

宇宙開発用共通部品等 適用データ・シート

部品名	宇宙開発用信頼性保証 n チャンネルパワーMOSFET
部品番号 又は型式	JAXA R 2SK4152 JAXA R 2SK4155 JAXA R 2SK4157 JAXA R 2SK4158 JAXA R 2SK4217
適用仕様書	JAXA-QTS-2030 JAXA-QTS-2030/102

2022 年 7 月

作成・制定 ： 富士電機株式会社

発行 ： 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

改訂履歴表

記号	年月日	主要改訂内容
-----	2008-2-29	初版
A	2012-11-12	・表 4 の振動試験、衝撃試験、定加速度試験の試験条件の有効桁数を見直し。 ・表 6 の衝撃試験の試験条件の有効桁数を見直し。 ・表 7 の定加速度試験の試験条件の有効桁数を見直し。 ・DC 時の安全動作領域を図へ追加。
B	2020-03-18	・表紙 組織変更により発行元を変更 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 ↓ 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 ・3.3 表面実施時の推奨実装方法(SMD パッケージ) 3.3.1 推奨使用基板 3.3.2 推奨リフロー条件 表 A 推奨リフロー温度プロファイル 図 A 推奨リフロー温度プロファイル 3.3.3 輸送機用途を想定したはんだ付等熱負荷評価試験 表 B 熱履歴後の環境限界評価結果を追記。 ・10 項 その他 問い合わせ先を修正
C	2022-07-29	・認定終了型式(2SK4153, 2SK4154, 2SK4156, 2SK4159, 2SK4160, 2SK4218, 2SK4219)を表紙の部品番号又は型式から削除。 ・認定継続型式の認定試験データとして代用している型式が認定終了型式に存在するため、本文には認定終了型式の記載内容を参考として含めている。その旨を 1.1 項に追記。

目次

1	総 則	1
1.1	目 的.....	1
1.2	適用文書	1
1.3	参考文書	1
2	部品の概要	1
2.1	外観・寸法	1
2.2	質 量.....	1
2.3	素子構造	1
3	使用方法.....	9
3.1	絶対最大定格	9
3.2	推奨動作条件	9
3.3	表面実施時の推奨実装方法(SMD パッケージ)	10
3.3.1	推奨使用基板	10
3.3.2	推奨リフロー条件	10
3.3.3	輸送機用途を想定したはんだ付等熱負荷評価試験.....	10
4	通常状態における特性	12
4.1	電気的特性	12
4.2	機械的及び熱的特性	12
5	各種動作条件における特性曲線	16
6	環境限界.....	53
6.1	振動.....	53
6.2	衝撃.....	53
6.3	定加速度.....	53
6.4	熱衝撃	53
6.5	静電気	54
6.6	放射線	55
7	信頼性	59
7.1	加速試験.....	59
7.2	予想される故障モード	60
8	保存方法.....	60
9	注意事項.....	60
10	その他	60

1 総 則

1.1 目 的

この適用データシートは、JAXA QTS によるよりもさらに詳細な選定作業及び設計に必要な標準的な情報を提供するものであり、その他の情報も十分に考慮されなければならない。また、これによって部品使用者の責任を免責するものではない。

なお、この適用データ・シートには 2022 年 7 月 29 日をもって認定終了となった以下の製品に関する記載を参考として含めている。認定終了となった製品の仕様については、JAXA-QTS-2030/102B を参照のこと。

JAXA R 2SK4153, 2SK4154, 2SK4156, 2SK4159, 2SK4160, 2SK4218, 2SK4219

1.2 適用文書

下記の文書の最新版は、このシートに記載されている製品に適用される。

JAXA-QTS-2030	宇宙開発用信頼性保証 個別半導体デバイス 共通仕様書
JAXA-QTS-2030/102	宇宙開発用信頼性保証 n チャネルパワーMOSFET 個別仕様書
MIL-STD-750	TEST METHODS FOR SEMICONDUCTOR DEVICES (個別半導体デバイスの試験方法)
JERG-0-043	宇宙用表面実装はんだ付工程標準

1.3 参考文献

MIL-PRF-19500N	PERFORMANCE SPECIFICATION SEMICONDUCTOR DEVICES, GENERAL SPECIFICATION FOR
----------------	--

2 部品の概要

2.1 外観・寸法

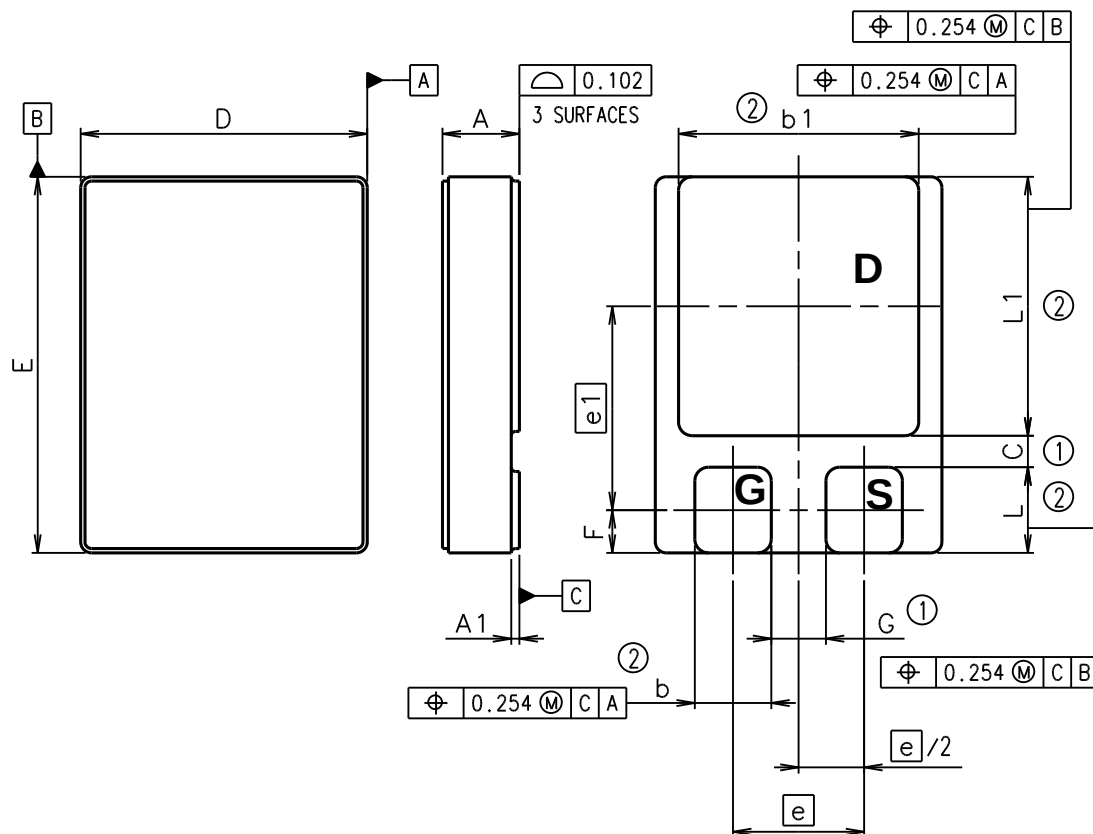
ケース外形図及び寸法を図 1a、1b、1c、表示内容を図 5a、5b、5c に示す。

2.2 質 量

SMD-2 パッケージタイプ (JAXA R 2SK4152, K4155, K4158, K4217)	: 3.3g (標準値)
SMD-1 パッケージタイプ (JAXA R 2SK4153, K4156, K4159, K4218)	: 2.6g (標準値)
SMD-0.5 パッケージタイプ (JAXA R 2SK4154, K4157, K4160, K4219)	: 1.0g (標準値)

2.3 素子構造

n チャネルエンハンスメントプレーナ型 MOS 電界効果トランジスタでペレット 1 個を内蔵し、図 1a、1b、1c に示すケースにシーム溶接でシールされた気密構造である。その概略内部構造を図 2～4 に示す。



記号	寸 法 (mm)		
	最小値	中心値	最大値
A	—	—	3.58
A1	0.254	0.381	0.508
b	3.43	3.555	3.68
b1	11.05	11.175	11.30
C	0.89	—	—
D	13.21	13.335	13.46
E	17.40	17.525	17.65

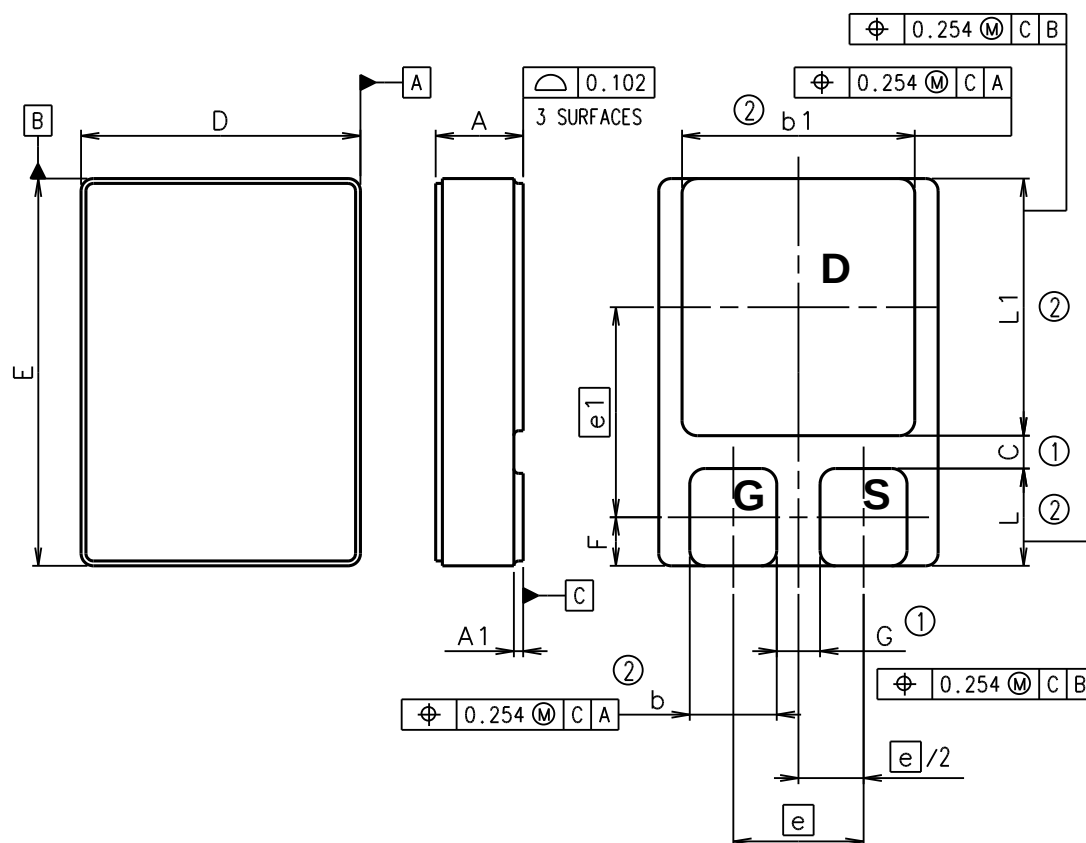
記号	寸 法 (mm)		
	最小値	中心値	最大値
$e/2$	—	3.05	—
e	—	6.10	—
$e1$	—	9.50	—
F	—	1.99	—
G	1.27	—	—
L	3.87	3.99	4.11
L1	11.94	12.065	12.19

注：① 寸法には、金属部のフラッシュ（ろう流れ等）も含める。

② 寸法には、金属部のフラッシュ（ろう流れ等）は含めない。

注意事項：すべての電極はケースから絶縁されている。

図 1a ケース外形図 (SMD-2)
(JAXA R 2SK4152, 4155, 4158, 4217)



記号	寸 法 (mm)		
	最小値	中心値	最大値
A	—	—	3.58
A1	0.254	0.381	0.508
b	3.43	3.555	3.68
b1	9.40	9.525	9.65
C	0.76	—	—
D	11.31	11.43	11.55
E	15.75	15.875	16.00

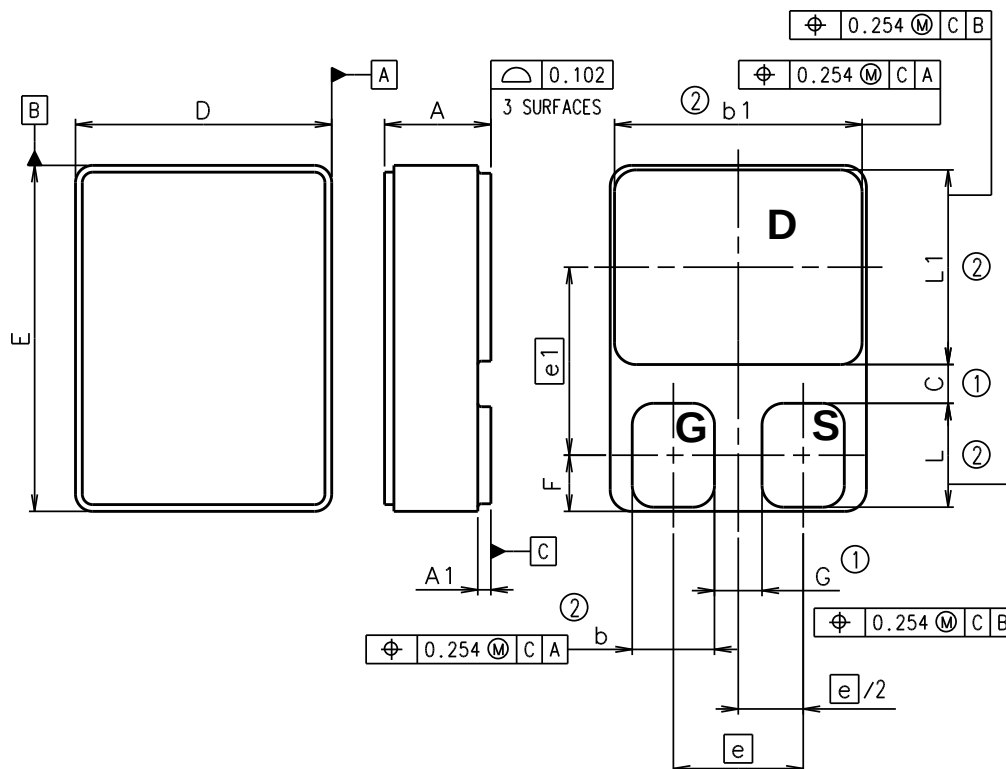
記号	寸 法 (mm)		
	最小値	中心値	最大値
$[e]/2$	—	2.67	—
$[e]$	—	5.33	—
$[e1]$	—	8.61	—
F	—	1.99	—
G	0.89	—	—
L	3.87	3.99	4.11
L1	10.42	10.54	10.66

注： ① 寸法には、金属部のフラッシュ（ろう流れ等）も含める。

② 寸法には、金属部のフラッシュ（ろう流れ等）は含めない。

注意事項： すべての電極はケースから絶縁されている。

図 1b ケース外形図 (SMD-1)
(JAXA R 2SK4153, 4156, 4159, 4218)



記号	寸法 (mm)		
	最小値	中心値	最大値
A	—	—	3.12
A1	0.254	0.381	0.508
b	2.29	2.415	2.54
b1	7.14	7.265	7.39
C	0.76	—	—
D	7.40	7.52	7.64
E	10.04	10.16	10.28

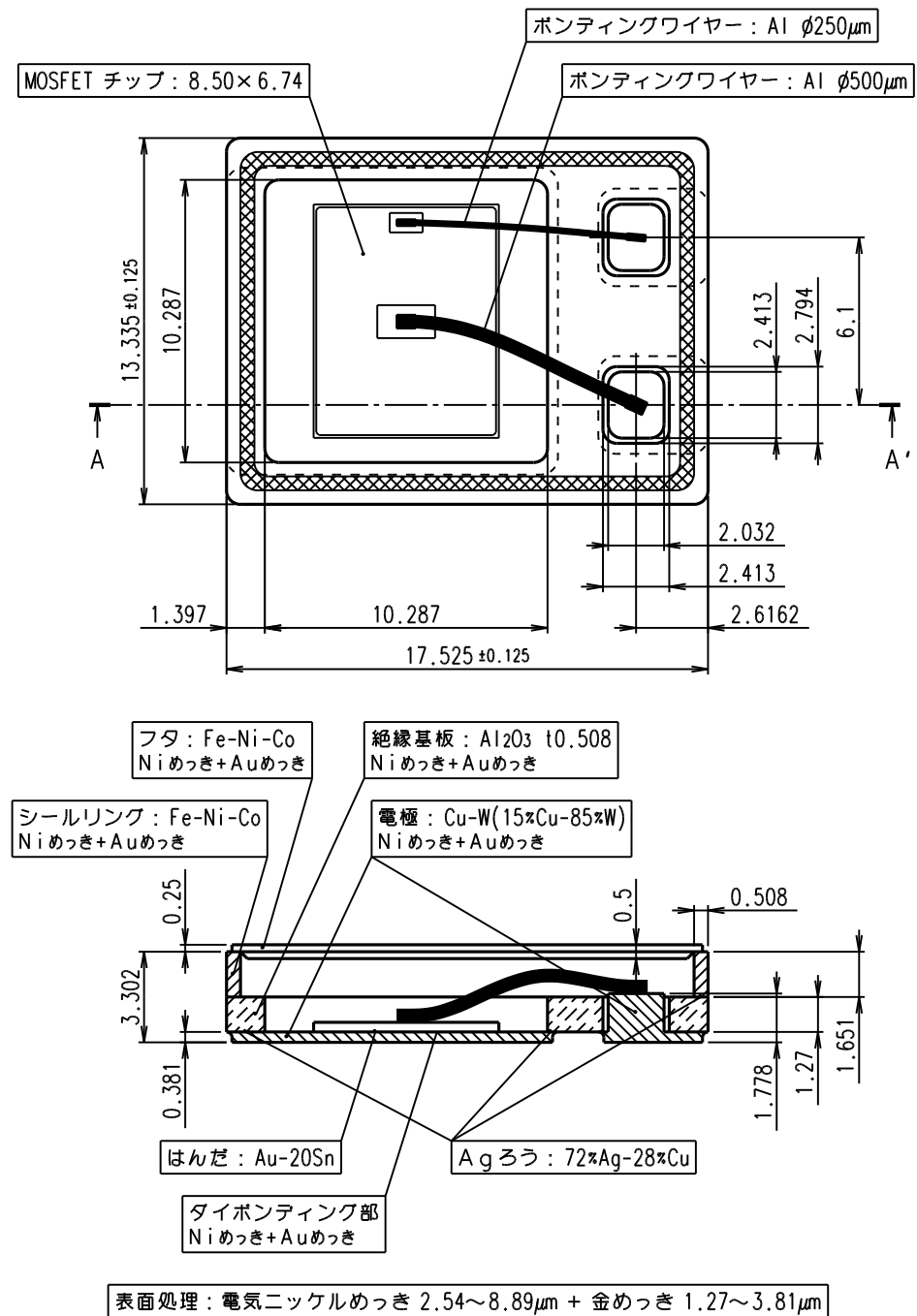
記号	寸法 (mm)		
	最小値	中心値	最大値
$e/2$	—	1.905	—
e	—	3.81	—
$e1$	—	5.52	—
F	—	1.65	—
G	0.762	—	—
L	2.93	3.05	3.17
L1	5.59	5.715	5.84

注：① 寸法には、金属部のフラッシュ（ろう流れ等）も含める。

② 寸法には、金属部のフラッシュ（ろう流れ等）は含めない。

注意事項：すべての電極はケースから絶縁されている。

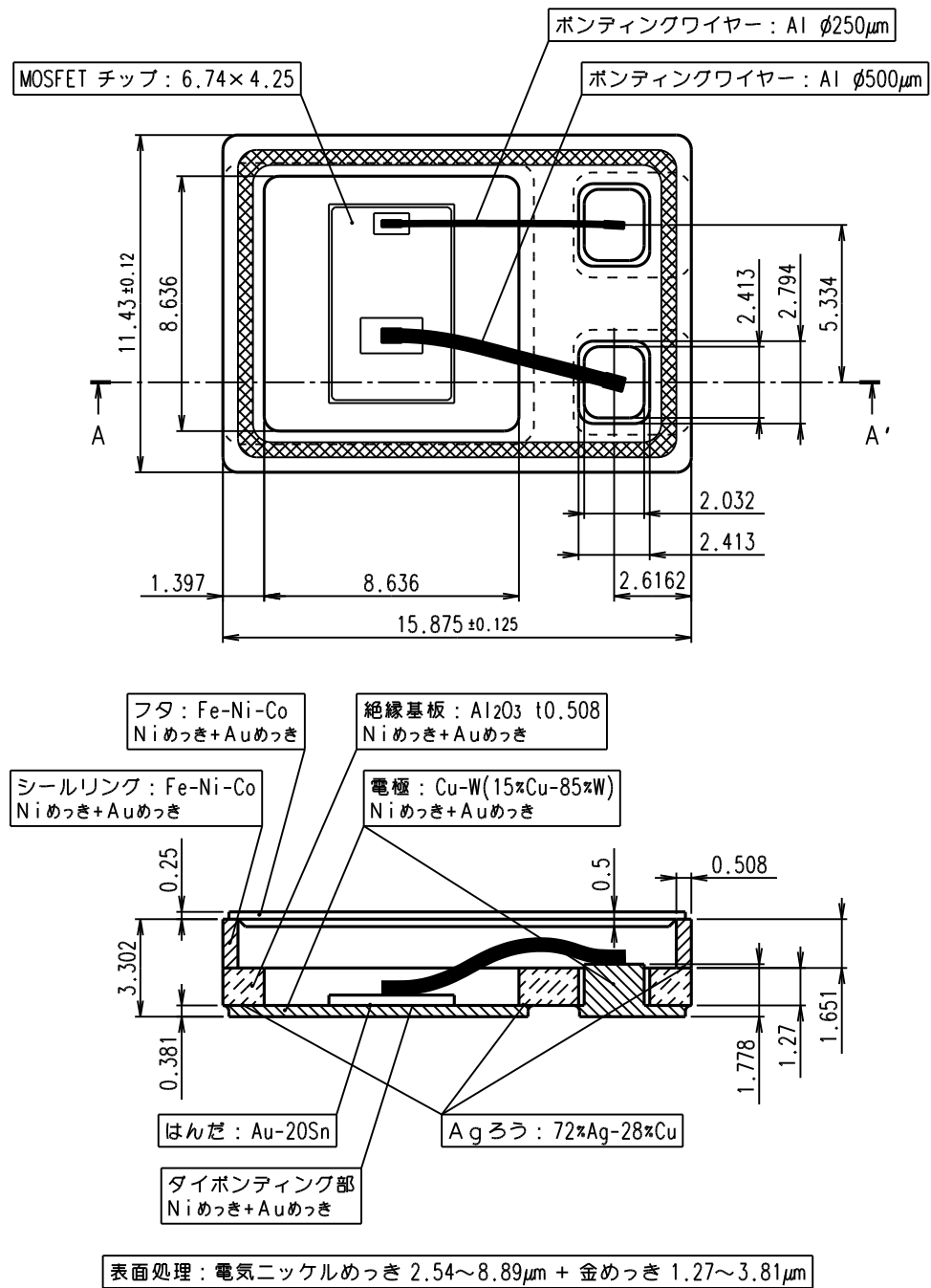
図 1c ケース外形図 (SMD-0.5)
(JAXA R 2SK4154, 4157, 4160, 4219)



