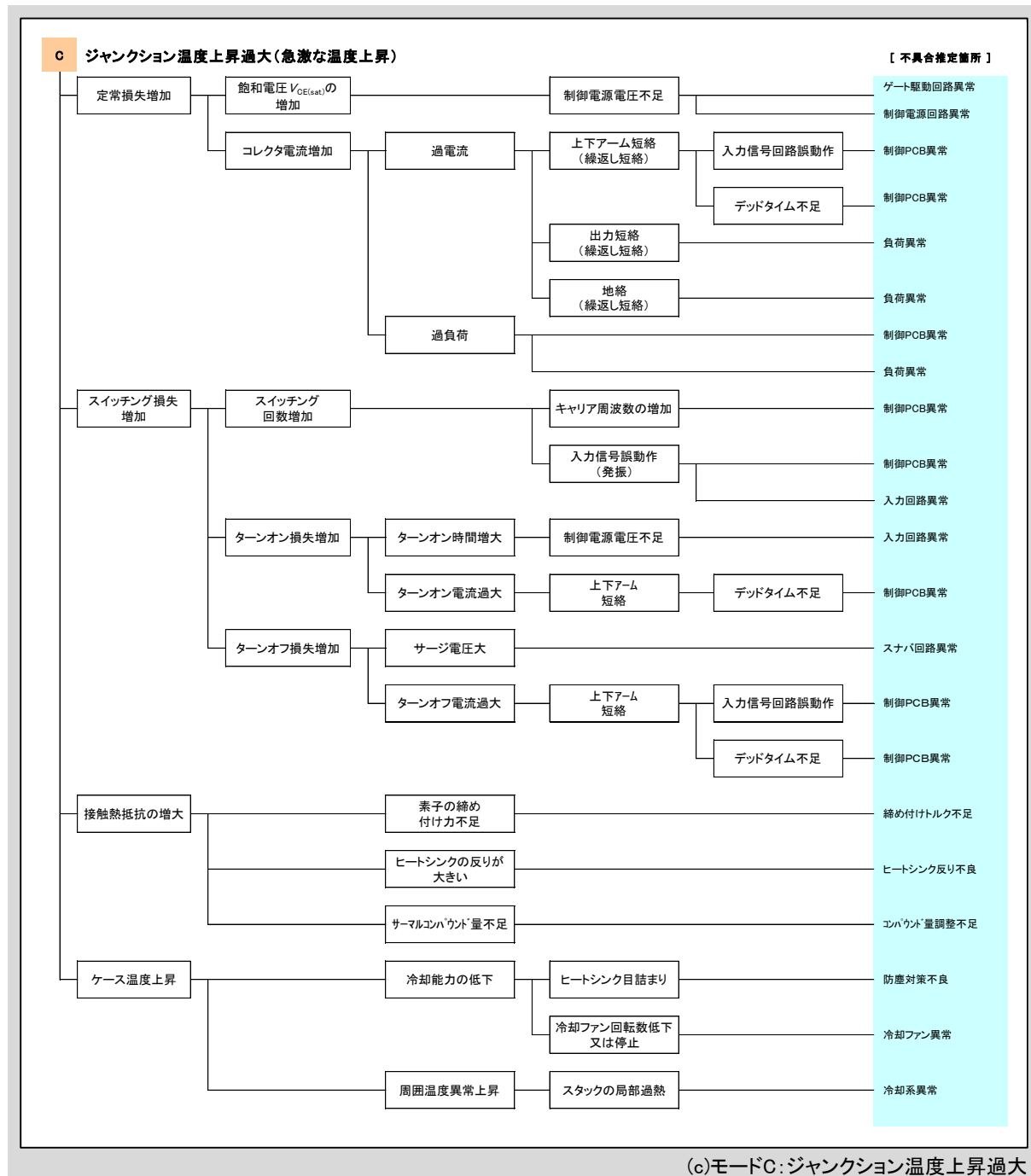


(a)モードA:RBSOA 逸脱