A-A' 断面図

寸法単位 : mm

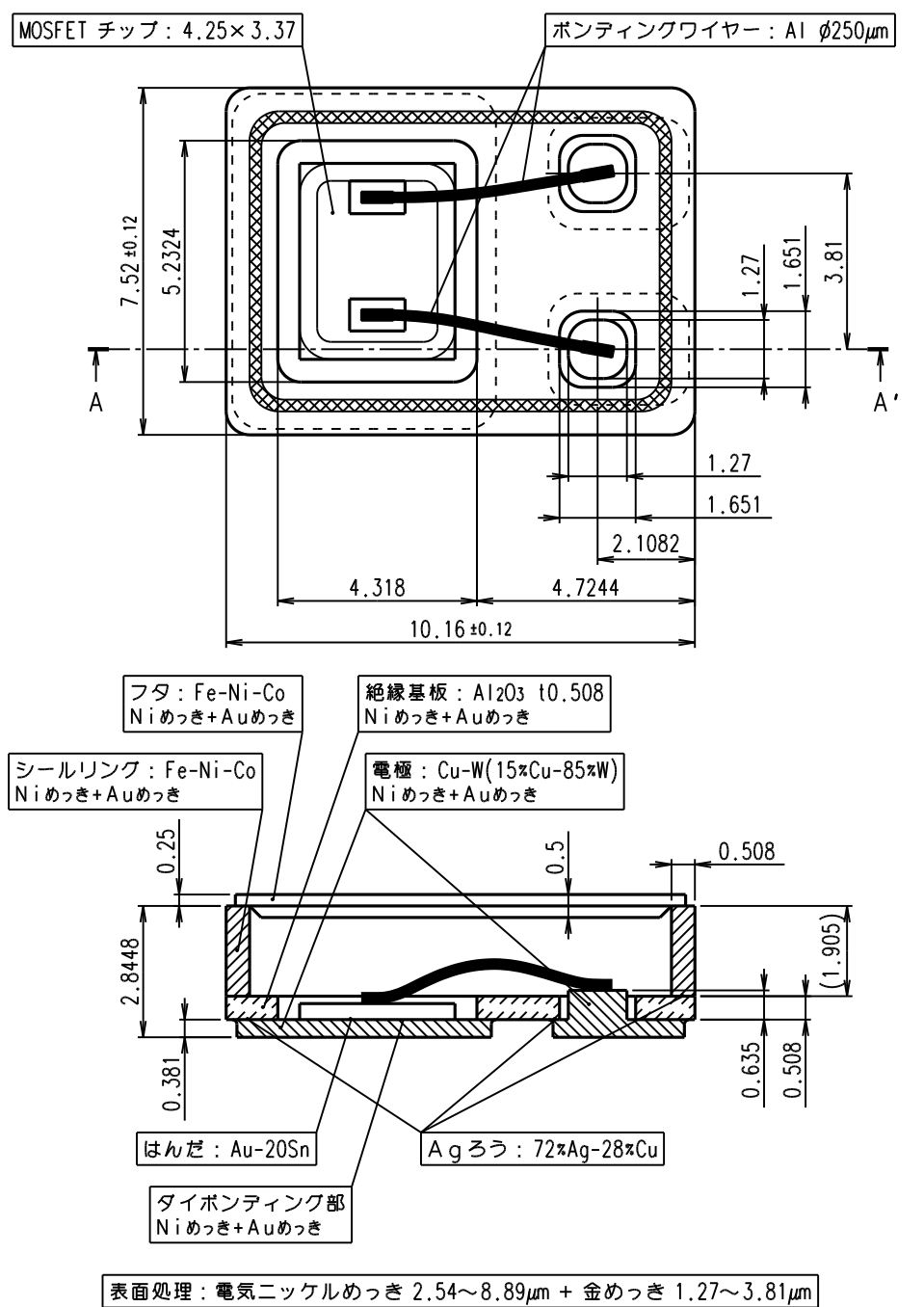
図 2 内部構造及び断面図 (SMD-2)
(JAXA R 2SK4152, 4155, 4158, 4217)



A-A' 断面図

寸法単位 : mm

図 3 内部構造及び断面図 (SMD-1)
(JAXA R 2SK4153, 4156, 4159, 4218)



A-A' 断面図

寸法単位 : mm

図 4 内部構造及び断面図 (SMD-0.5)
(JAXA R 2SK4154, 4157, 4160, 4219)

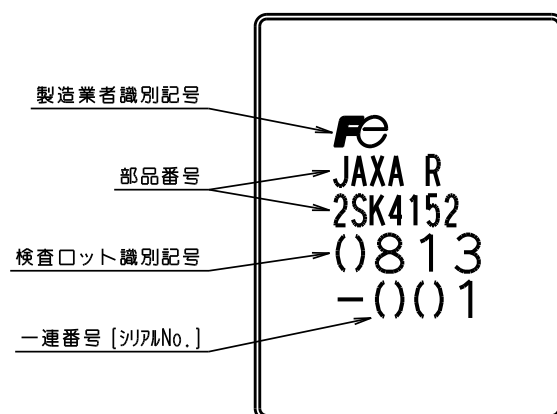


図 5a 表示内容 (SMD-2)
(JAXA R 2SK4152, 4155, 4158, 4217)

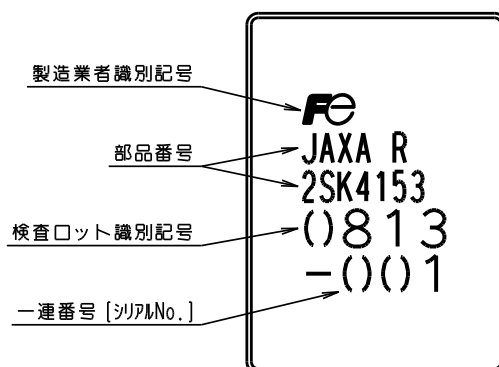


図 5b 表示内容 (SMD-1)
(JAXA R 2SK4153, 4156, 4159, 4218)

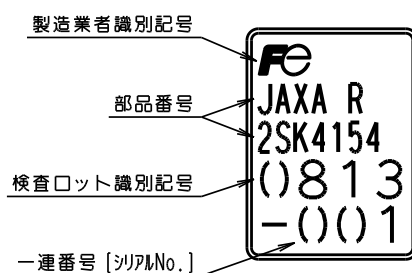


図 5c 表示内容 (SMD-0.5)
(JAXA R 2SK4154, 4157, 4160, 4219)

3 使用方法

回路設計に際しては、表 1 の絶対最大定格に対して十分余裕のある設計を行うこと。表 2 の推奨動作条件内で使用することが望ましい。

3.1 絶対最大定格

表 1 絶対最大定格

部品番号	V _{DS} (V)	I _D (A)	I _{D(pulse)} (A)	V _{GS} (V)	P _D T _C =25°C (W)	T _{ch} ⁽¹⁾ (°C)	T _{stg} (°C)	R _{th(ch-c)} (°C/W)
JAXA R 2SK4152	130	42	168	±20	250	150	-55 to 150	0.5
JAXA R 2SK4153	130	39	156		150			0.83
JAXA R 2SK4154	130	15	60		70			1.67
JAXA R 2SK4155	200	42	168		250			0.5
JAXA R 2SK4156	200	32	128		150			0.83
JAXA R 2SK4157	200	14	56		70			1.67
JAXA R 2SK4158	250	42	168		250			0.5
JAXA R 2SK4159	250	26	104		150			0.83
JAXA R 2SK4160	250	12	48		70			1.67
JAXA R 2SK4217	100	42	168		250			0.5
JAXA R 2SK4218	100	42	168		150			0.83
JAXA R 2SK4219	100	15	60		70			1.67

注⁽¹⁾ チャネル温度 T_{ch} は次の式より与えられる。

$$T_{ch} = T_C + R_{th(ch-c)} \times P_D$$

ここで T_C: ケース表面温度 (°C)

R_{th(ch-c)}: 接合部-ケース間熱抵抗 (°C/W)

P_D: 許容損失 (W)

3.2 推奨動作条件

表 2 推奨動作条件

項 目	推奨値
V _{DS} (DC)	定格の 75%
I _D (DC)	定格の 70%
V _{GS}	-7.5 to +15V
T _{ch}	-55 to 125°C

3.3 表面実施時の推奨実装方法（SMD パッケージ）

3.3.1 推奨使用基板

実装時および実装後の熱負荷により、部品あるいは基板、はんだ材料に応力が加わり、意図しないクラックがはんだ接合部やセラミック部に発生する懸念がある。このため、実装基板はCICやメタルコア基板等、セラミックに近い熱膨張係数のものを使用し、実装評価することを推奨する。

3.3.2 推奨リフロー条件

宇宙用表面実装はんだ付工程標準（JERG-0-043）に従い、実施すること。推奨リフロー温度プロファイルを表 A 及び図 A に示す。

表 A 推奨リフロー温度プロファイル

	項目	内容（温度／時間）
I	予熱への立上げ部	2.0~5.0℃/秒 / 30~60 秒
II	予熱部	150±10℃ / 60±30 秒
III	本加熱への立上げ部	2.0~5.0℃/秒 / 20~40 秒
IV	本加熱部	200℃以上 / 30~60 秒 ピーク温度: 240℃以下
V	冷却部	連続的に冷却すること。

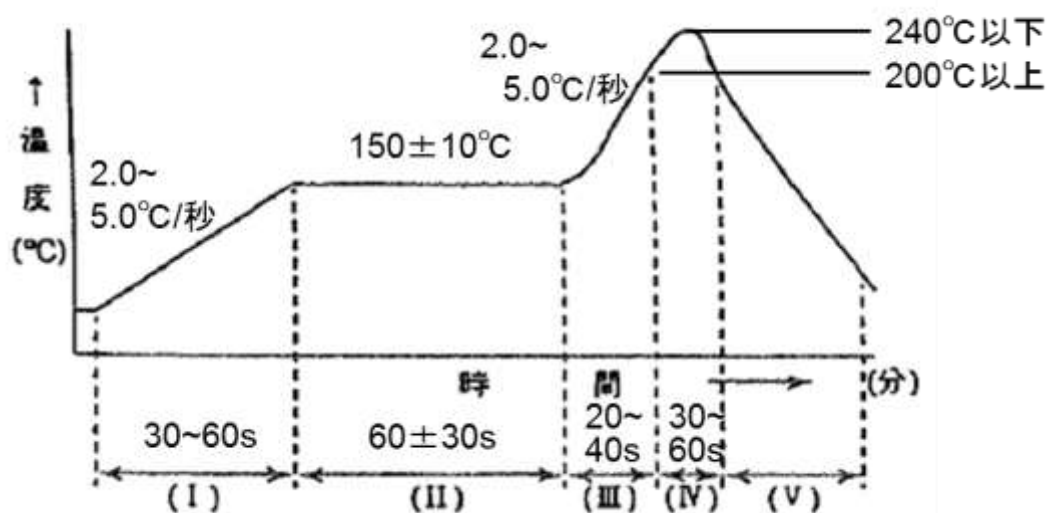


図 A 推奨リフロー温度プロファイル

3.3.3 輸送機用途を想定したはんだ付等熱負荷評価試験

宇宙用パワーデバイスをプリント配線板等にはんだ付せず、部品単体でリフロー作業の熱負荷を想定した評価試験を実施し、静特性や気密性、ボンド強度等に問題が無いことを確認した。

補足：熱履歴後の環境限界評価として、熱処理6回実施後に輸送機を想定した温度サイクル試験を実施している。その結果を表 B に示す。

表 B 熱履歴後の環境限界評価結果

試験順	MIL-STD-750		JAXA R	代表評価サンプル	評価結果	
	試験項目	方法		2SJ1A04(-100V, SMD2)	不合格/試験数	
1	リフロー		試験数量	22p	---	
	(金めっき除去、リフロー再作業の想定)	---	条件	リフロー温度プロファイル 表 3 及び図 4 を参照。 6 回		
2	熱衝撃試験 (気相)		試験数量	22p	---	
	(実機環境ストレスの想定)	1051	条件	-55 ⁺⁰ ₋₅ °C↔25 ⁺¹⁰ ₋₅ °C↔150 ⁺⁵ ₋₀ °C 30 サイクル		
3-1	目視検査		試験数量	22p	0/22	
		1051	条件	---		
		1021				
3-2	静特性試験 (T _A =25°C)		試験数量	22p	0/22	
	-2a	ドレイン・ソース間降伏電圧 V _{DSS}	3407	条件		ハイス条件 C, I _D =-1mA, V _{GS} =0V
				許容値		min -100V DC
	-2b	ゲート漏れ電流 I _{GSS}	3411	条件		ハイス条件 C, V _{GS} =±20V, V _{DS} =0V
				許容値		max ±100nA DC
	-2c	ドレイン遮断電流 I _{DSS}	3413	条件		ハイス条件 C, V _{DS} =-80V, V _{GS} =0V
				許容値		max -10μA DC
	-2d	ゲートしきい値電圧 V _{GS(th)}	3404	条件		ハイス条件 C, V _{GS} =V _{DS} , I _D =-1mA
				許容値		-2.5 ~ - 4.5V DC
	-2e	ドレイン・ソース間オン抵抗 R _{DS(on)}	3421	条件		ハルス試験 ⁽¹⁾ , V _{GS} =-12V, I _D =-21A
				許容値		max 38mΩ
	-2f	順伝達コンダクタンス g _{fs}	3475	条件		ハルス試験 ⁽¹⁾ , V _{DS} =-25V, I _D =-21A
				許容値		min 8S
	-2g	ダイオード順電圧 V _{SD}	---	条件		ハルス試験 ⁽¹⁾ , V _{GS} =0V, I _D =-42A
				許容値		max -2.0V DC
3-3	気密性試験	1071	条件	条件 H	0/22	
	(1)微小		許容値	max 1×10 ⁻³ Pa-cm ³ /s		
	(2)グロス	1071	条件	条件 C		
3-4	超音波探傷検査	---	条件	チップ-はんだ-フレーム間にクラック無きこと	0/22	
3-5	内部目視及び 機械的検査	2075	条件		0/22	
		2071		---		
3-6	ボンド強度試験		試験数量	22p	0/22	
		2037	条件	条件 D		
			許容値	ゲートワイヤ >90gf ソースワイヤ >300gf		

注(1) パルス試験: パルス幅≤1ms, デューティサイクル≤2%

4 通常状態における特性

4.1 電気的特性

電気的特性を表 3a、3b、3c、3d に示す。

4.2 機械的及び熱的特性

個別仕様書で保証される機械的及び熱的特性（耐環境性）を表 4 に示す。

表 3a 電気的特性 (特に規定のない場合は $T_A=25^\circ\text{C}$)

部品番号	$V_{(BR)DSS}$ (V)		I_{DSS} (μA)		I_{GSS} (nA)		$V_{GS(th)}$ (V)		$R_{DS(on)}^{(1)}$ ($\text{m}\Omega$)		$gfs^{(1)}$ (S)	
	$I_D=1\text{mA}$ $V_{GS}=0\text{V}$		$V_{DS}=\text{定格}$ V_{DS} の 80% $V_{GS}=0\text{V}$		$V_{GS}=\pm 20\text{V}$ $V_{DS}=0\text{V}$		$I_D=1\text{mA}$ $V_{DS}=V_{GS}$		$I_D=\text{定格 } I_D \text{ の } 50\%$ $V_{GS}=12\text{V}$		$I_D=\text{定格 } I_D \text{ の } 50\%$ $V_{DS}=25\text{V}$	
	最小	標準	最大	標準	最大	標準	最小-最大	標準	最大	標準	最小	標準
JAXA R 2SK4152	130	143	10	60n	± 100	+9 -12	2.5-4.5	3.5	17	15	8	12
JAXA R 2SK4153	130	143		40n		+8 -8			39	34	8	12
JAXA R 2SK4154	130	143		30n		+1 -1			89	78	4	6
JAXA R 2SK4155	200	220		130n		+7 -15			26	23	8	12
JAXA R 2SK4156	200	220		70n		+5 -10			62	54	8	12
JAXA R 2SK4157	200	220		40n		+5 -2			148	129	4	6
JAXA R 2SK4158	250	275		140n		+8 -16			38	33	8	12
JAXA R 2SK4159	250	275		120n		+15 -10			91	80	8	12
JAXA R 2SK4160	250	275		50n		+6 -1			223	195	4	6
JAXA R 2SK4217	100	110		40n		+9 -12			13	11	8	12
JAXA R 2SK4218	100	110		30n		+8 -8			28	24	8	12
JAXA R 2SK4219	100	110		25n		+1 -1			64	56	4	6

注⁽¹⁾ パルス試験: パルス幅 $\leq 1\text{ms}$, デューティーサイクル $\leq 2\%$

表 3b 電気的特性 (特に規定のない場合は $T_A=25^\circ\text{C}$)

部品番号	Q _{GS} (nC)		Q _{GD} (nC)		Q _G (nC)		t _{d(on)} (ns)		t _r (ns)		t _{d(off)} (ns)		t _f (ns)	
	V _{DS} =定格 V _{DS} の 50%, I _D = 定格 I _D , V _{GS} =12V						V _{DD} =定格 V _{DS} の 50%, I _D = 定格 I _D , V _{GS} =12V, R _G =10Ω							
	最大	標準	最大	標準	最大	標準	最大	標準	最大	標準	最大	標準	最大	標準
JAXA R 2SK4152	60	40	70	47	220	147	65	43	30	20	190	127	65	45
JAXA R 2SK4153	30	20	30	20	100	67	40	27	20	13	100	67	30	20
JAXA R 2SK4154	13	9	10	7	50	33	30	20	20	13	65	43	15	10
JAXA R 2SK4155	60	40	70	47	220	147	65	43	30	20	190	127	35	23
JAXA R 2SK4156	30	20	30	20	100	67	40	27	20	13	100	67	20	13
JAXA R 2SK4157	13	9	10	7	50	33	30	20	20	13	65	43	15	10
JAXA R 2SK4158	60	40	70	47	220	147	65	43	30	20	190	127	30	20
JAXA R 2SK4159	30	20	30	20	100	67	40	27	20	13	100	67	15	10
JAXA R 2SK4160	13	9	10	7	50	33	30	20	20	13	65	43	10	7
JAXA R 2SK4217	60	40	70	47	220	147	65	43	30	20	190	127	65	50
JAXA R 2SK4218	30	20	30	20	100	67	40	27	20	13	100	67	30	20
JAXA R 2SK4219	13	9	10	7	50	33	30	20	20	13	65	43	15	10

表 3c 電気的特性 (特に規定のない場合は $T_A=25^\circ\text{C}$)

部品番号	C _{iSS} (pF)		C _{oSS} (pF)		C _{rSS} (pF)	
	V _{DS} =75V, V _{GS} =0V f=1MHz					
	最大	標準	最大	標準	最大	標準
JAXA R 2SK4152	8000	5200	1300	900	80	50
JAXA R 2SK4153	3300	2100	550	420	30	20
JAXA R 2SK4154	1500	1000	300	200	20	11
JAXA R 2SK4155	8000	5250	900	580	65	40
JAXA R 2SK4156	3300	2200	350	280	30	15
JAXA R 2SK4157	1500	1000	200	130	20	10
JAXA R 2SK4158	8000	5300	750	500	65	40
JAXA R 2SK4159	3300	2200	350	240	20	15
JAXA R 2SK4160	1500	1000	150	110	10	8
JAXA R 2SK4217	8000	5200	1500	1000	90	55
JAXA R 2SK4218	3300	2100	650	460	30	20
JAXA R 2SK4219	1500	1000	350	220	20	11

表 3d 電気的特性 (寄生ダイオード特性)

部品番号	$V_{SD}^{(1)}$ (V)		t_{rr} (ns)	Q_{rr} (μC)
	$I_F=\text{定格 } I_D$ $V_{GS}=0\text{V}$		$I_F=\text{定格 } I_D, V_{GS}=0\text{V},$ $-di/dt=100\text{A}/\mu\text{s},$ $T_{ch}=25^\circ\text{C}$	
	最大	標準	標準	標準
JAXA R 2SK4152	1.6	1.2	520	11.0
2SK4153			540	9.0
2SK4154			390	5.0
2SK4155			690	13.5
2SK4156			800	12.0
2SK4157			620	6.0
2SK4158			1000	19.0
2SK4159			900	12.0
2SK4160			640	6.5
2SK4217			450	7.0
2SK4218			500	6.5
2SK4219			350	3.5

注⁽¹⁾ パルス試験: パルス幅 $\leq 1\text{ms}$, デューティーサイクル $\leq 2\%$

表 4 機械的及び熱的特性

試験項目		性 能		
温 度	温度サイクル	-55 to 150°C, 500 サイクル		
	熱衝撃	0 to 100°C, 25 サイクル		
	はんだ耐熱	240°C, 10s		
耐湿性		80 to 98%, 25 to 65°C, 10 サイクル		
塩 気		35°C, 24hr, 塩堆積率=10 to 50g/m ² /24hr		
機 械 環 境	振 動	196m/s ² (20G), 100 to 2000Hz, 4min X-Y-Z 各方向 4 回		
	衝 撃	14700m/s ² (1500G), 0.5ms X ₁ -Y ₁ -Y ₂ -Z ₁ 各方向 5 回		
	定加速度	98100 m/s ² (10000G) X ₁ -Y ₁ -Y ₂ -Z ₁ 各方向 1 回		
静電気破壊試験 (ESD)		JAXA R 2SK4152	JAXA R 2SK4153	JAXA R 2SK4154
		JAXA R 2SK4155	JAXA R 2SK4156	JAXA R 2SK4157
		JAXA R 2SK4158	JAXA R 2SK4159	JAXA R 2SK4160
		JAXA R 2SK4217	JAXA R 2SK4218	JAXA R 2SK4219
		C=100pF, R=1.5kΩ		
		V _{GS} =±2750V	V _{GS} =±1000V	V _{GS} =±500V

5 各種動作条件における特性曲線

各種動作条件における特性曲線を図 6～図 41 に示す。

図 6 - 8: 特性曲線 JAXA R 2SK4152

図 9 -11: 特性曲線 JAXA R 2SK4153

図 12-14: 特性曲線 JAXA R 2SK4154

図 15-17: 特性曲線 JAXA R 2SK4155

図 18-20: 特性曲線 JAXA R 2SK4156

図 21-23: 特性曲線 JAXA R 2SK4157

図 24-26: 特性曲線 JAXA R 2SK4158

図 27-29: 特性曲線 JAXA R 2SK4159

図 30-32: 特性曲線 JAXA R 2SK4160

図 33-35: 特性曲線 JAXA R 2SK4217

図 36-38: 特性曲線 JAXA R 2SK4218

図 39-41: 特性曲線 JAXA R 2SK4219

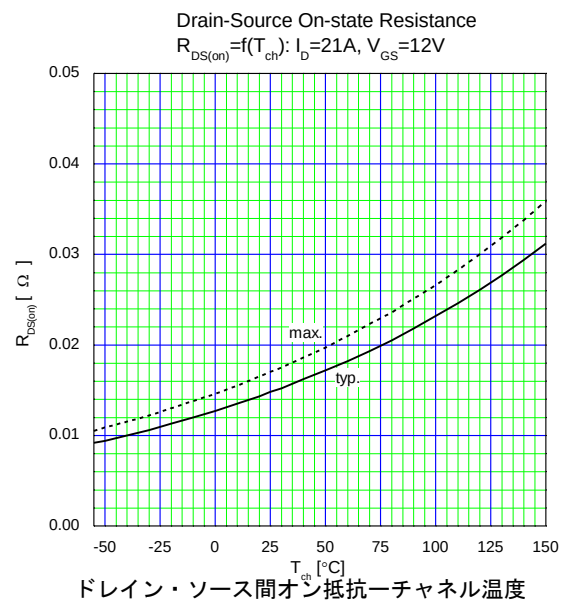
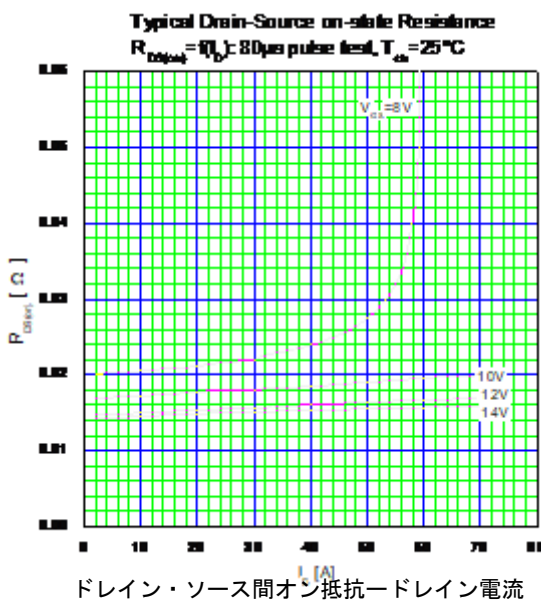
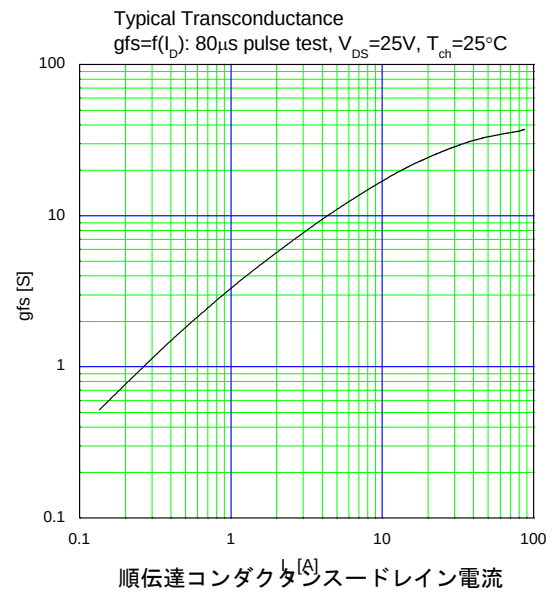
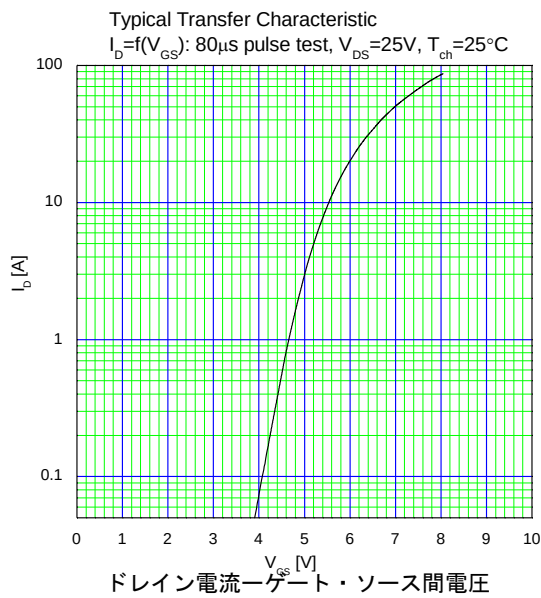
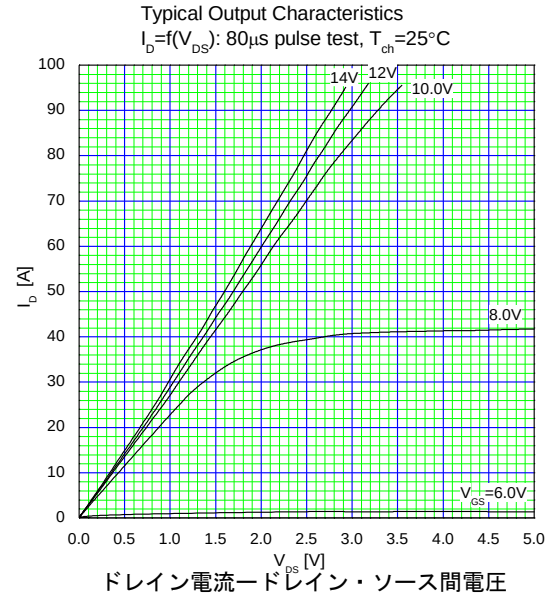
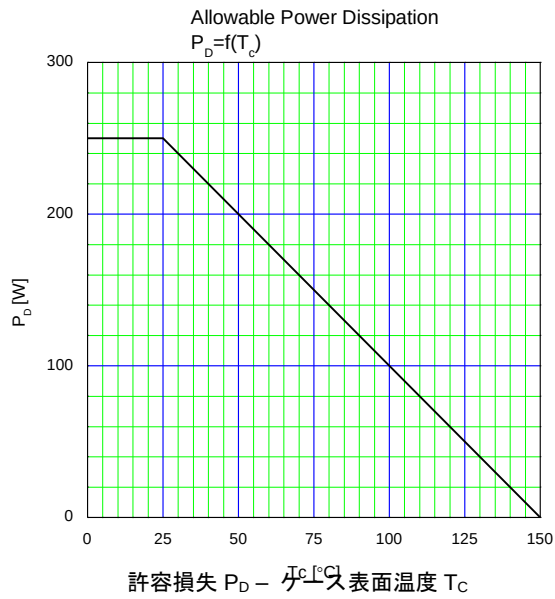


図 6 特性曲線 JAXA R 2SK4152 (1/3)

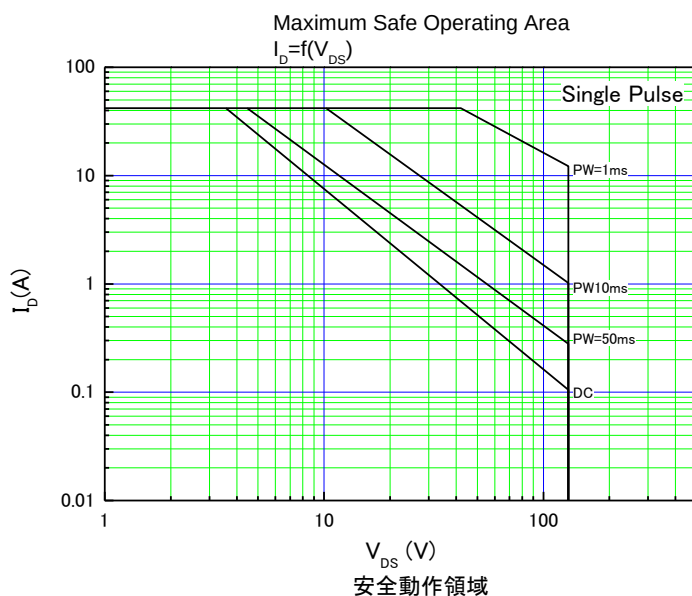
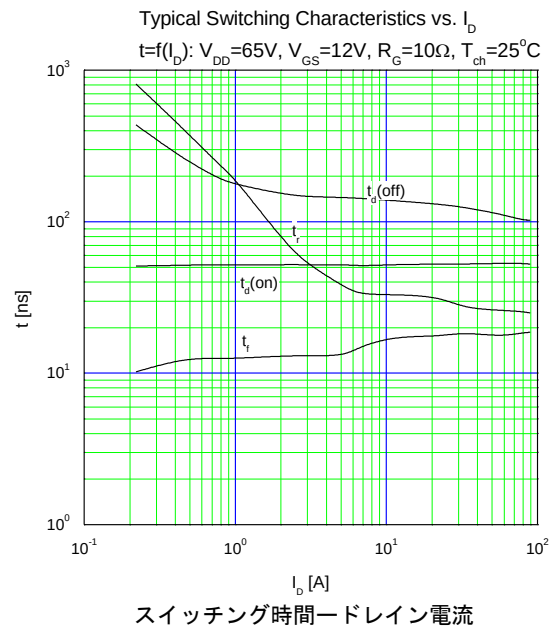
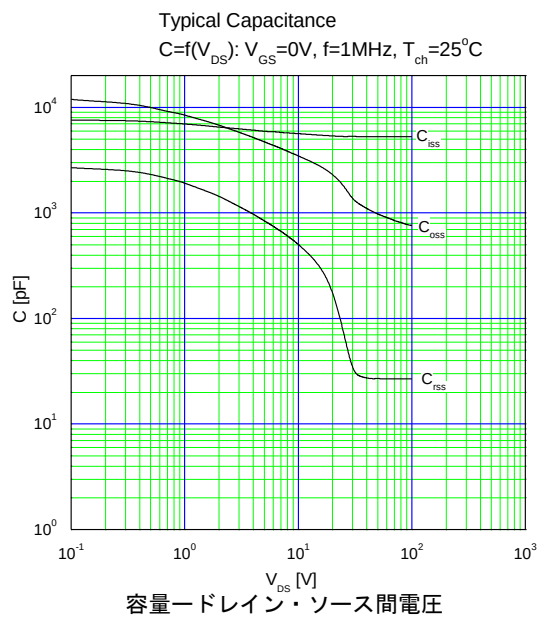
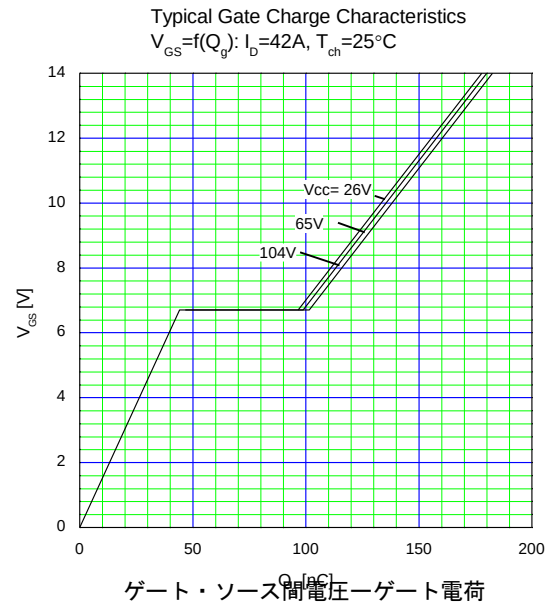
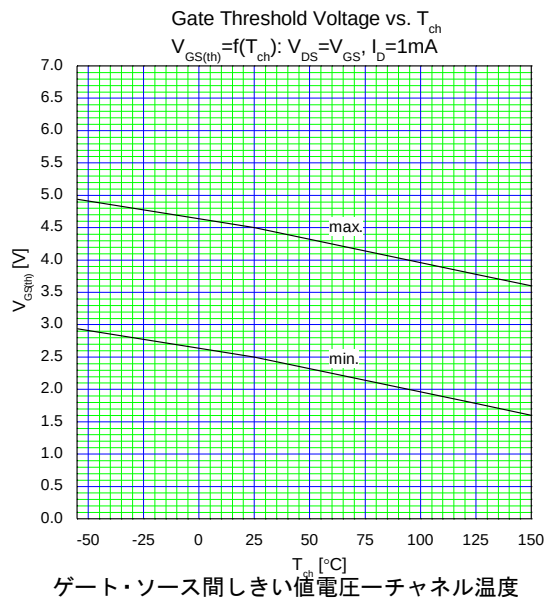
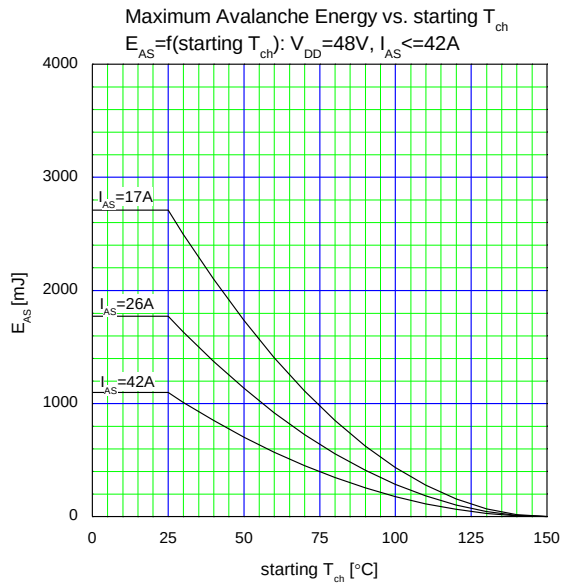
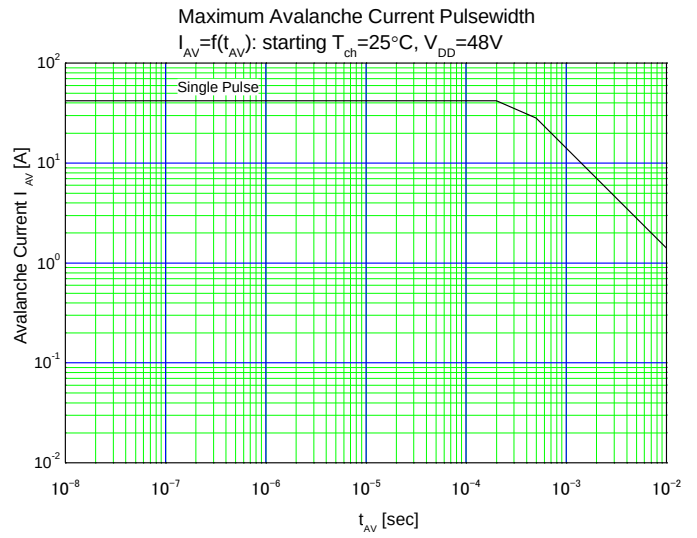


図 7 特性曲線 JAXA R 2SK4152 (2/3)



アバランシェ・エネルギー — 試験開始チャネル温度



最大アバランシェ電流

図 8 特性曲線 JAXA R 2SK4152 (3/3)

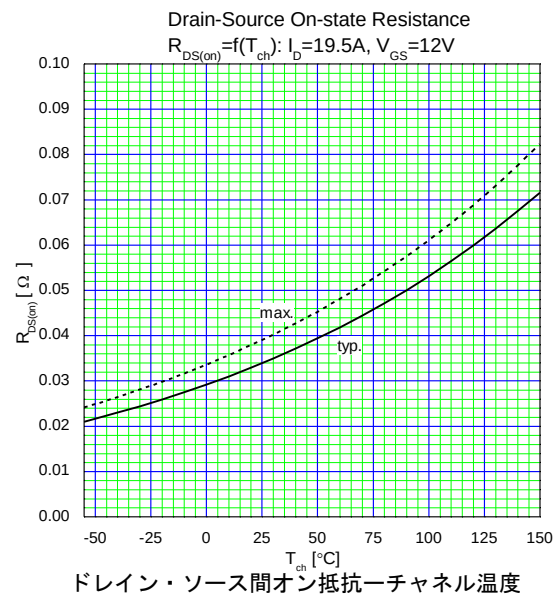
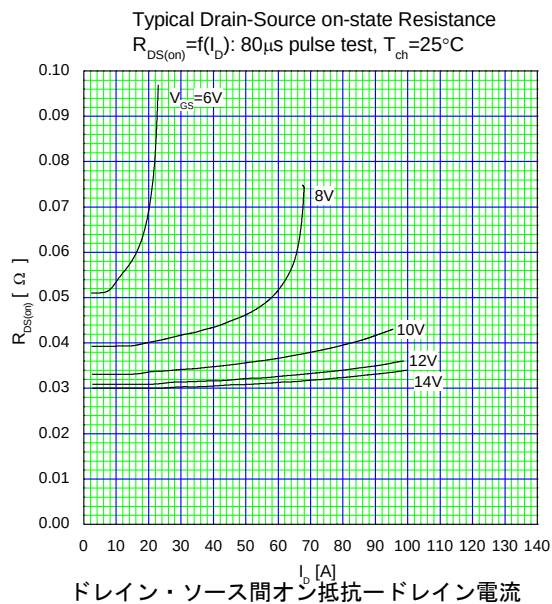
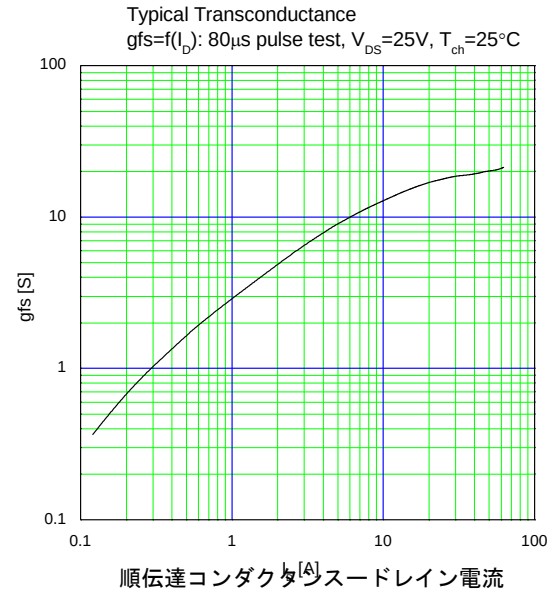
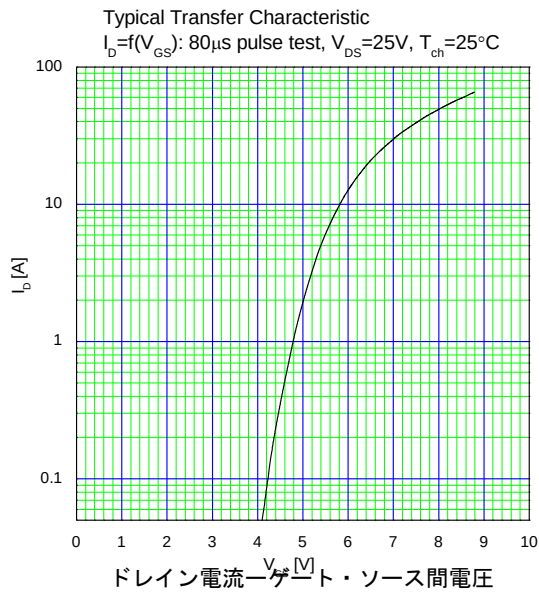
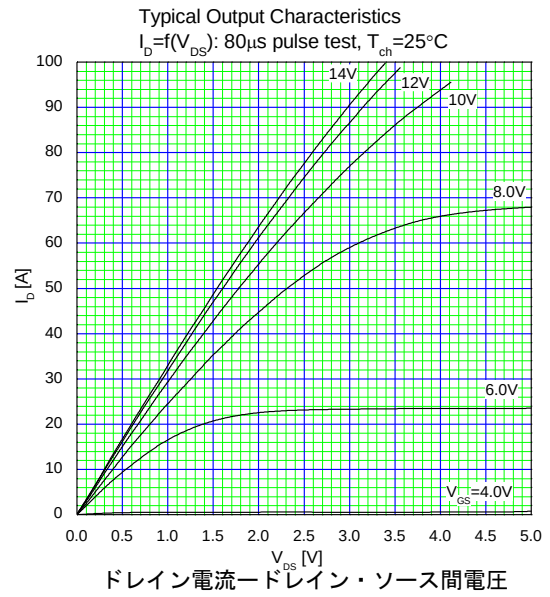
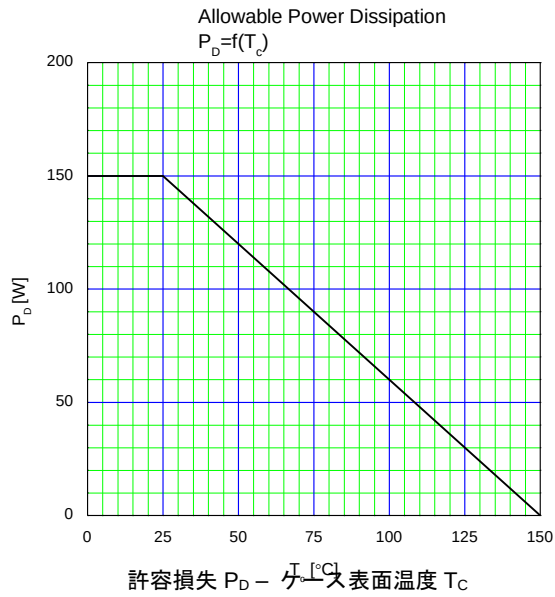


図 9 特性曲線 JAXA R 2SK4153 (1/3)

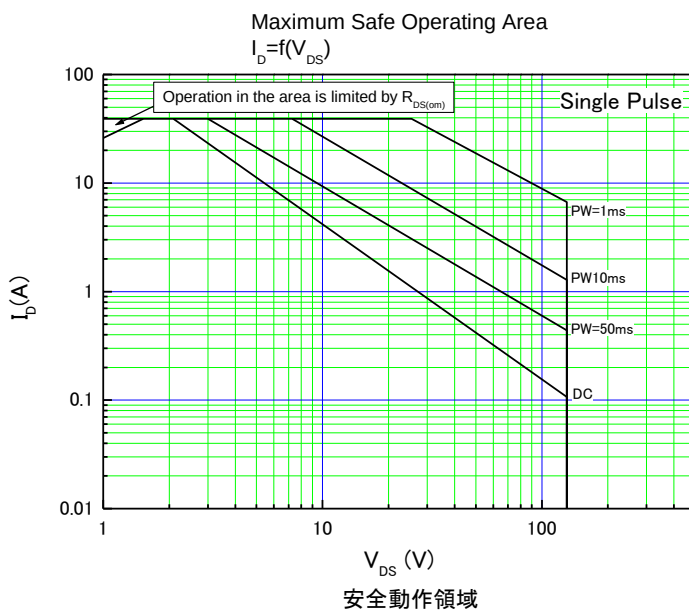
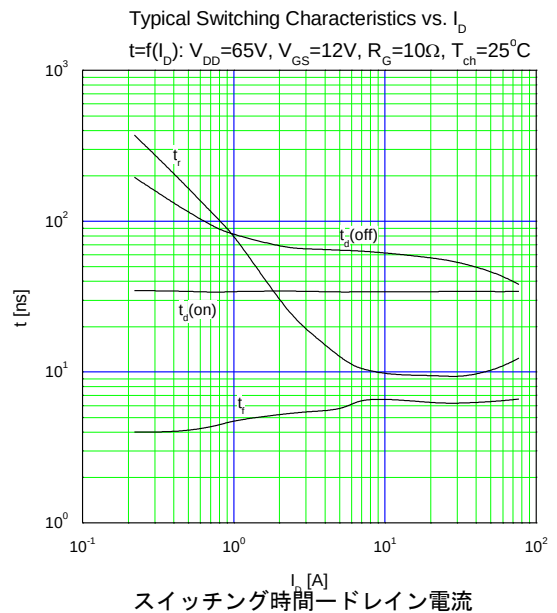
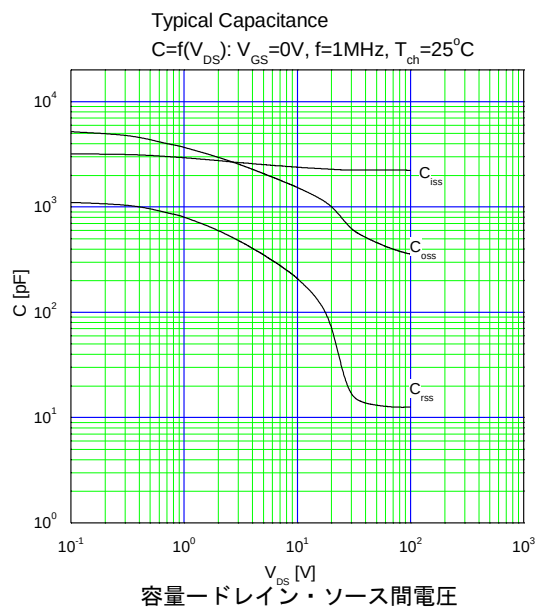
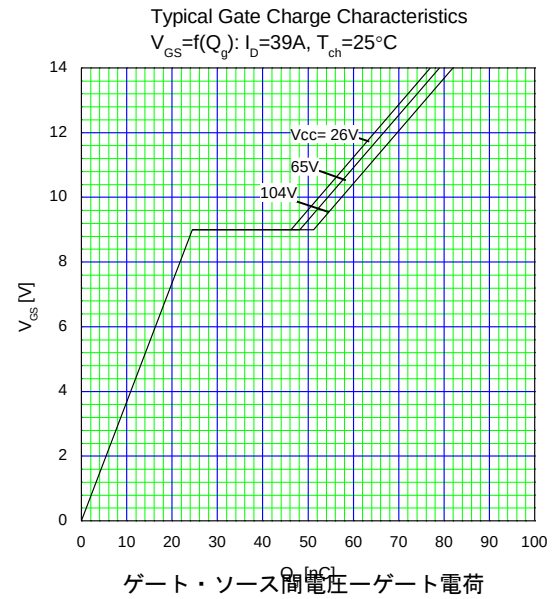
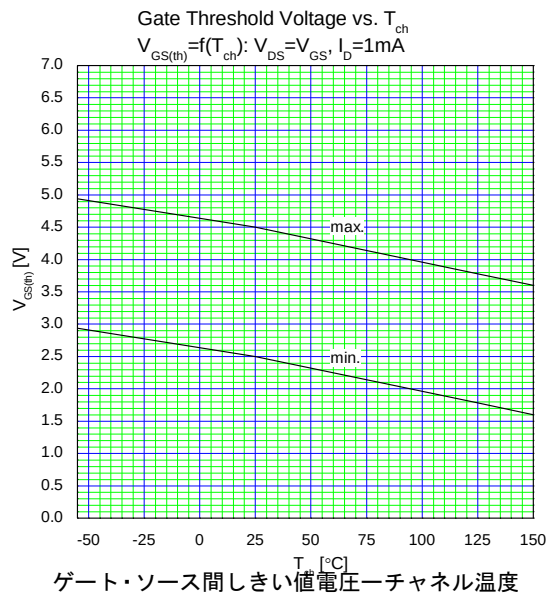
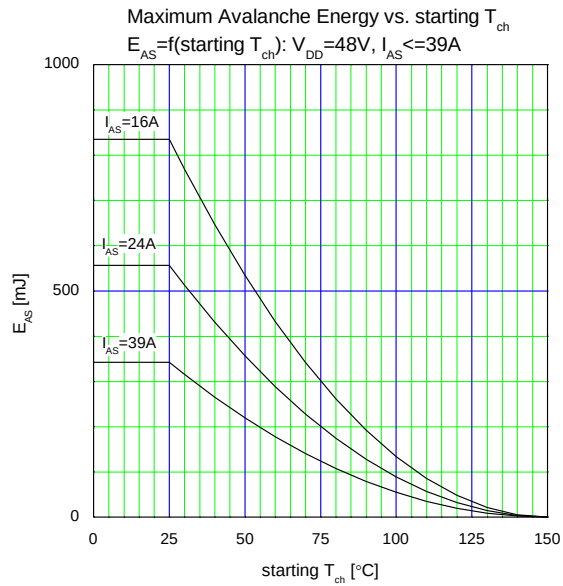
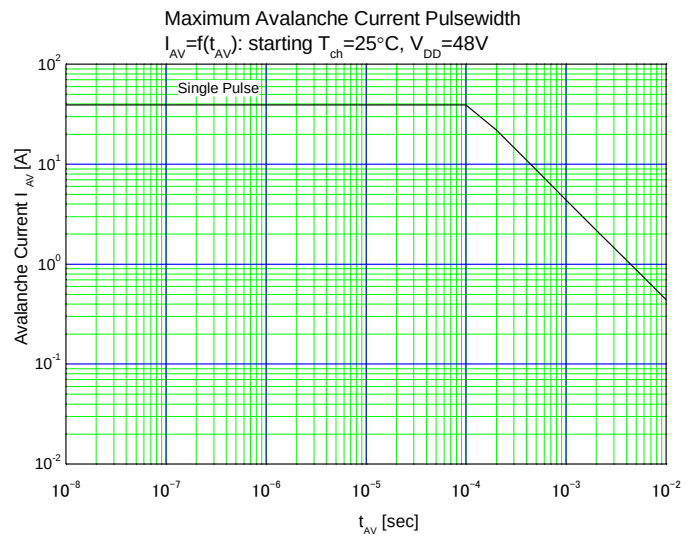