(b)モードB:ゲート過電圧

図7-1 IPM 故障解析図



(c)モードC:ジャンクション温度上昇過大

図7-1 IPM 故障解析図

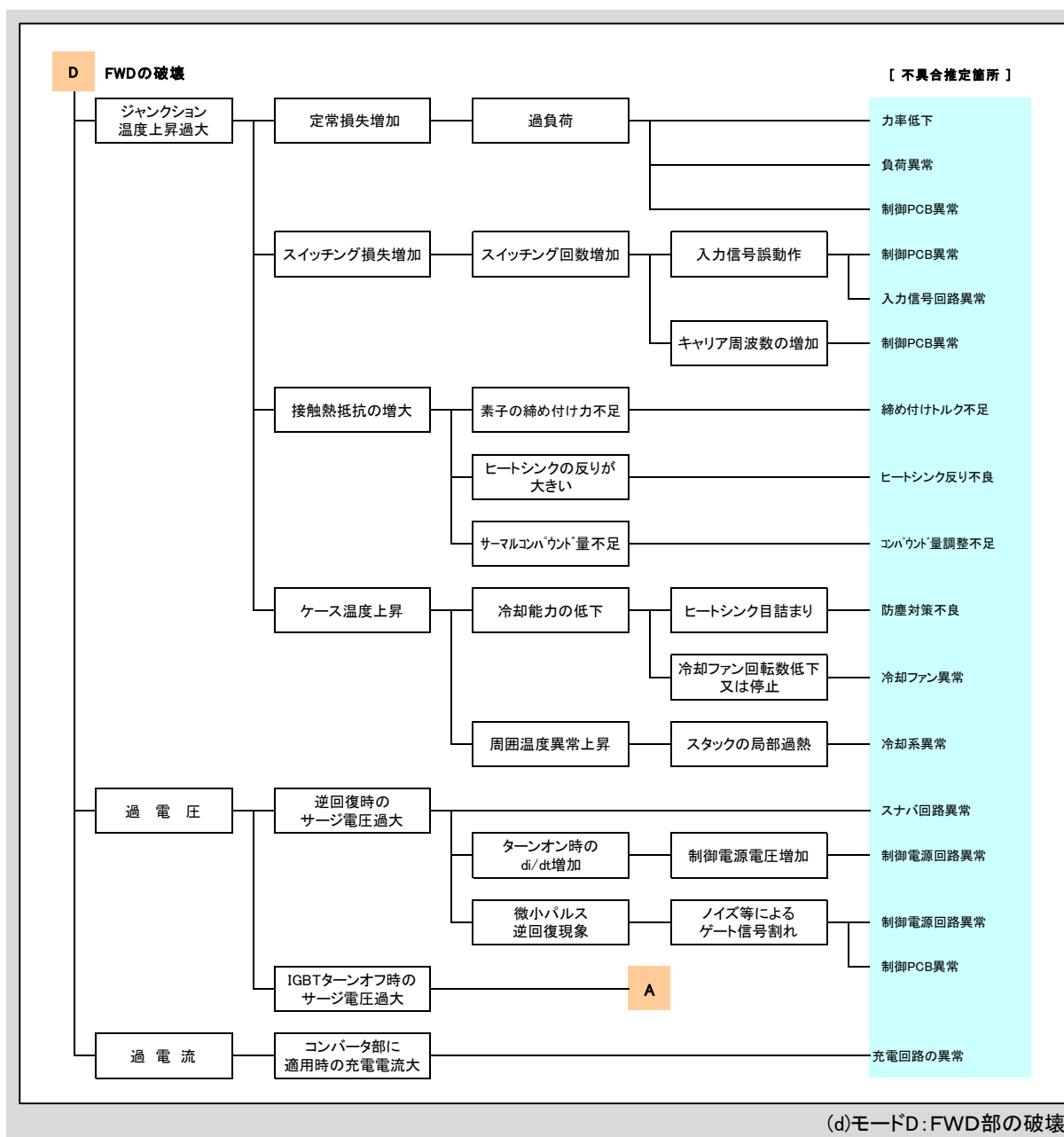


図7-1 IPM 故障解析図