図 10 特性曲線 JAXA R 2SK4153 (2/3)



アバランシェ・エネルギー — 試験開始チャネル温度



最大アバランシェ電流

図 11 特性曲線 JAXA R 2SK4153 (3/3)

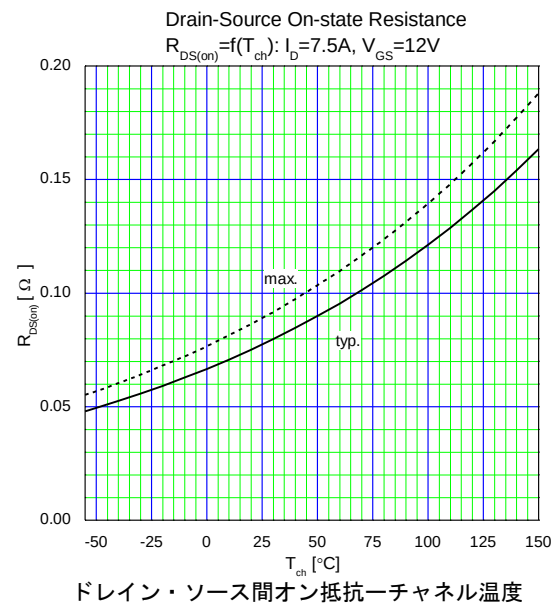
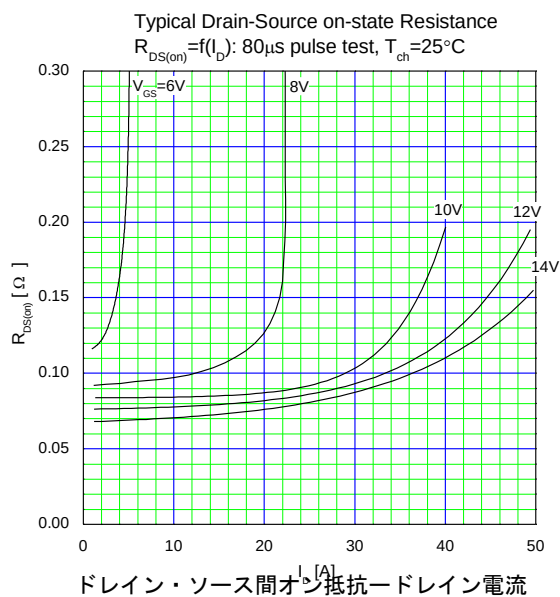
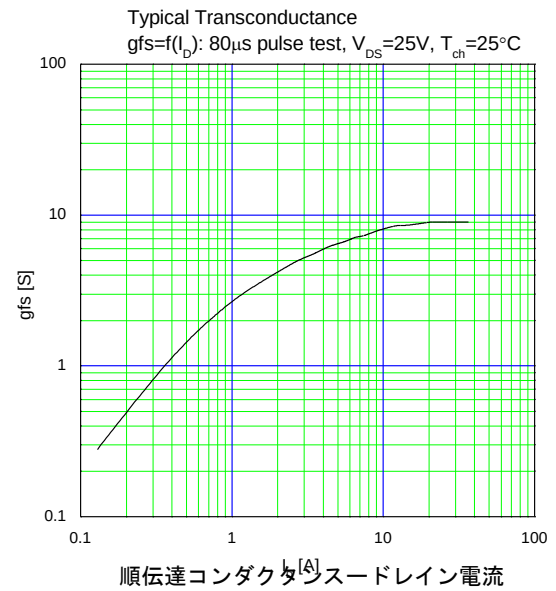
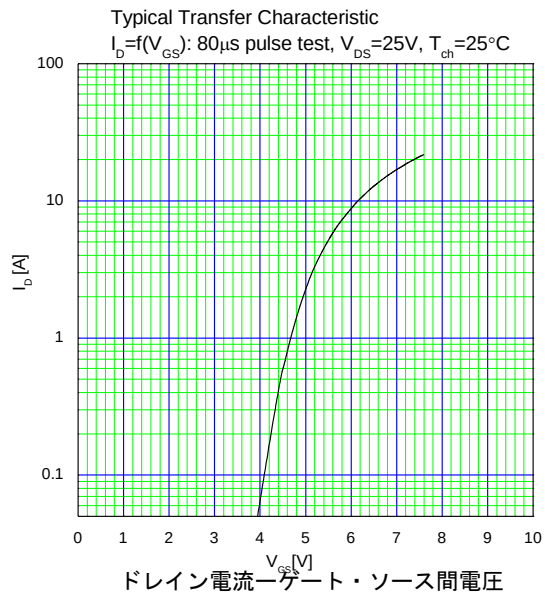
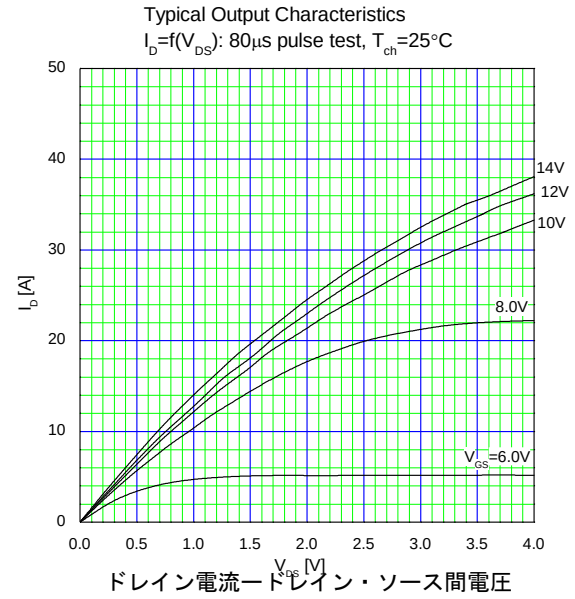
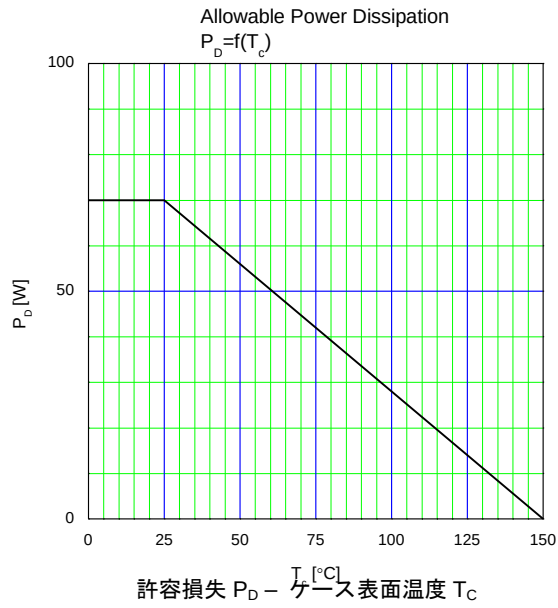


図 12 特性曲線 JAXA R 2SK4154 (1/3)

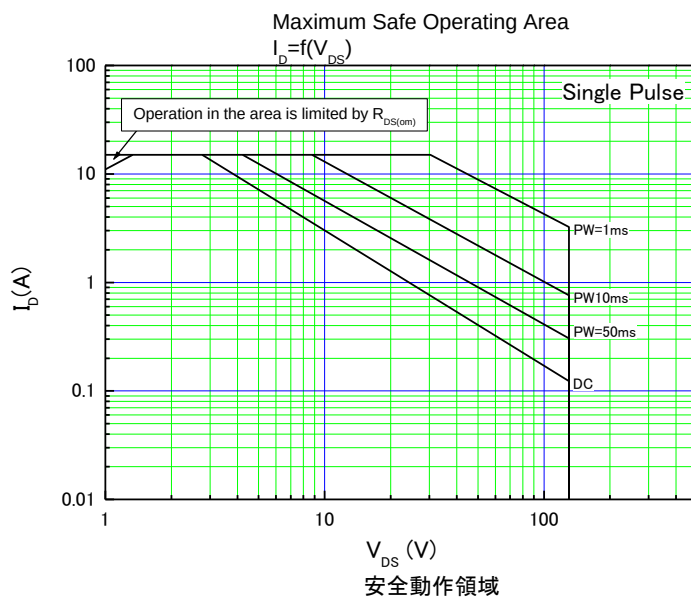
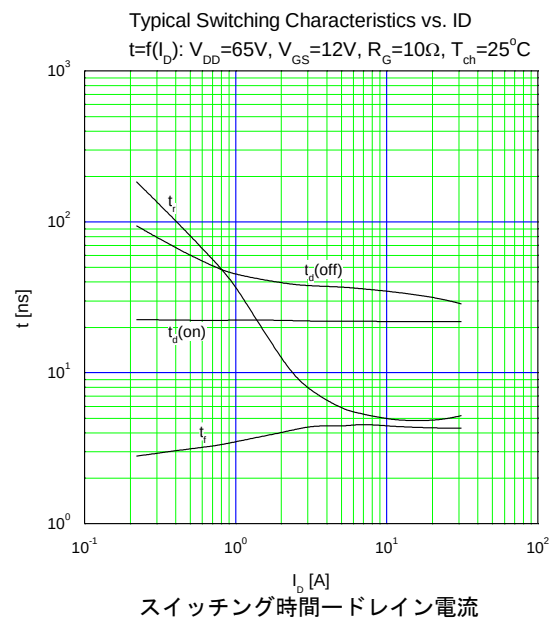
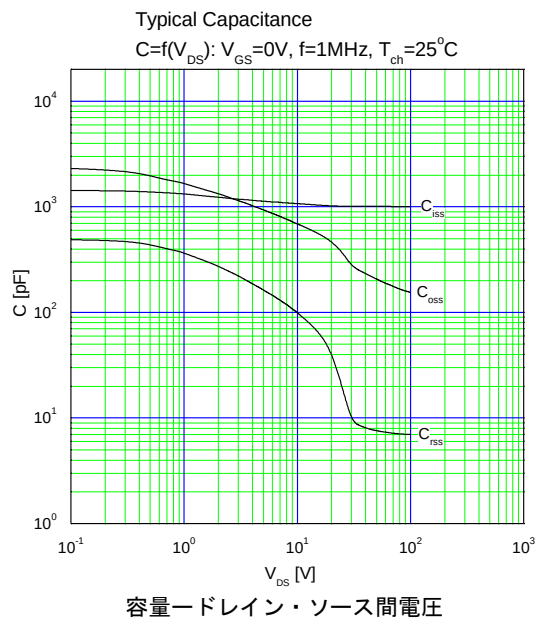
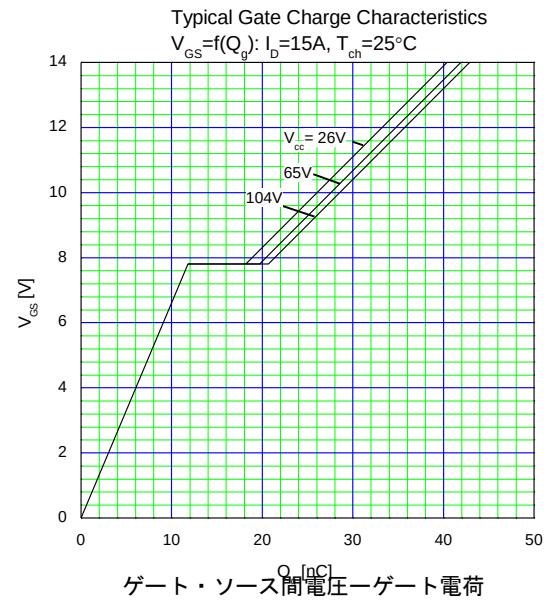
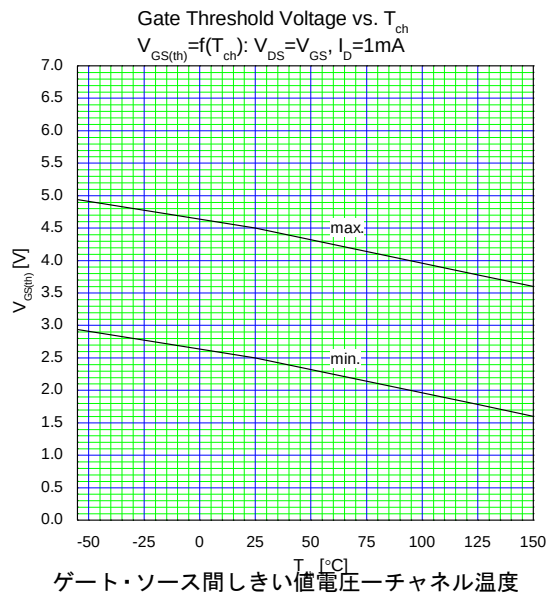
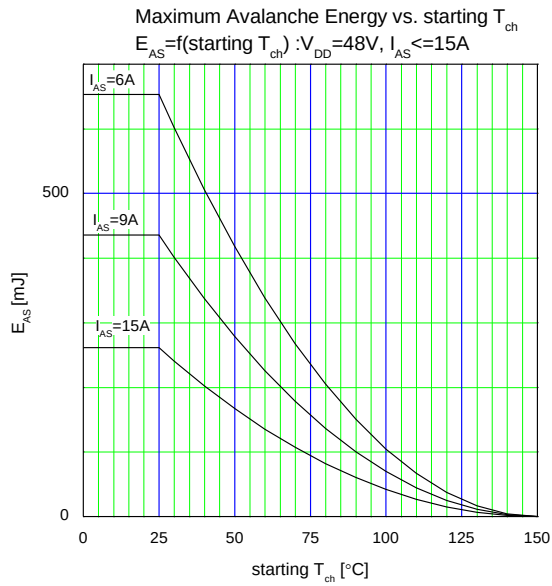
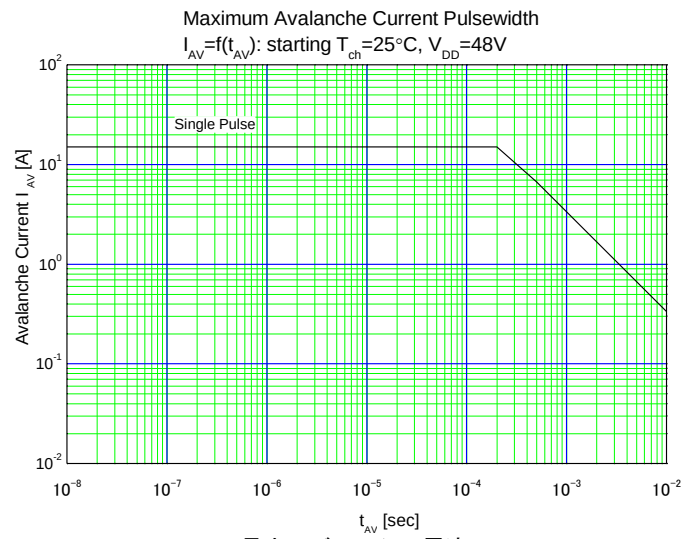


図 13 特性曲線 JAXA R 2SK4154 (2/3)



アバランシェ・エネルギー — 試験開始チャネル温度



最大アバランシェ電流

図 14 特性曲線 JAXA R 2SK4154 (3/3)

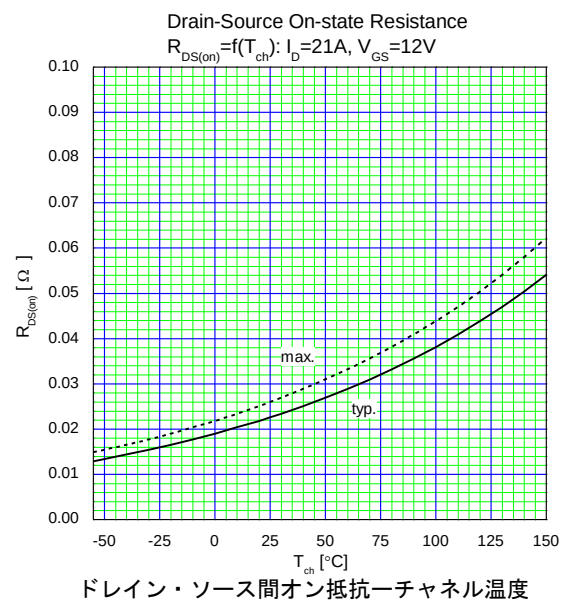
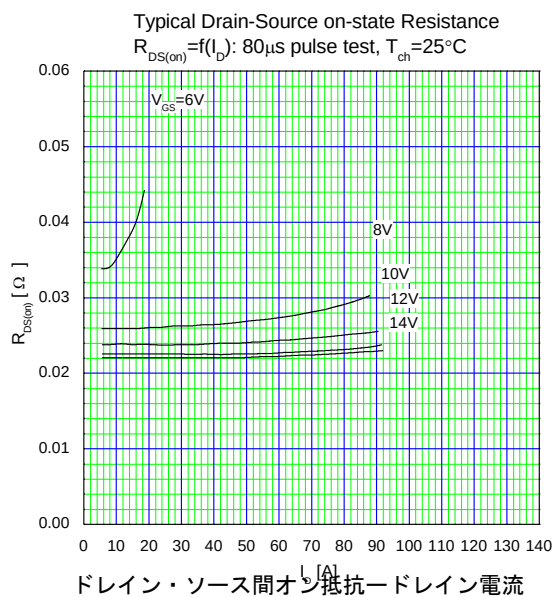
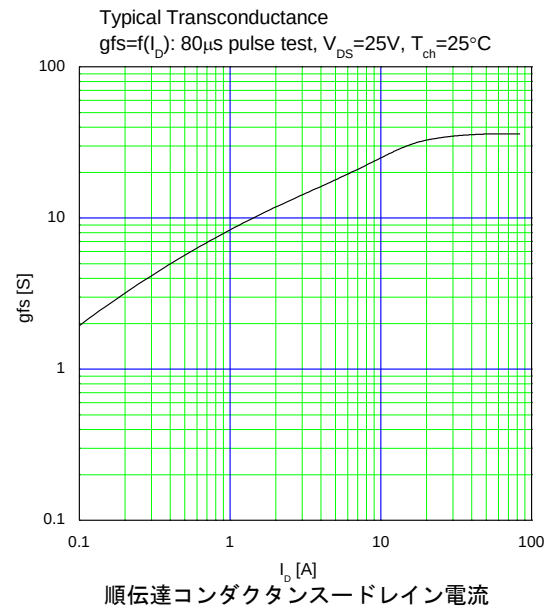
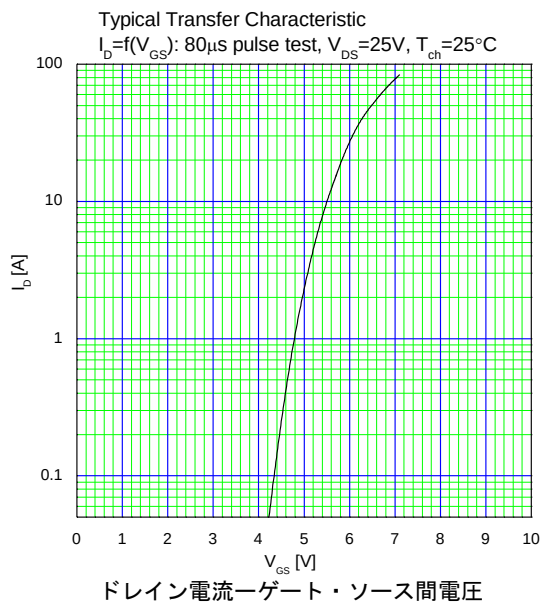
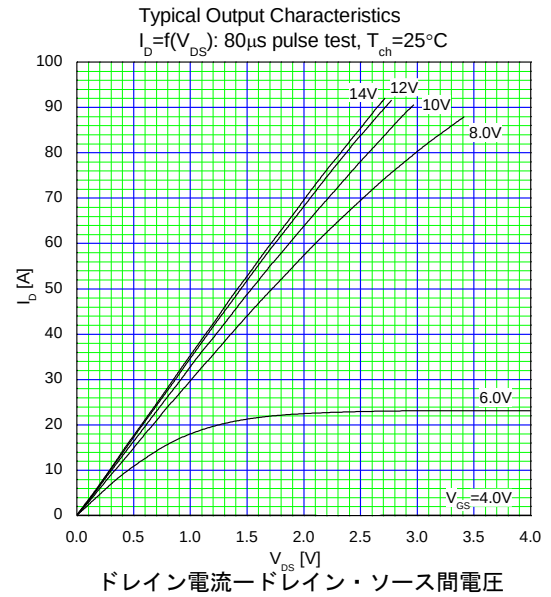
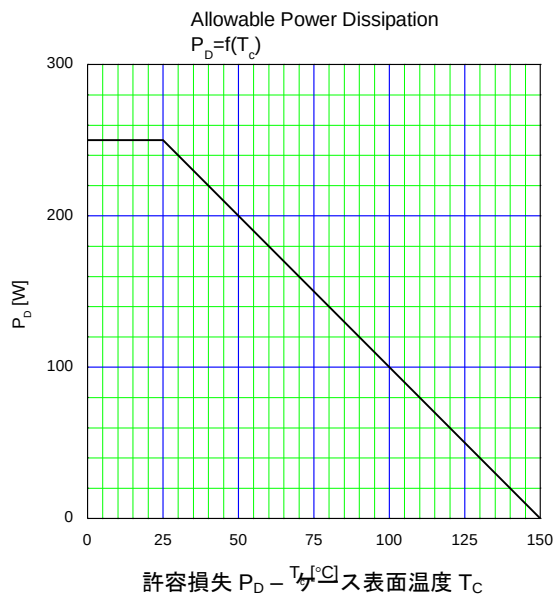


図 15 特性曲線 JAXA R 2SK4155 (1/3)

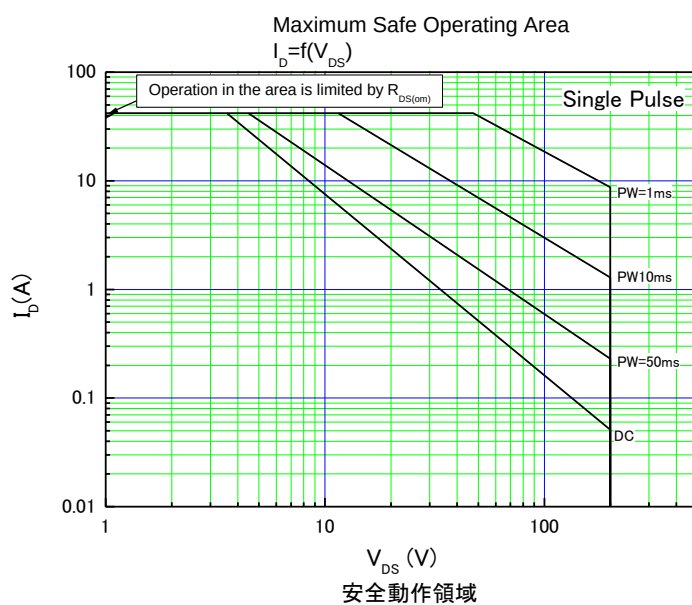
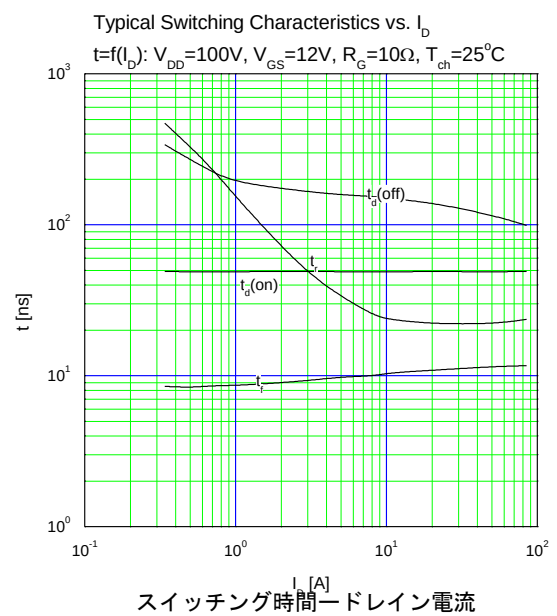
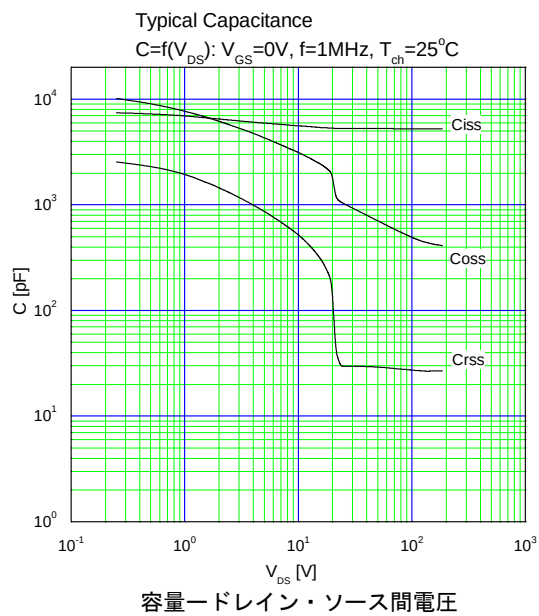
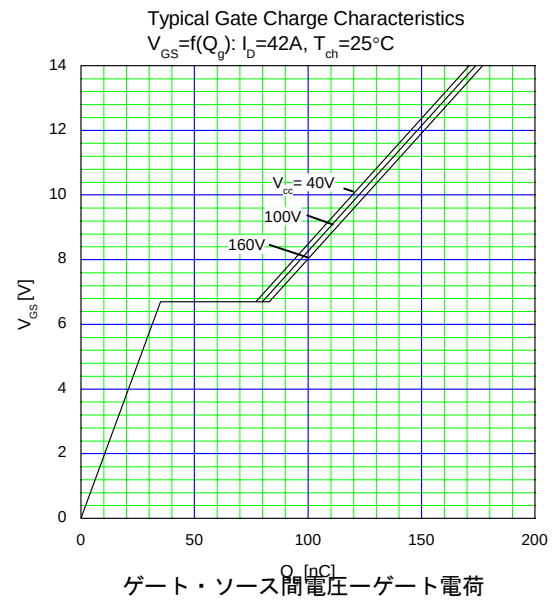
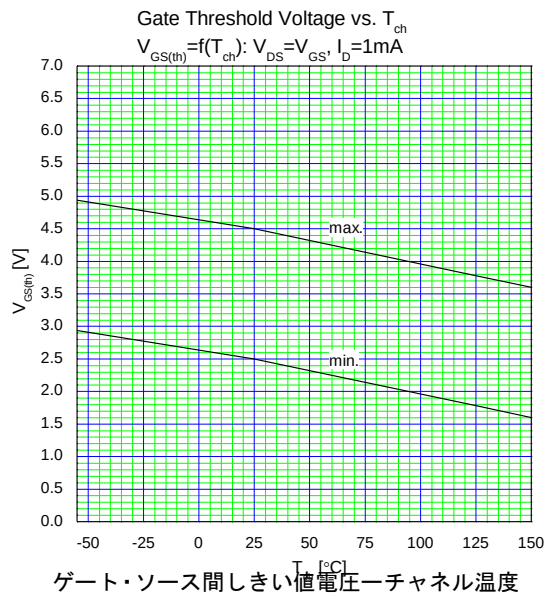


図 16 特性曲線 JAXA R 2SK4155 (2/3)

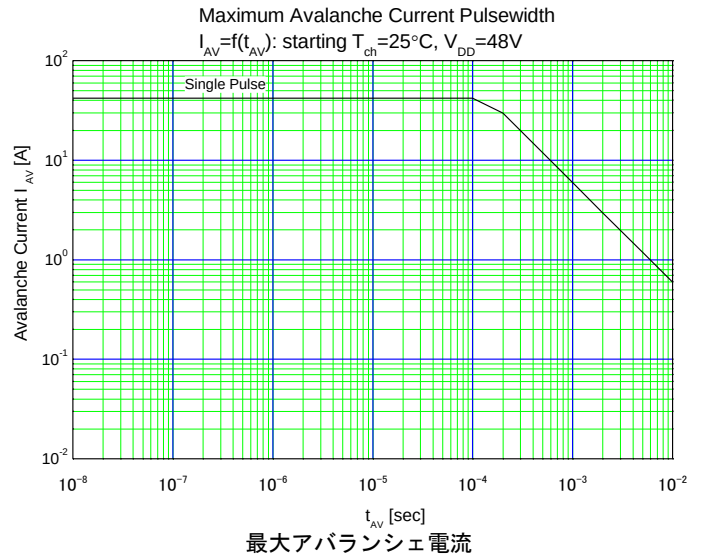
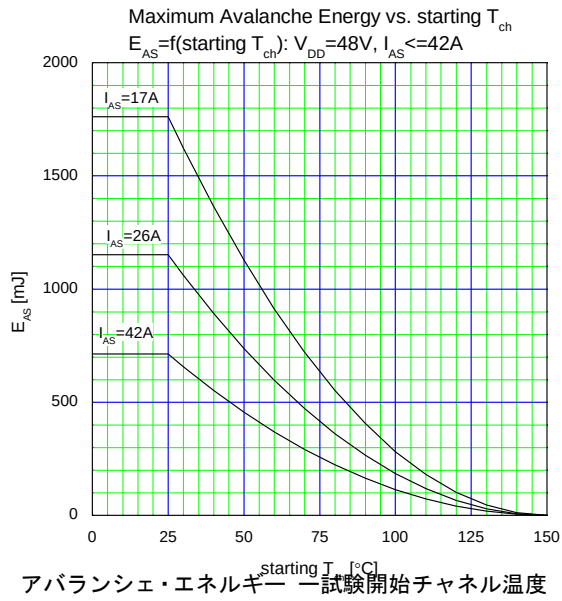


図 17 特性曲線 JAXA R 2SK4155 (3/3)

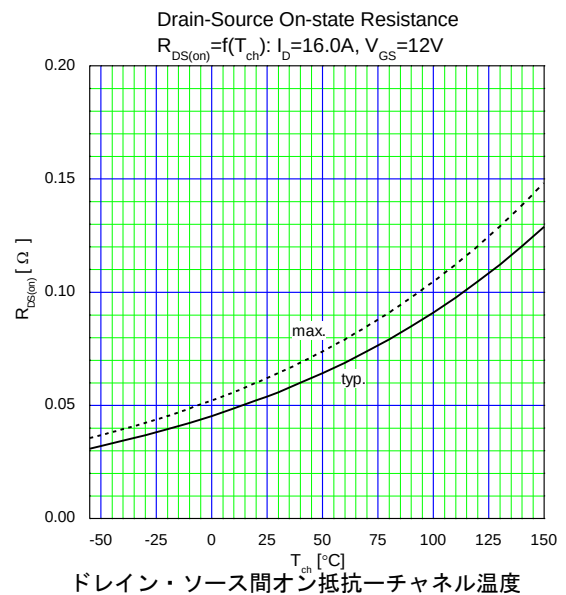
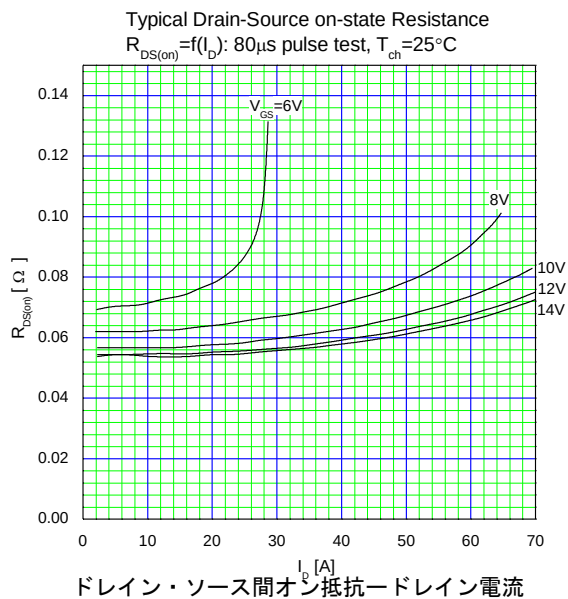
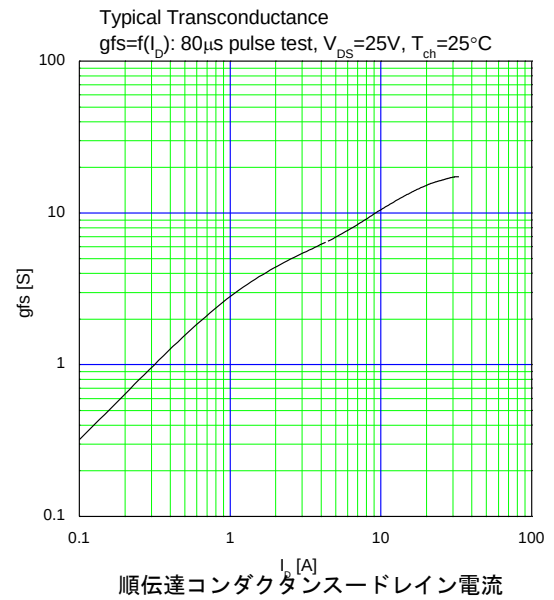
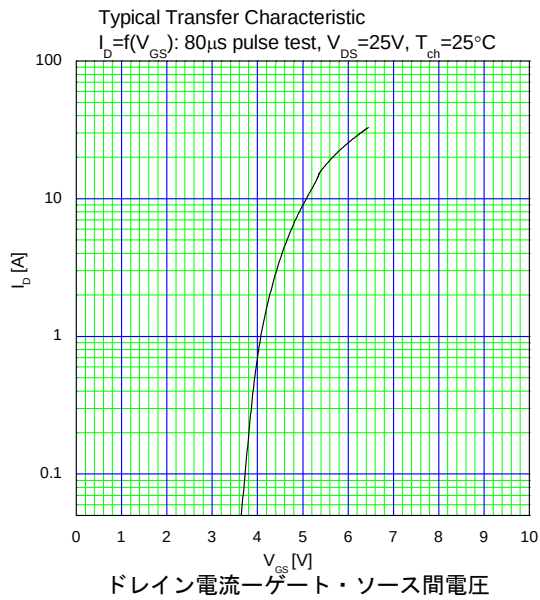
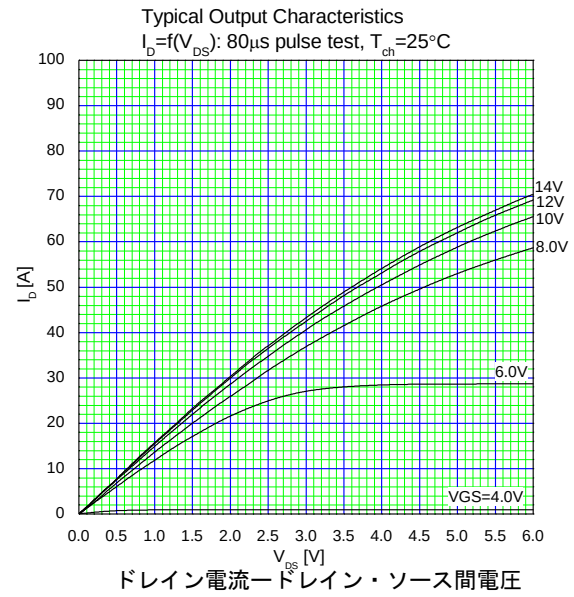
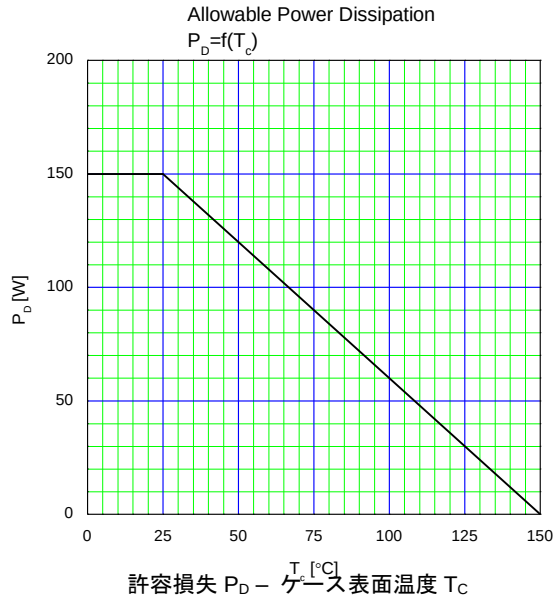


図 18 特性曲線 JAXA R 2SK4156 (1/3)

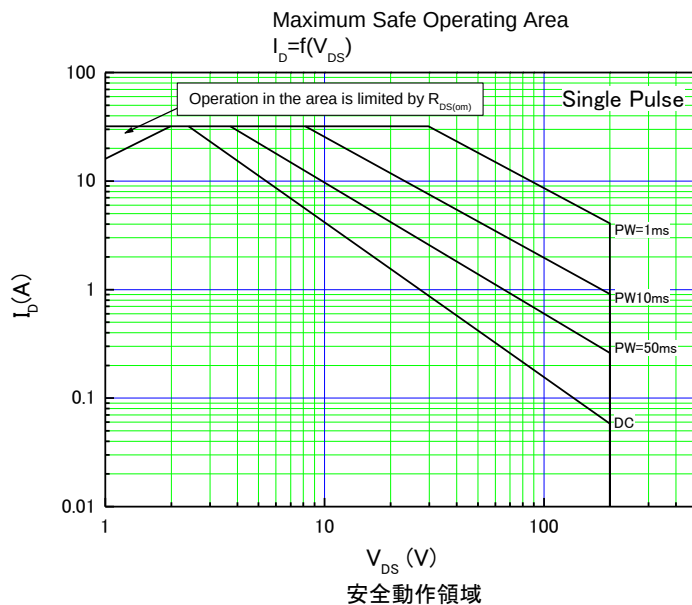
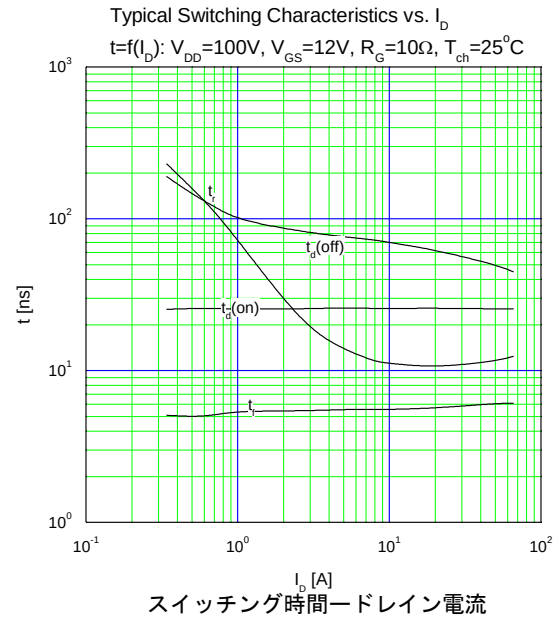
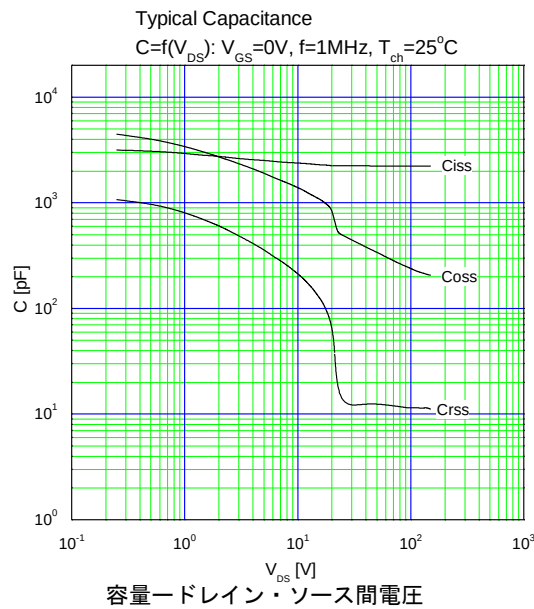
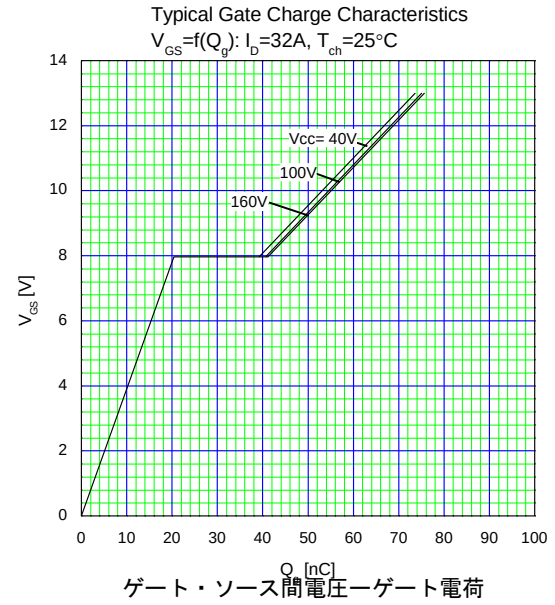
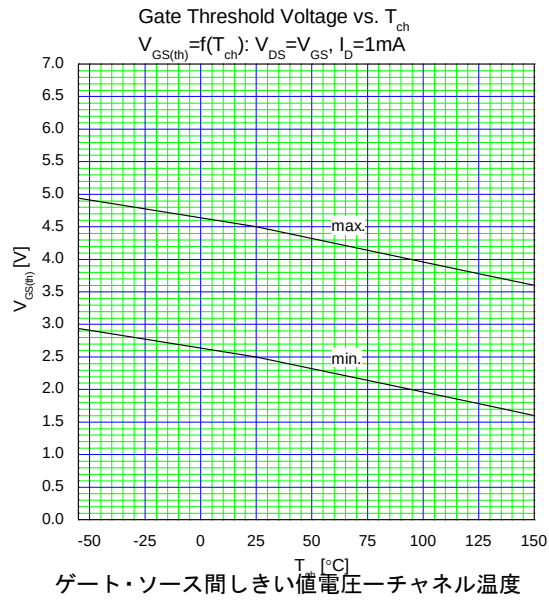
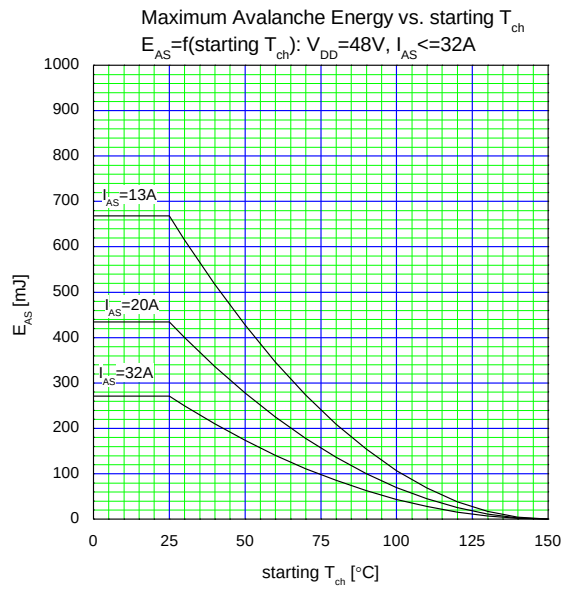
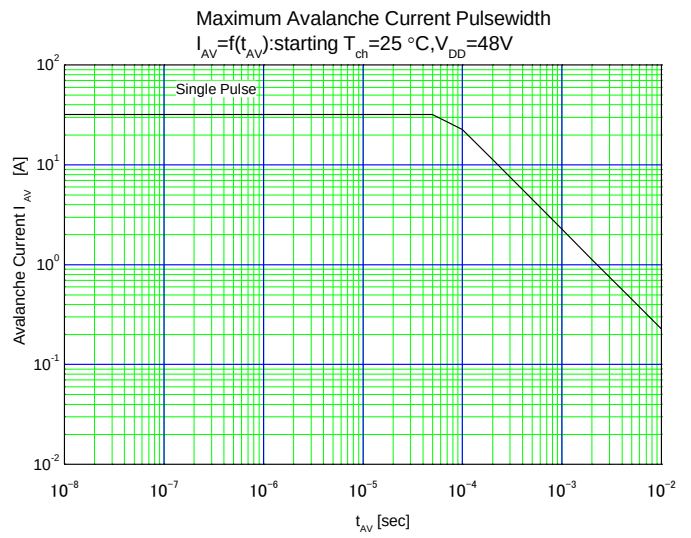


図 19 特性曲線 JAXA R 2SK4156 (2/3)



アバランシェ・エネルギー — 試験開始チャネル温度



最大アバランシェ電流

図 20 特性曲線 JAXA R 2SK4156 (3/3)

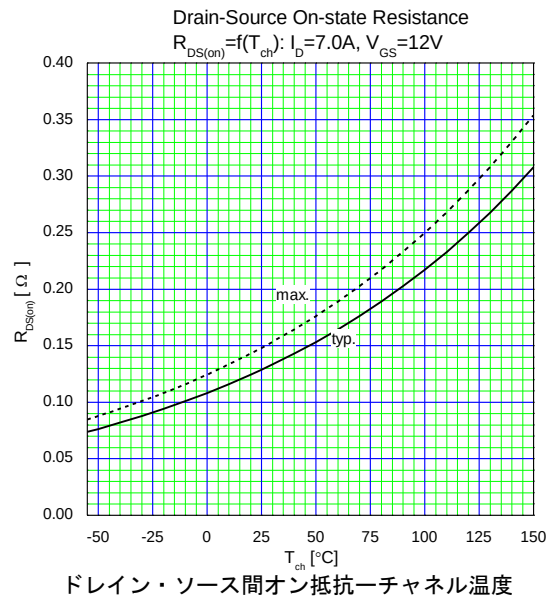
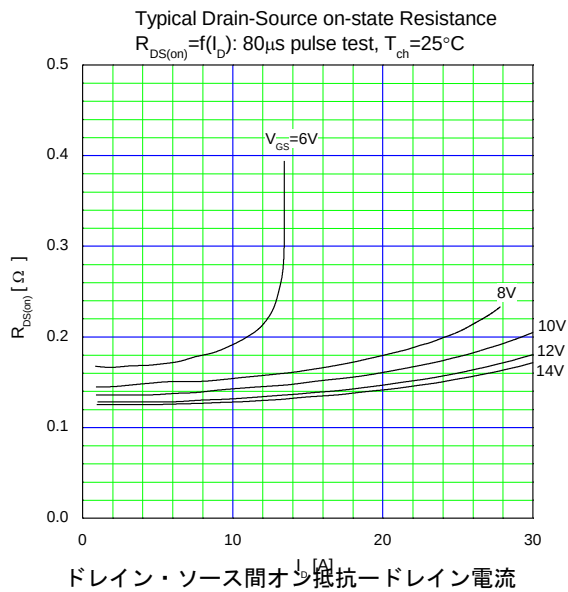
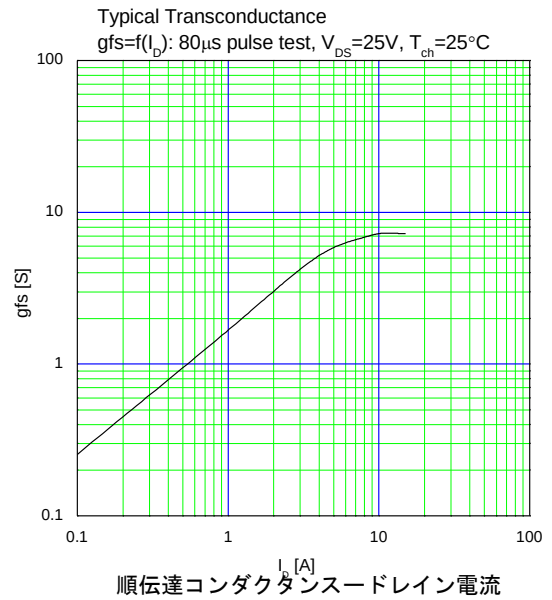
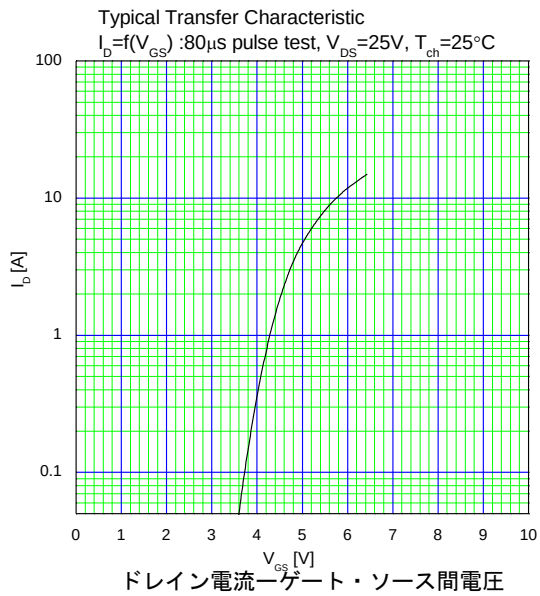
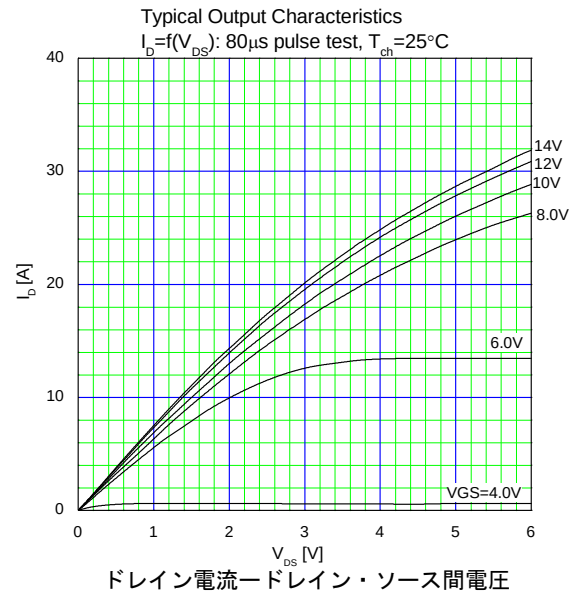
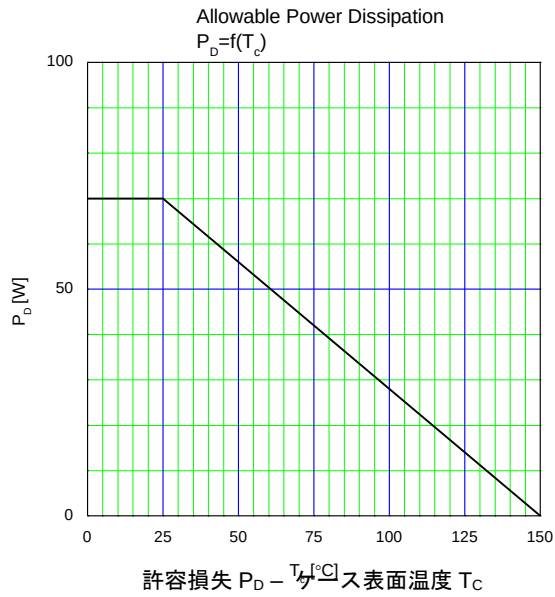