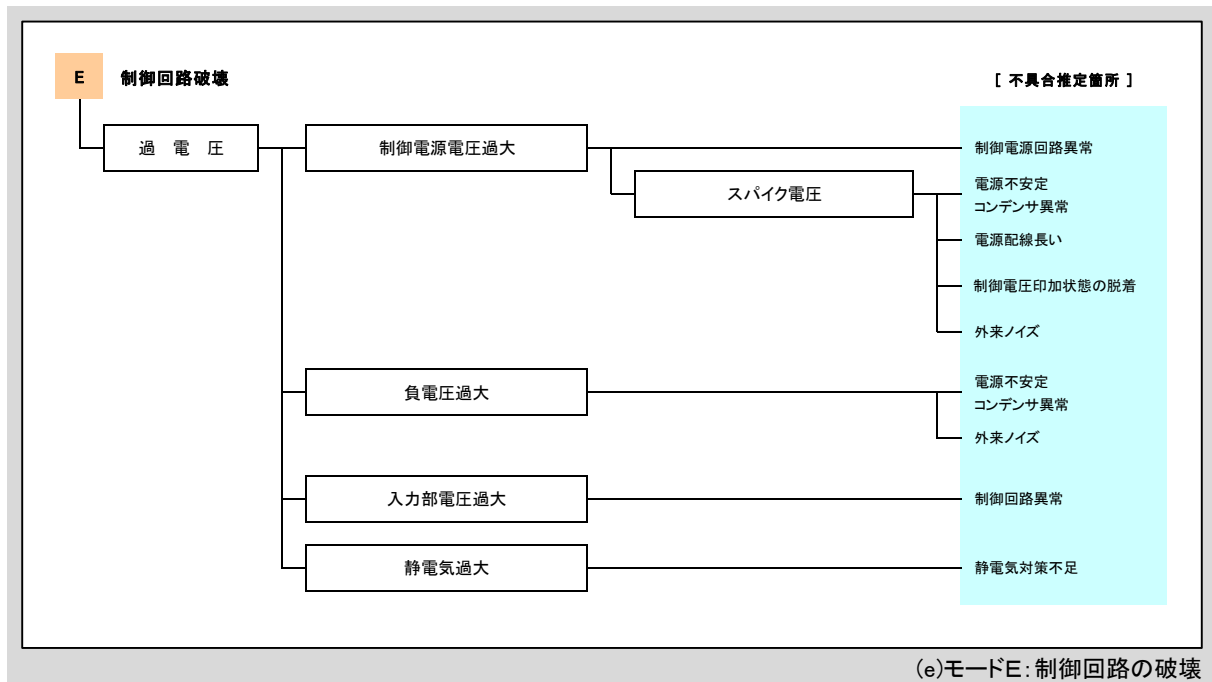
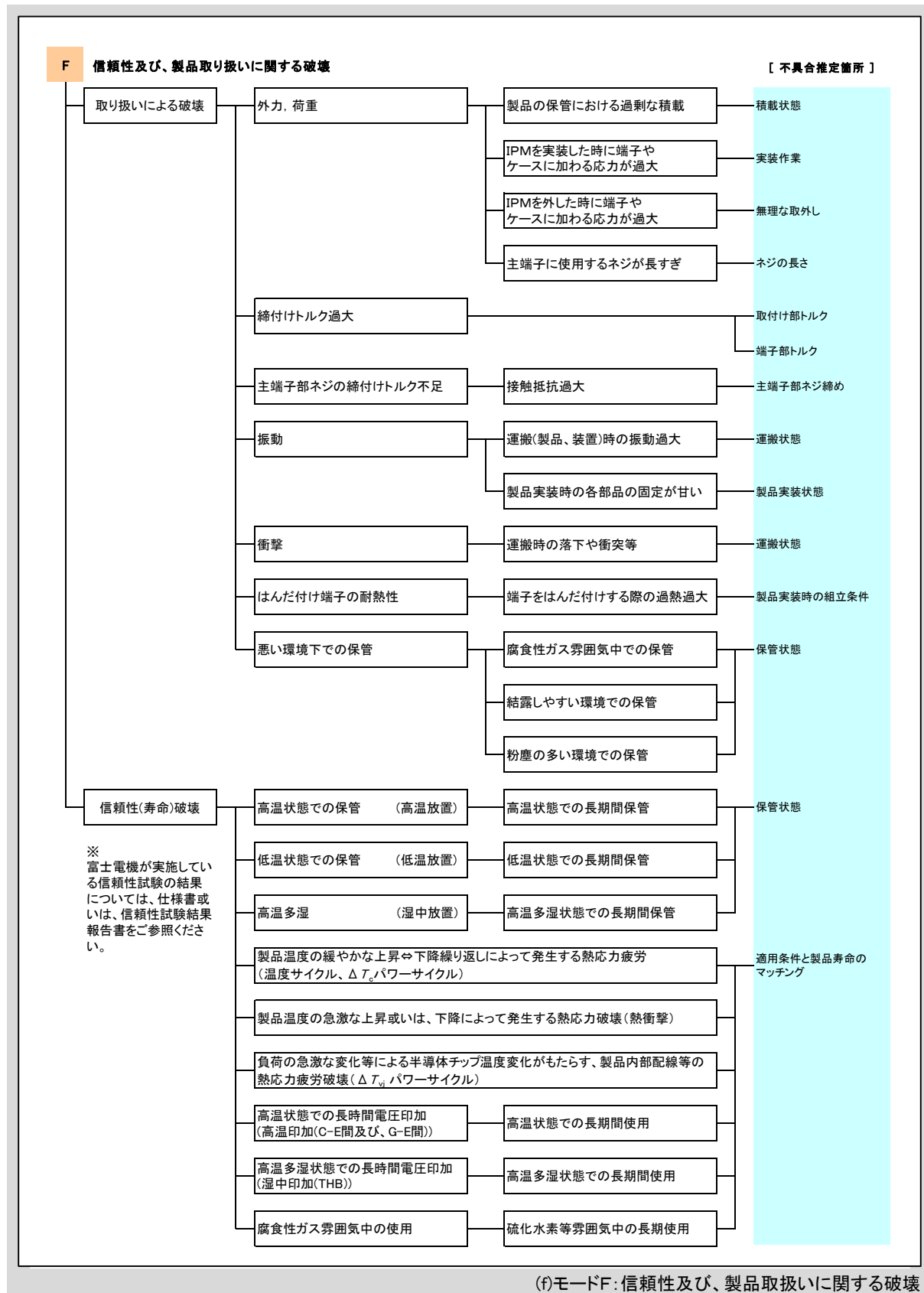