図 21 特性曲線 JAXA R 2SK4157 (1/3)

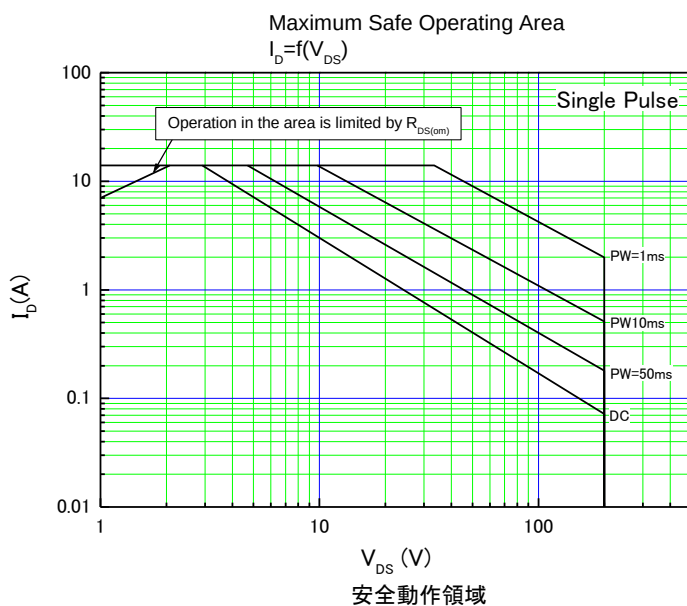
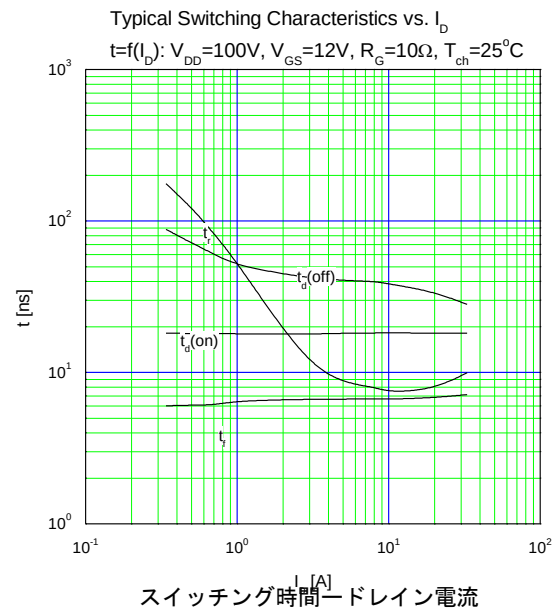
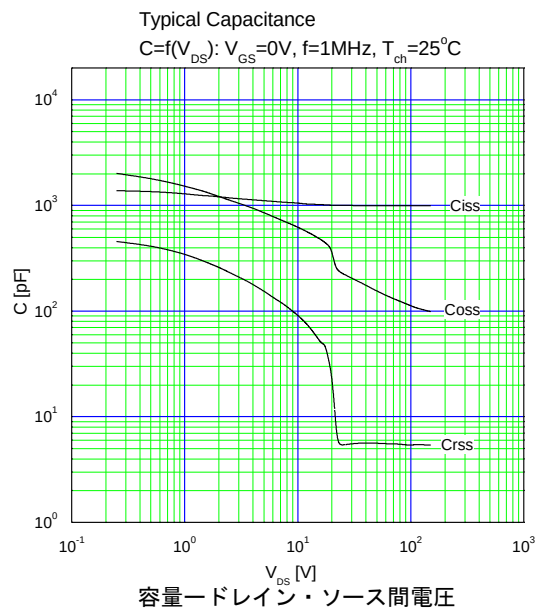
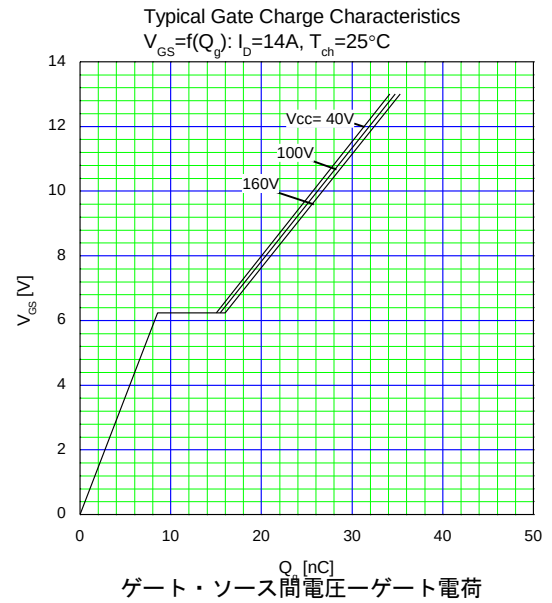
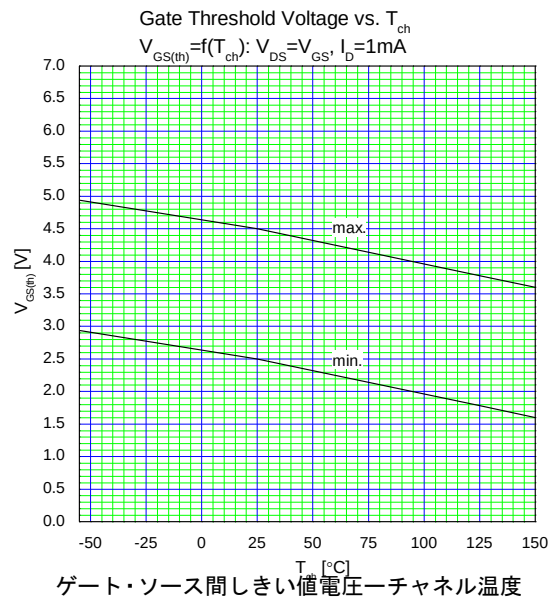


図 22 特性曲線 JAXA R 2SK4157 (2/3)

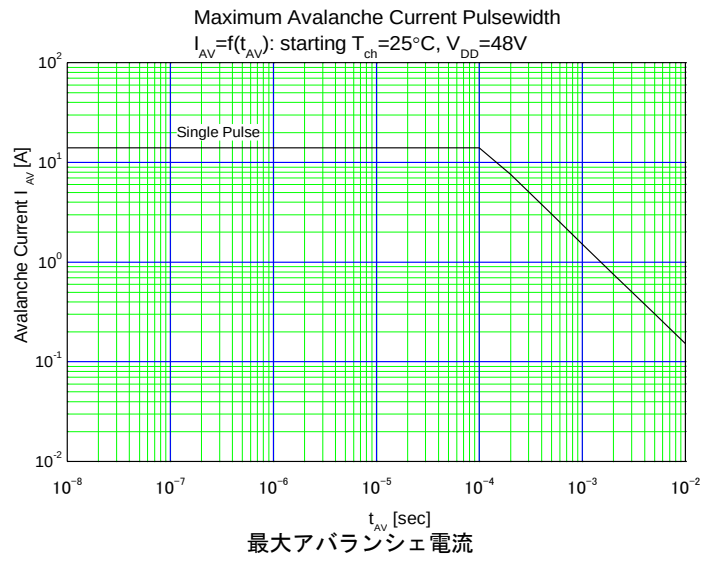
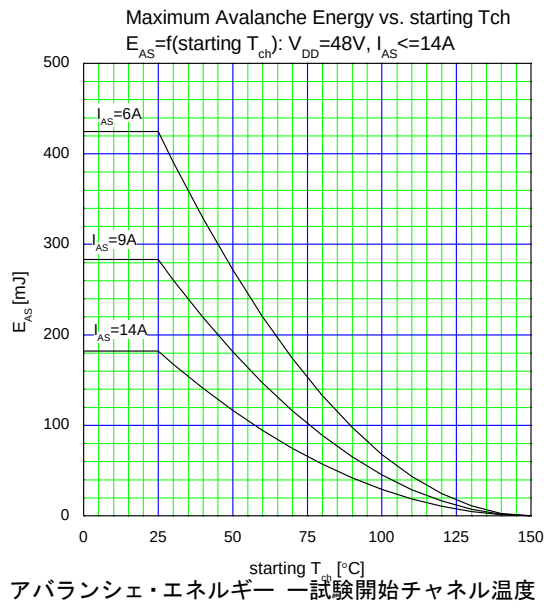


図 23 特性曲線 JAXA R 2SK4157 (3/3)

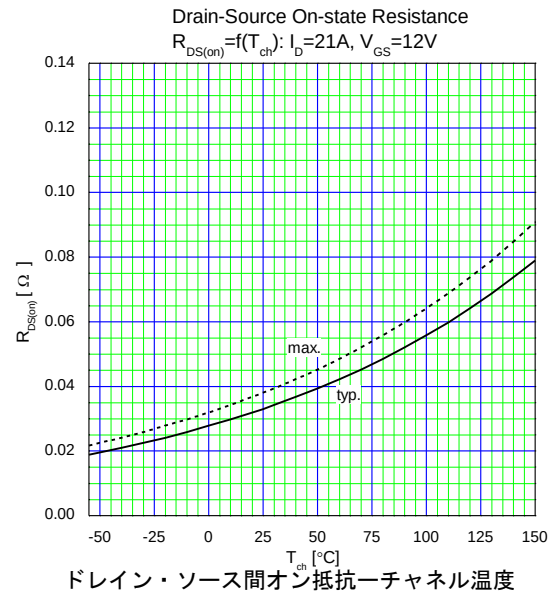
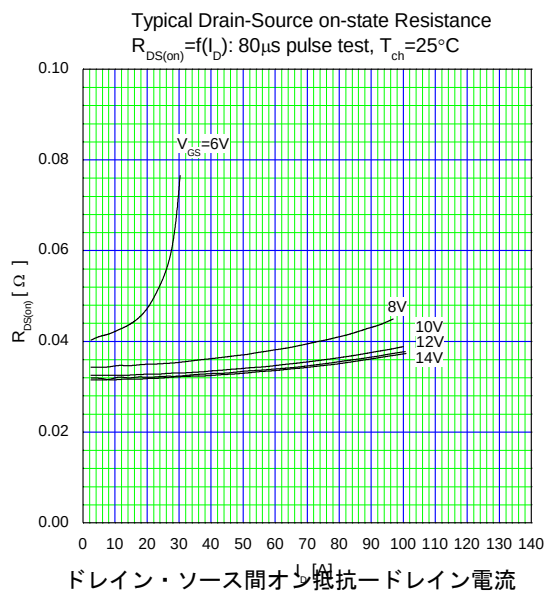
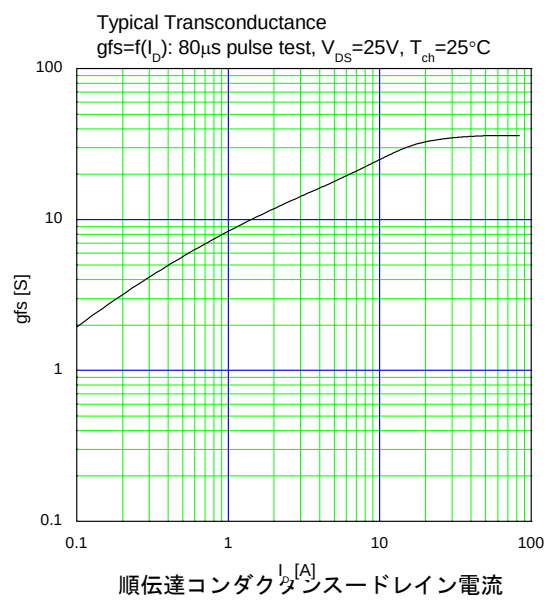
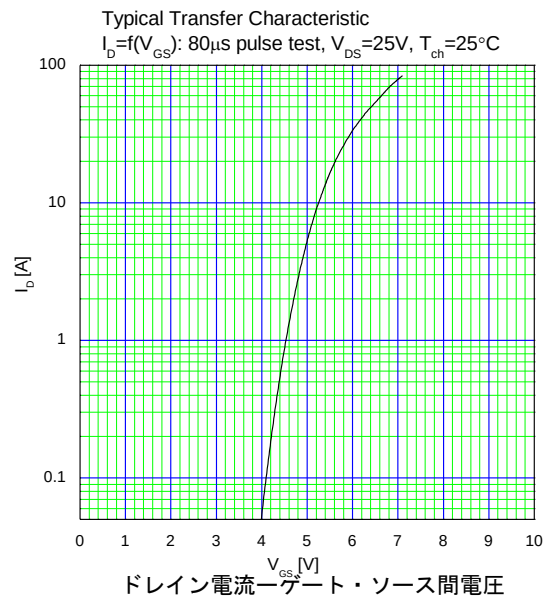
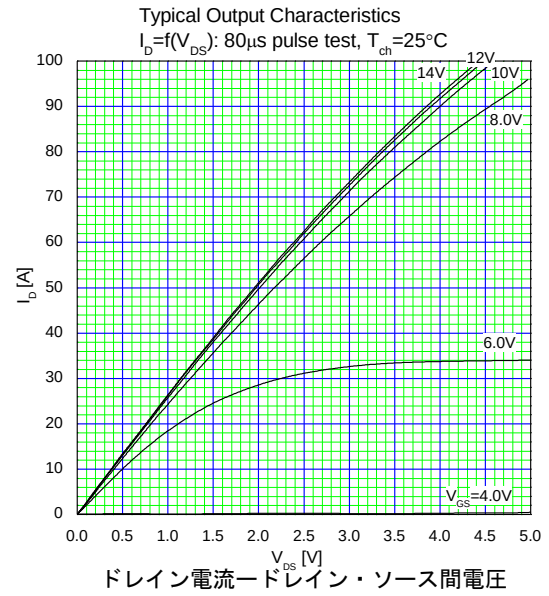
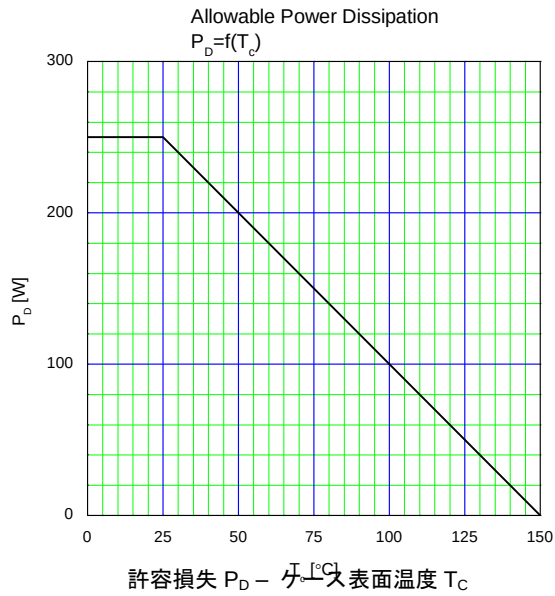
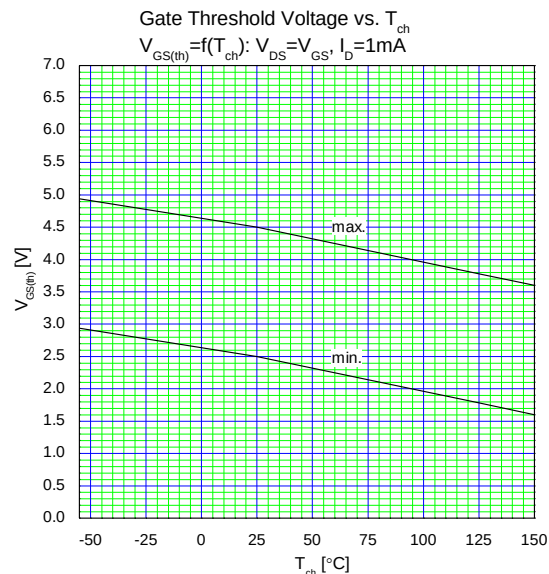
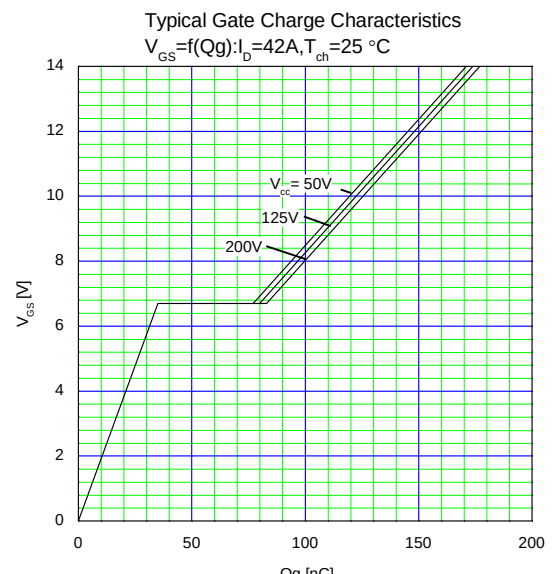


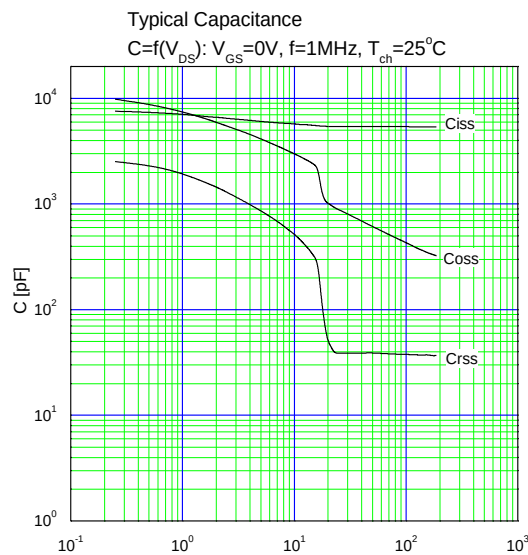
図 24 特性曲線 JAXA R 2SK4158 (1/3)



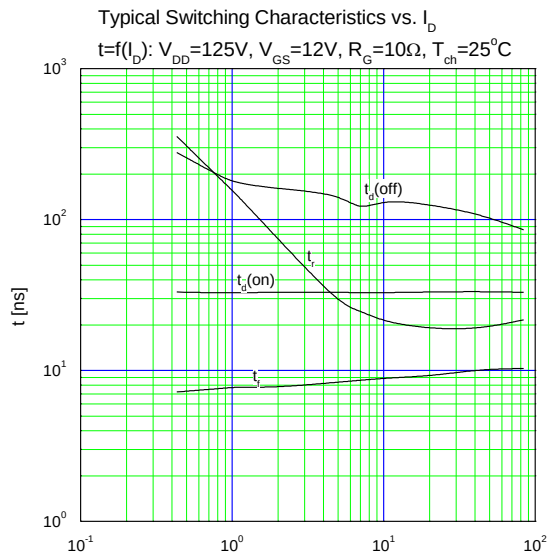
ゲート・ソース間しきい値電圧ーチャネル温度



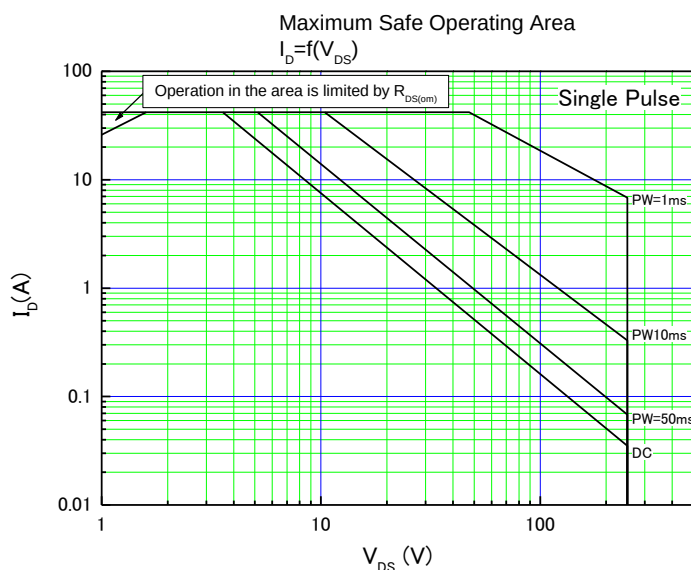
ゲート・ソース間電圧ーゲート電荷



容量ードレイン・ソース間電圧

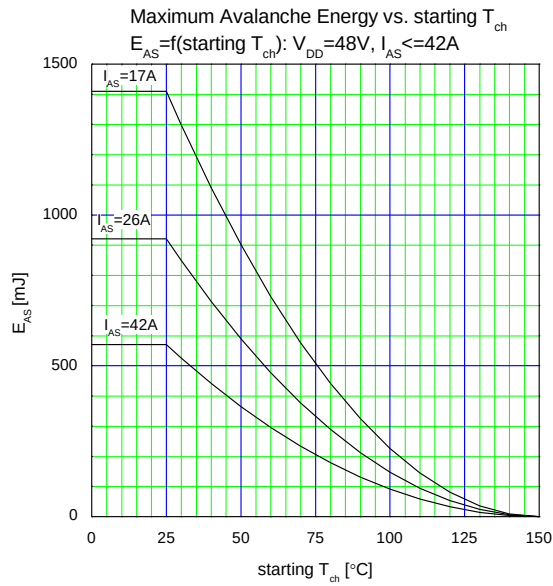


スイッチング時間ードレイン電流

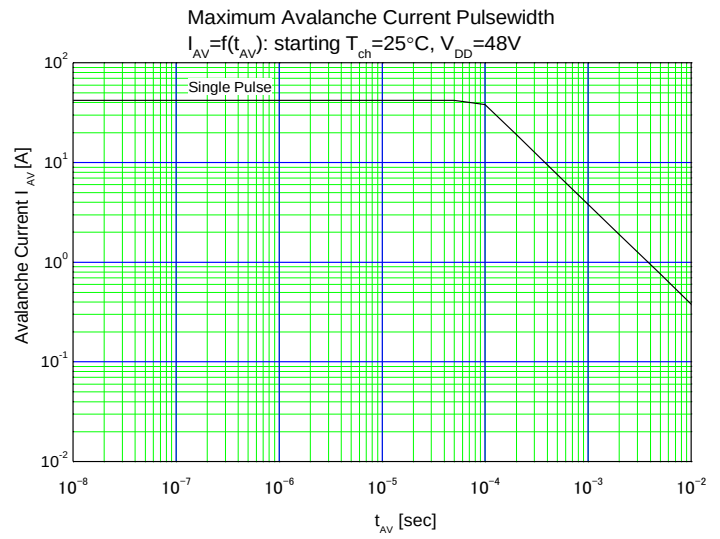


安全動作領域

図 25 特性曲線 JAXA R 2SK4158 (2/3)



アバランシェ・エネルギー — 試験開始チャネル温度



最大アバランシェ電流

図 26 特性曲線 JAXA R 2SK4158 (3/3)

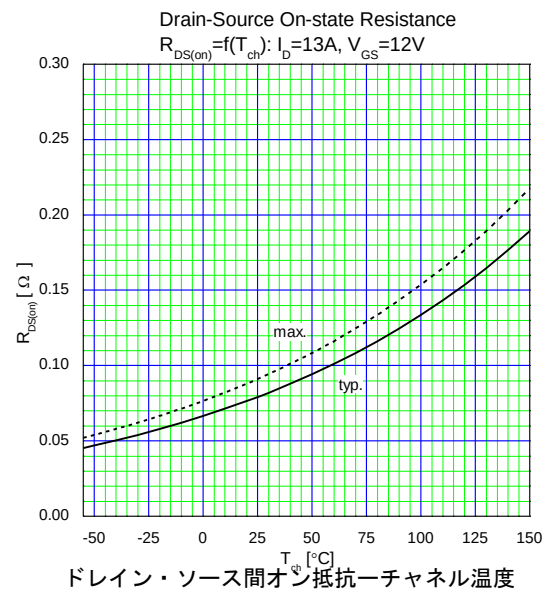
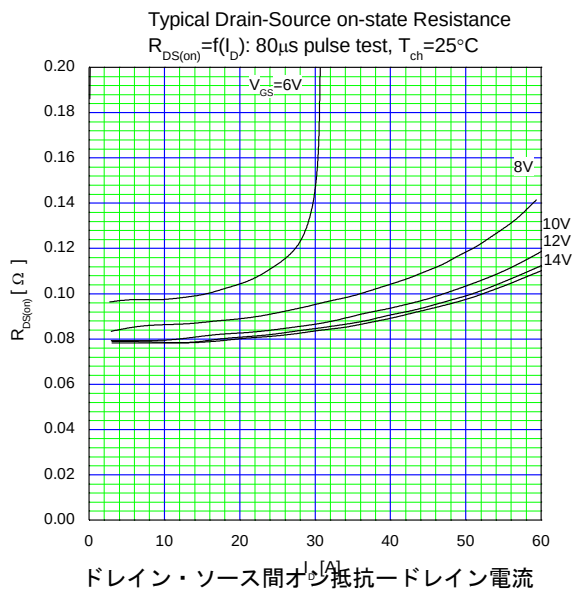
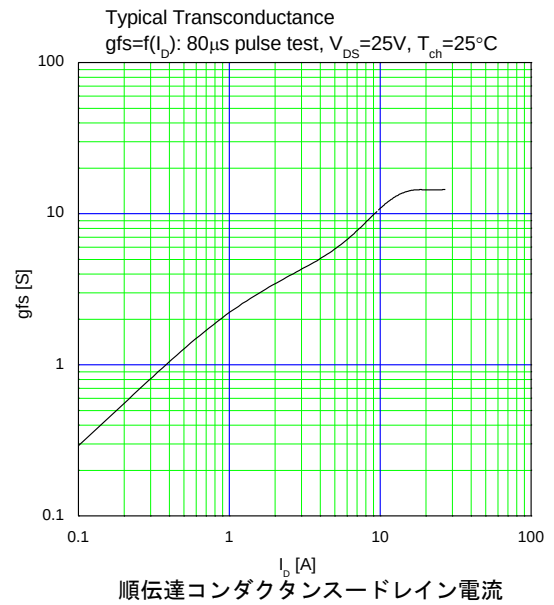
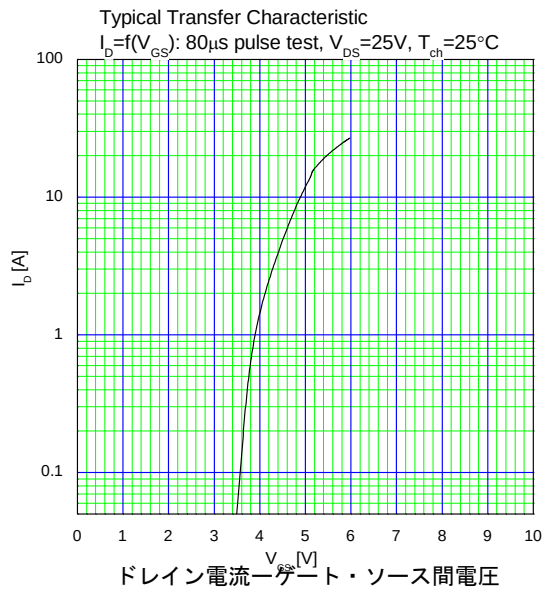
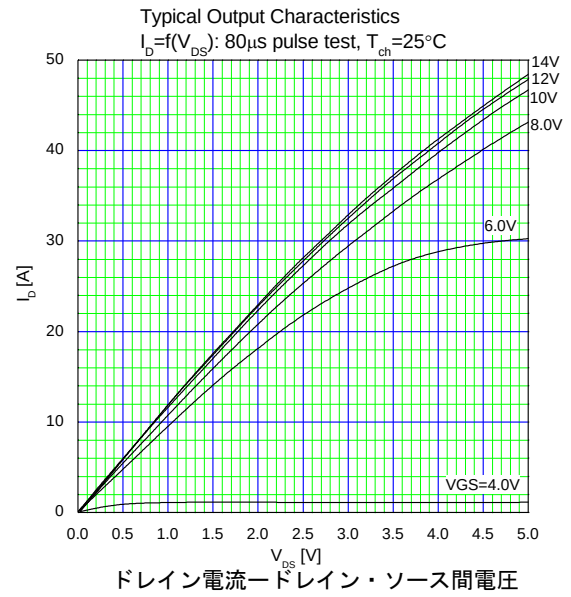
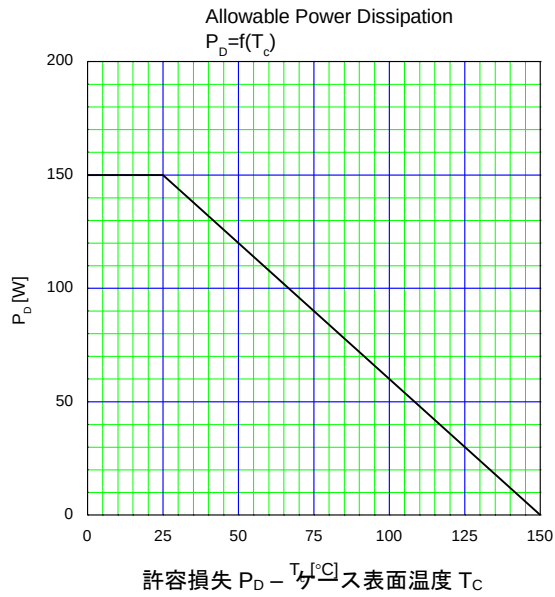


図 27 特性曲線 JAXA R 2SK4159 (1/3)

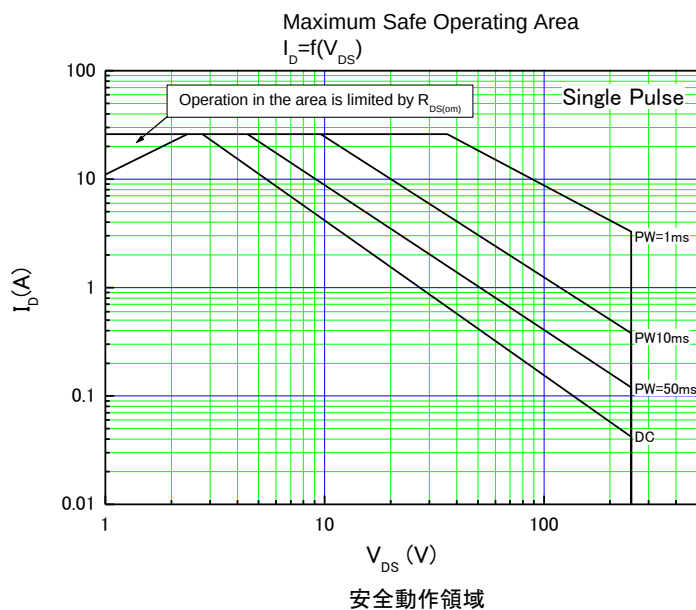
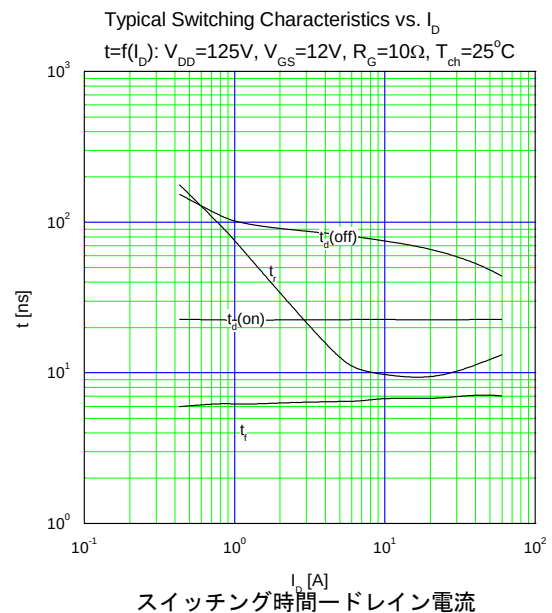
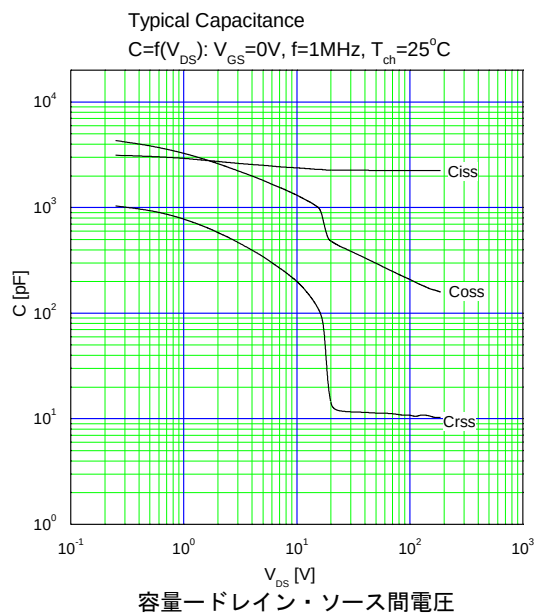
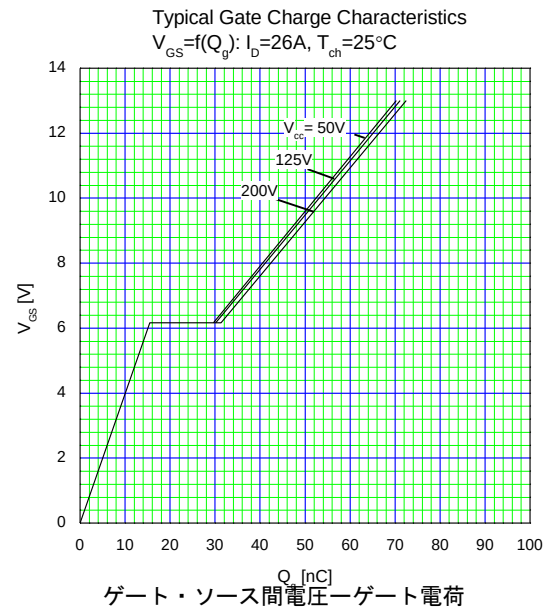
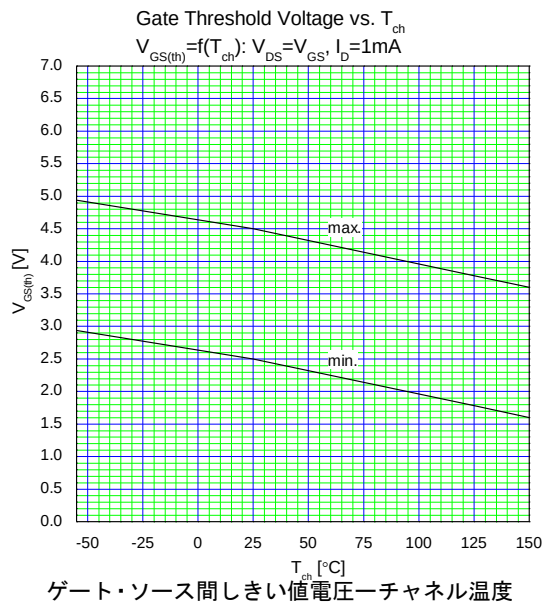
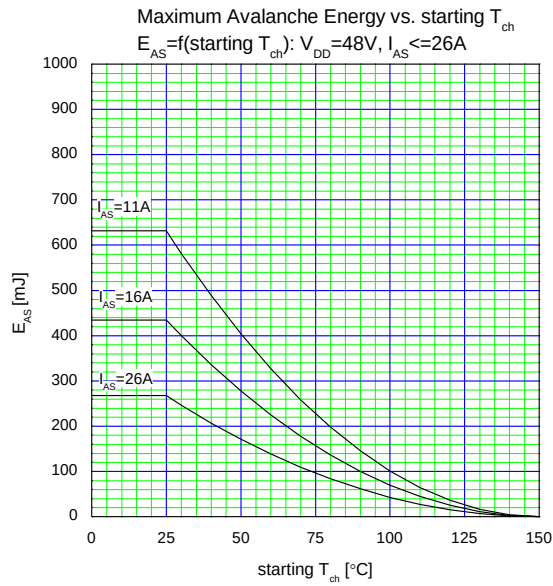
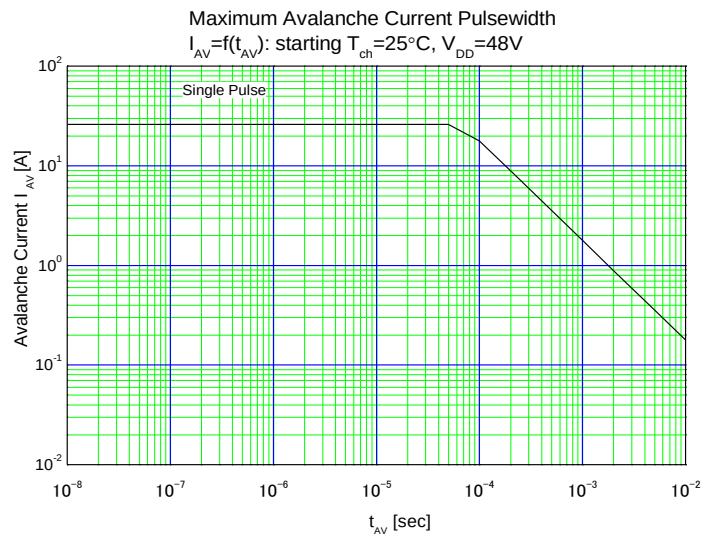


図 28 特性曲線 JAXA R 2SK4159 (2/3)



アバランシェ・エネルギー — 試験開始チャネル温度



最大アバランシェ電流

図 29 特性曲線 JAXA R 2SK4159 (3/3)

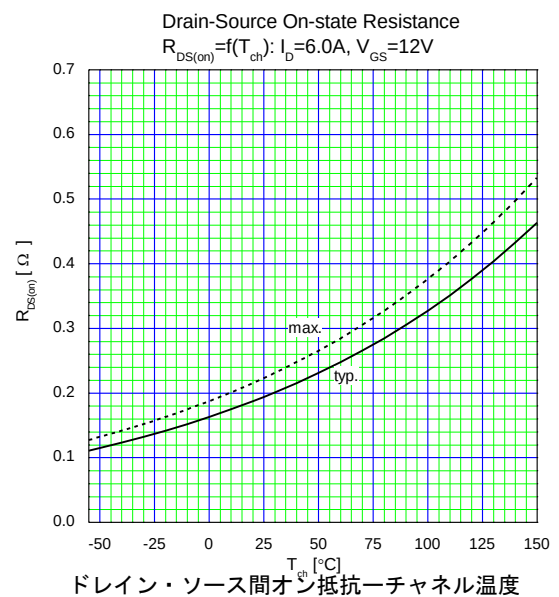
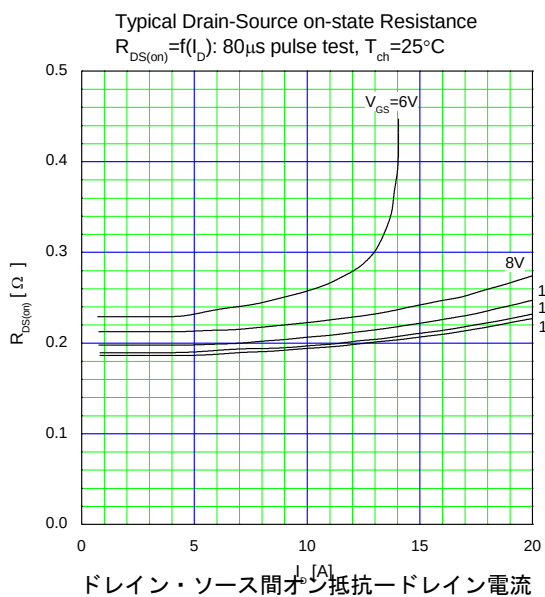
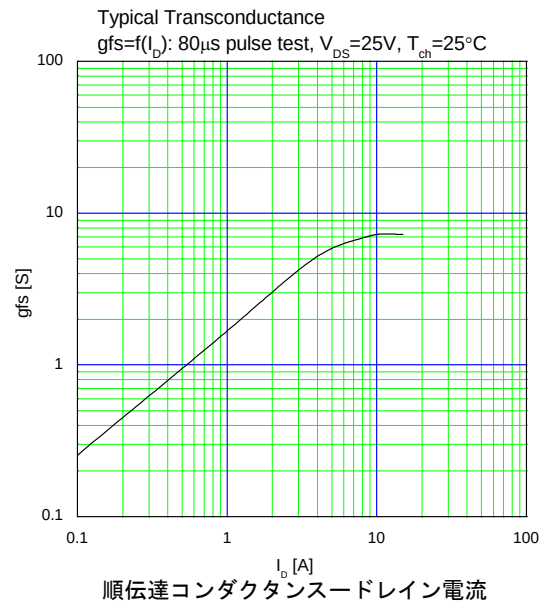
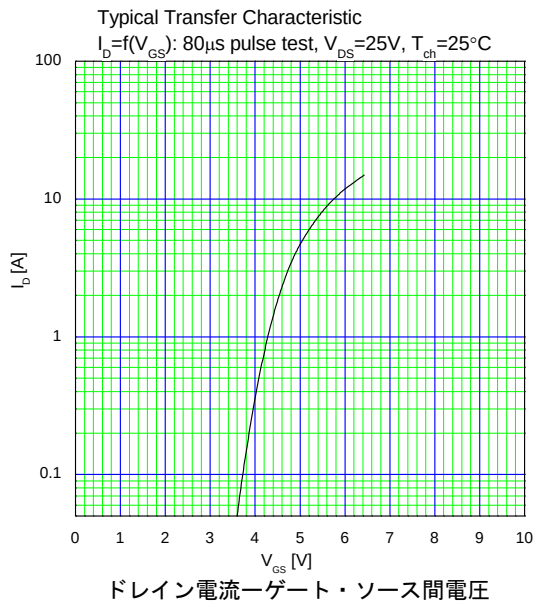
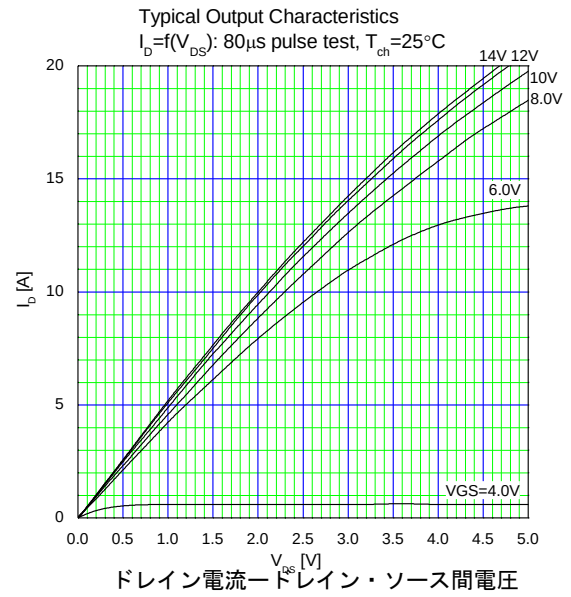
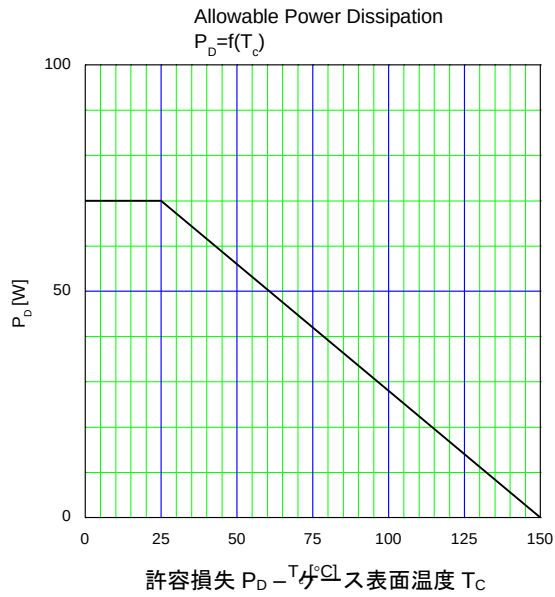


図 30 特性曲線 JAXA R 2SK4160 (1/3)