図7-1 IPM 故障解析図



(f)モードF:信頼性及び、製品取扱いに関する破壊

図7-1 IPM 故障解析図

3. アラーム要因解析図

IPM を搭載した装置がアラーム停止した場合、まず、そのアラームがIPM から出力されたものか、装置制御回路(IPM 以外)で発生したものかを切り分ける調査をお願いします。

もし、IPM からのアラームである場合は、図7-2のアラーム要因解析図に従って、要因の特定をお願いします。
X-IPMは、V-IPMと同様に、アラームの幅を確認する事により、どの保護機能が動作したか識別可能な製品となっているため、アラームの幅を確認の上、要因解析を進めて頂ければ要因解析時間の短縮が図れます。
尚、アラーム電圧の測定にあたっては、IPM アラーム端子とアラーム用フォトダイオードのカソード間に1.3kΩの抵抗を挿入した状態でIPM アラーム端子電圧を測定して頂ければ、容易にアラーム出力電圧の測定が可能となります。

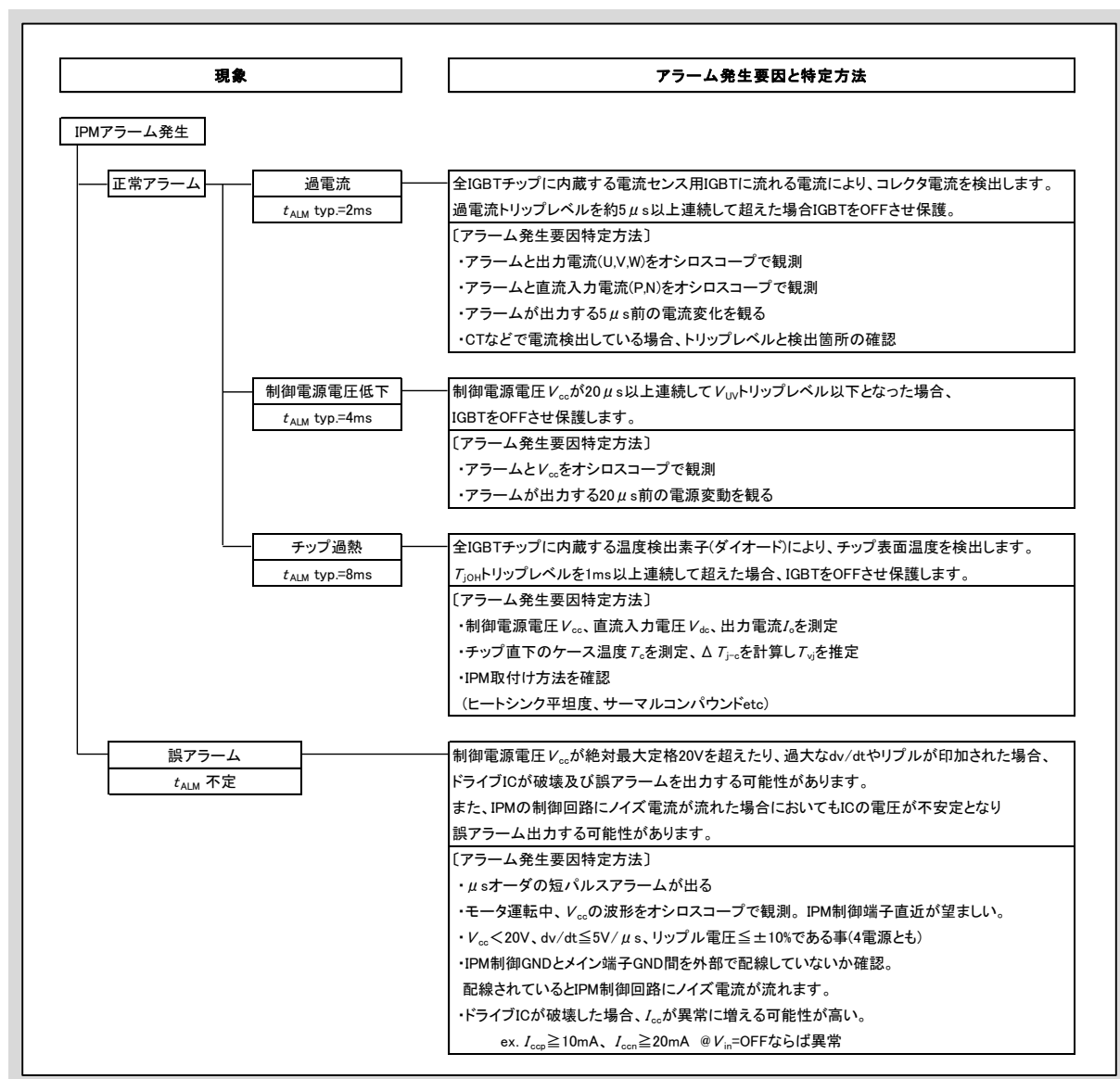


図7-2 アラーム要因解析図