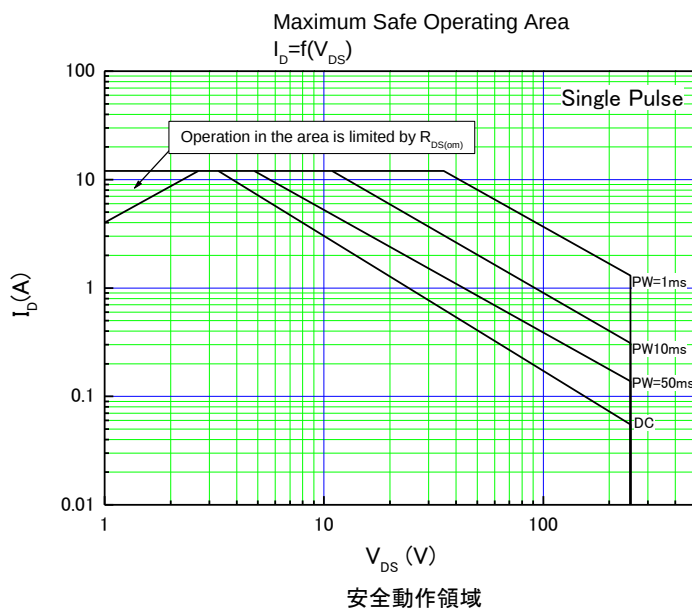
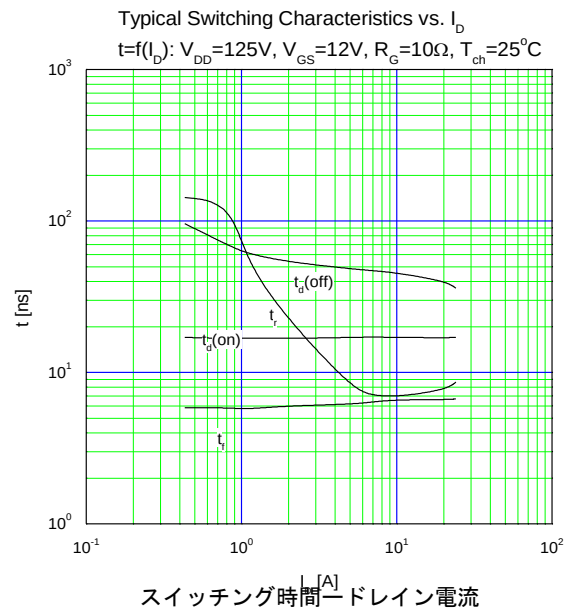
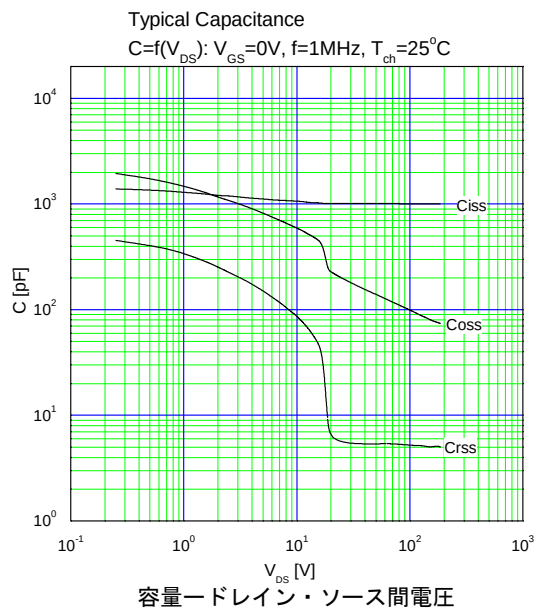
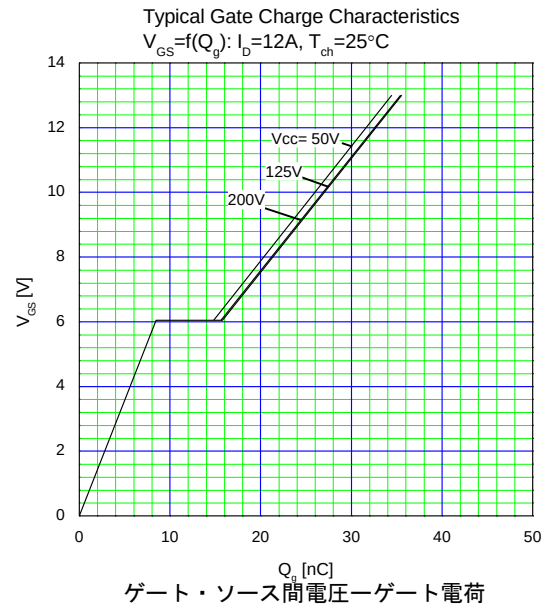
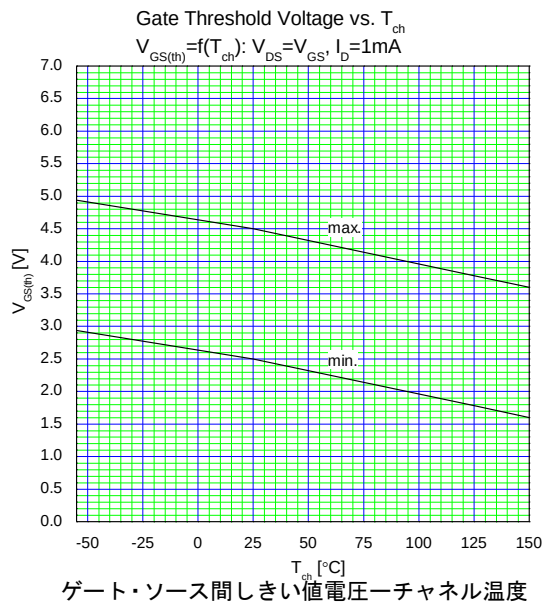
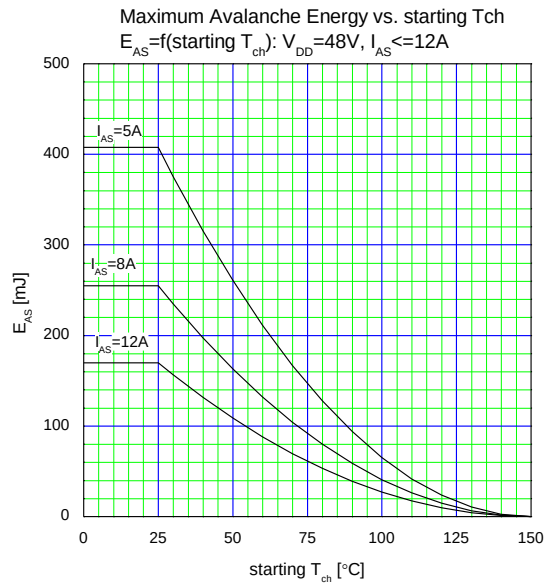
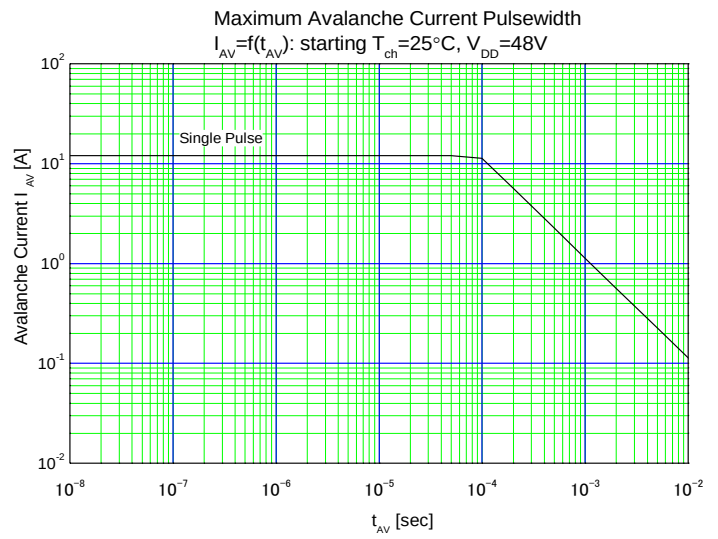


図 31 特性曲線 JAXA R 2SK4160 (2/3)



アバランシェ・エネルギー — 試験開始チャネル温度



最大アバランシェ電流

図 32 特性曲線 JAXA R 2SK4160 (3/3)

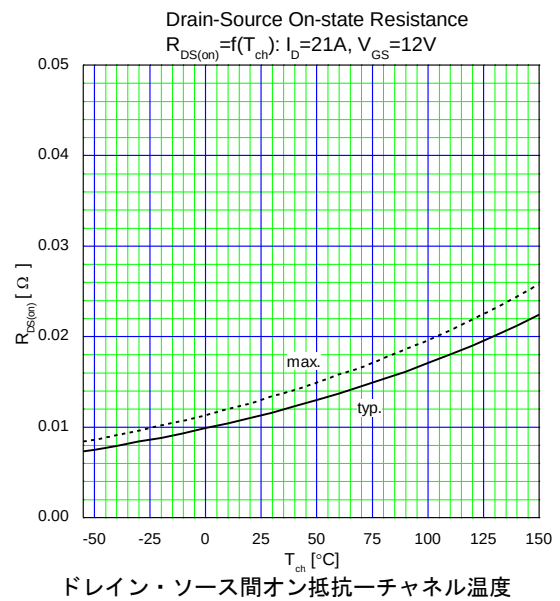
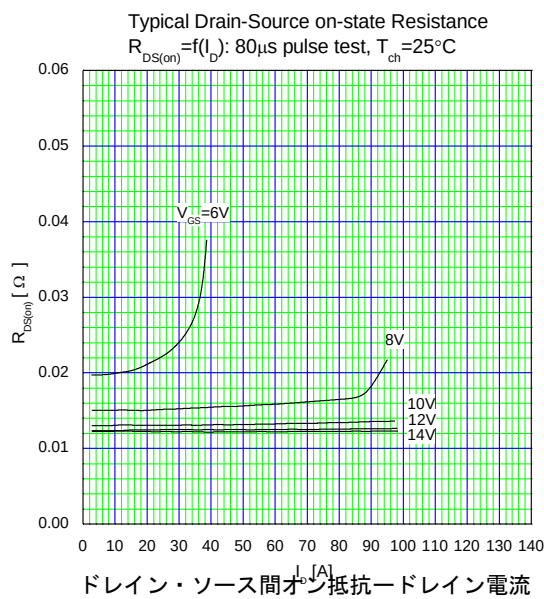
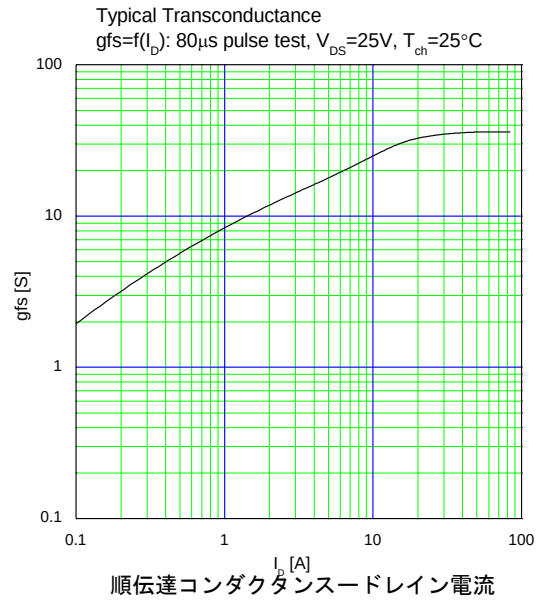
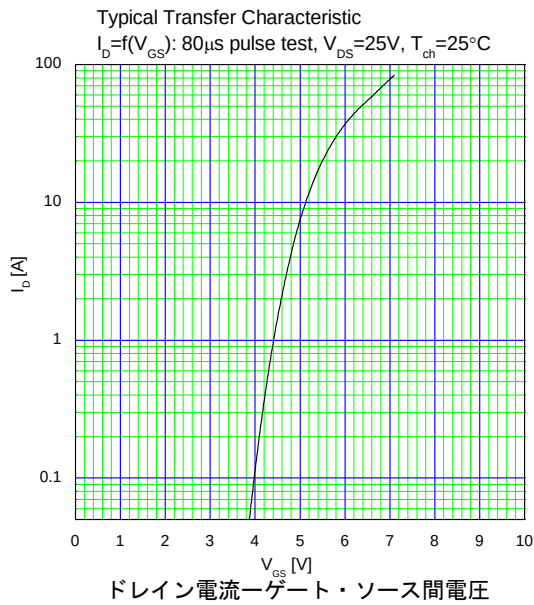
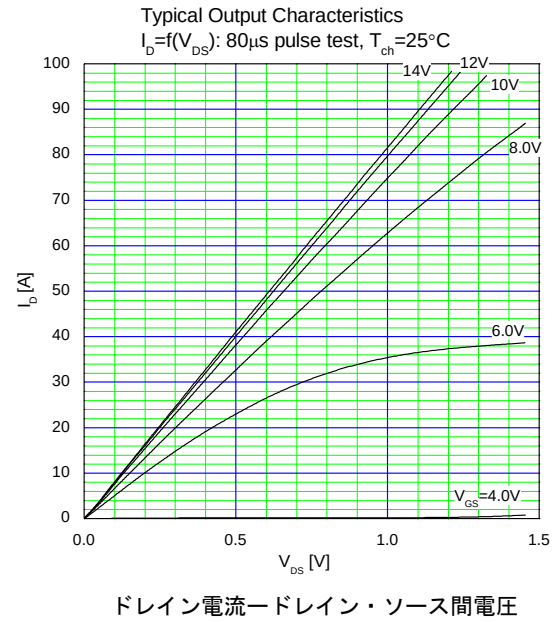
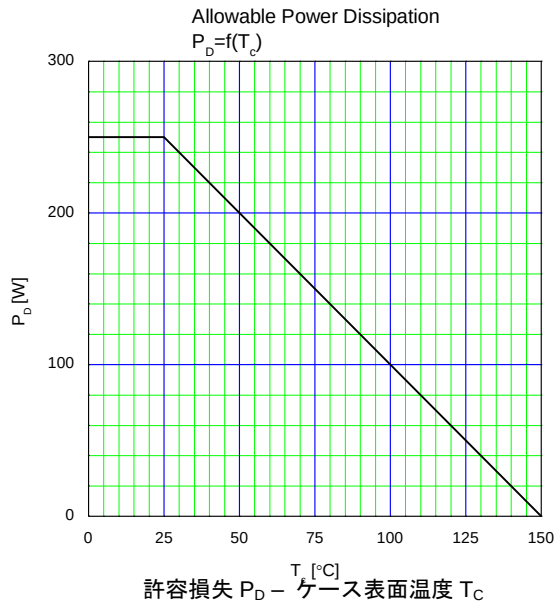
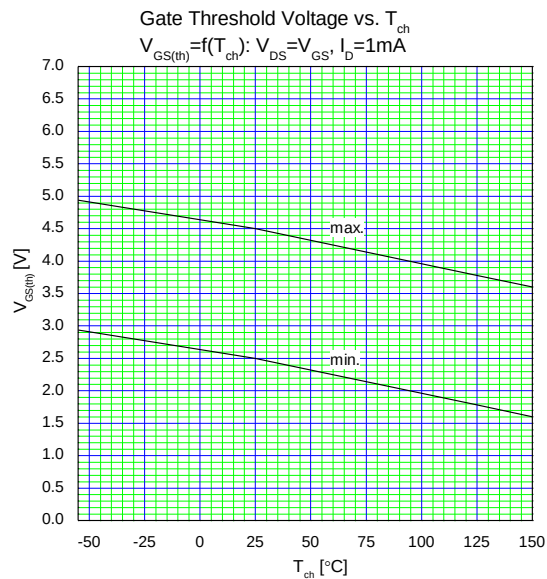
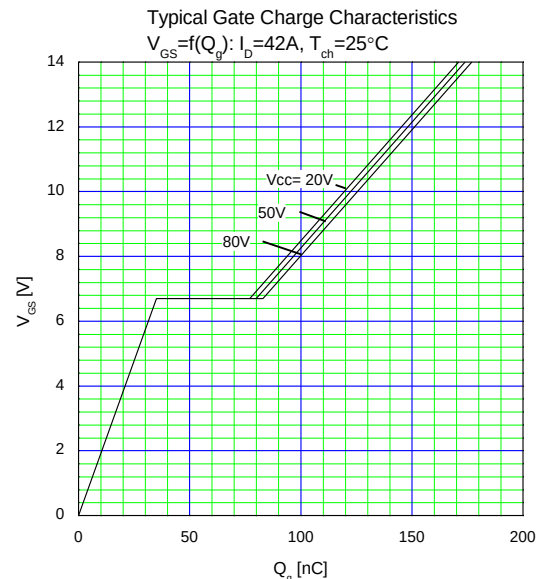


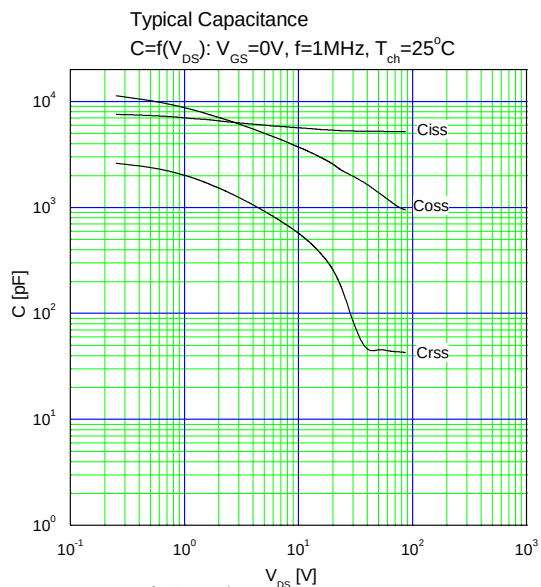
図 33 特性曲線 JAXA R 2SK4217 (1/3)



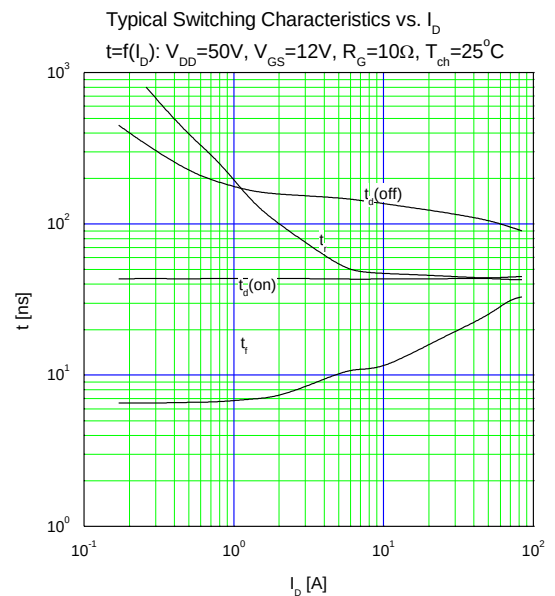
ゲート・ソース間しきい値電圧ーチャネル温度



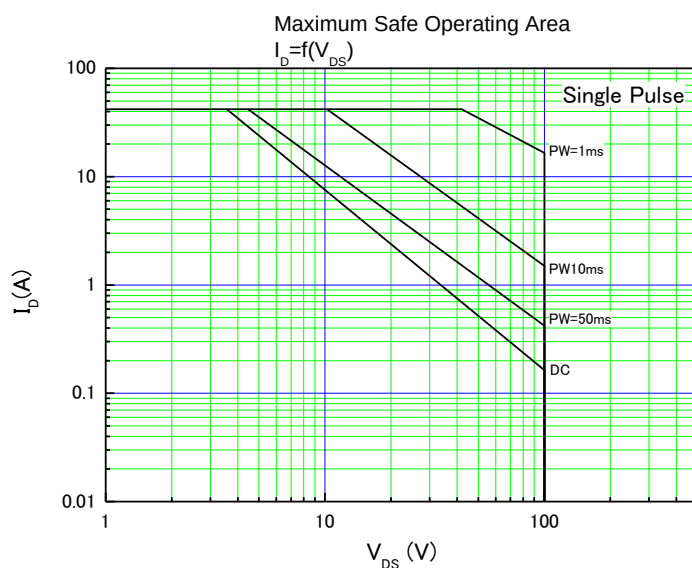
ゲート・ソース間電圧ーゲート電荷



容量ードレイン・ソース間電圧

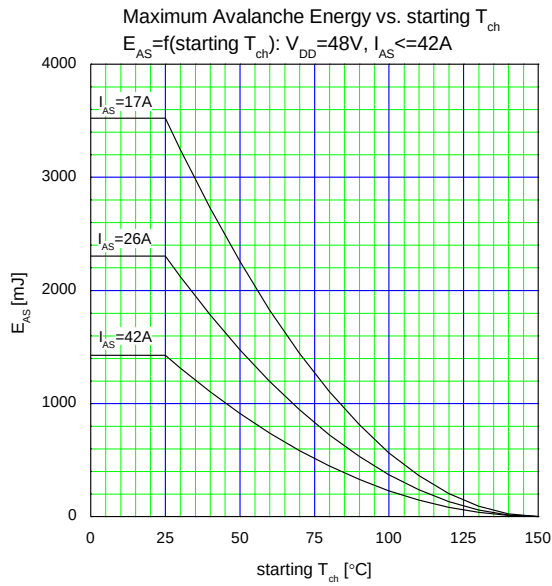


スイッチング時間ードレイン電流

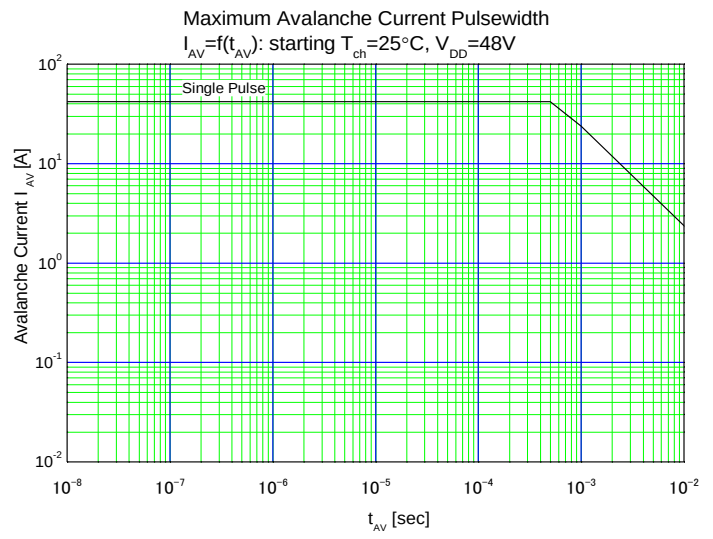


安全動作領域

図 34 特性曲線 JAXA R 2SK4217 (2/3)



アバランシェ・エネルギー — 試験開始チャネル温度



最大アバランシェ電流

図 35 特性曲線 JAXA R 2SK4217 (3/3)

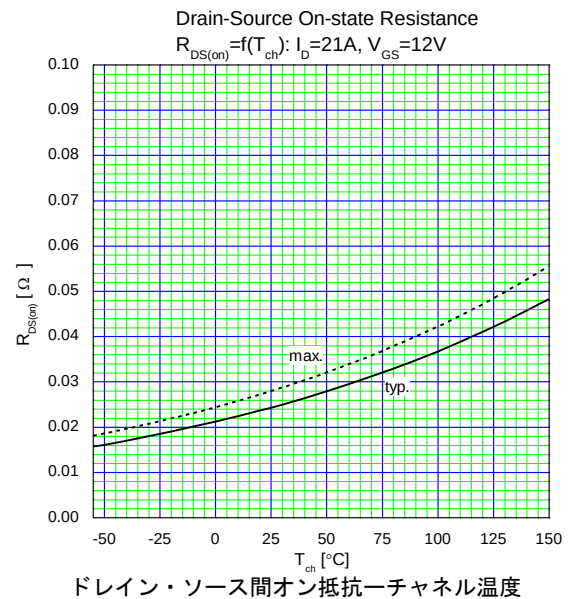
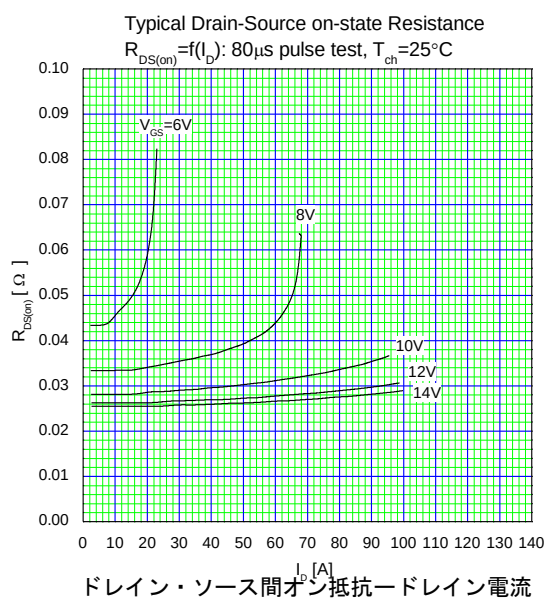
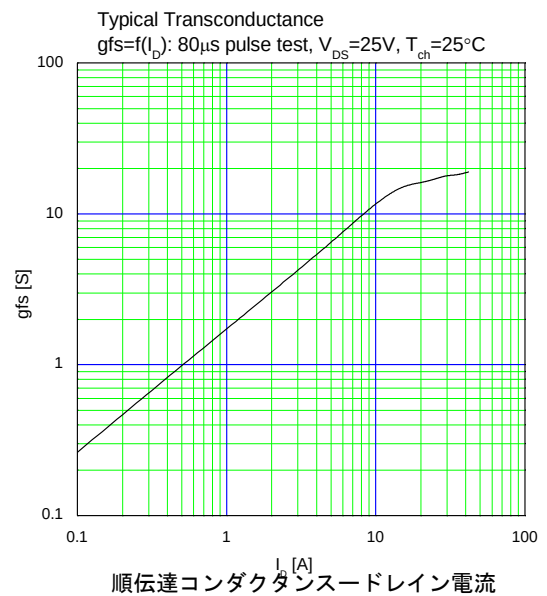
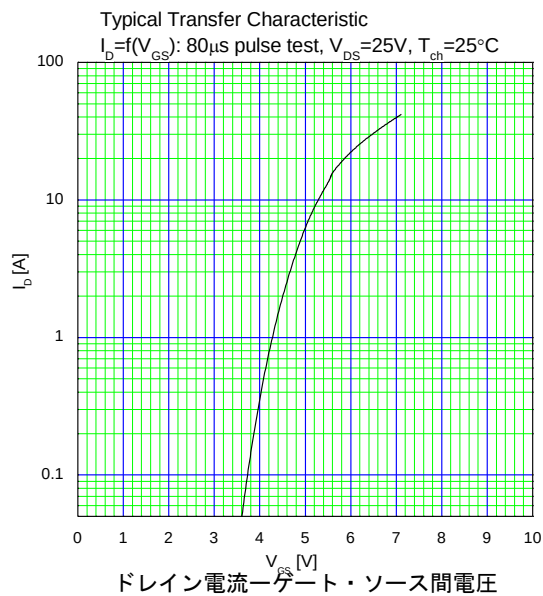
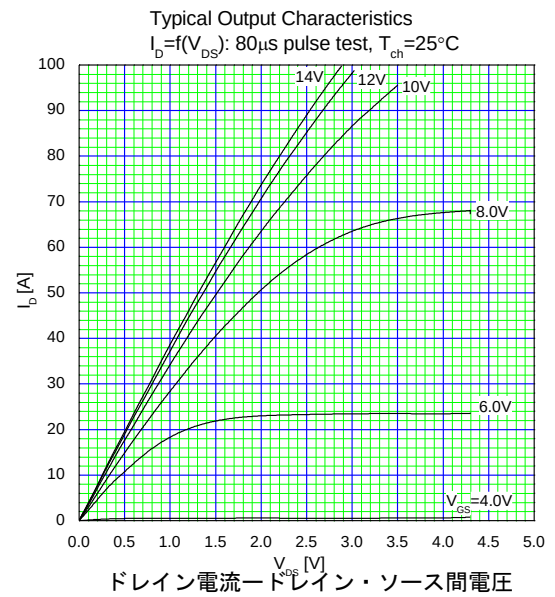
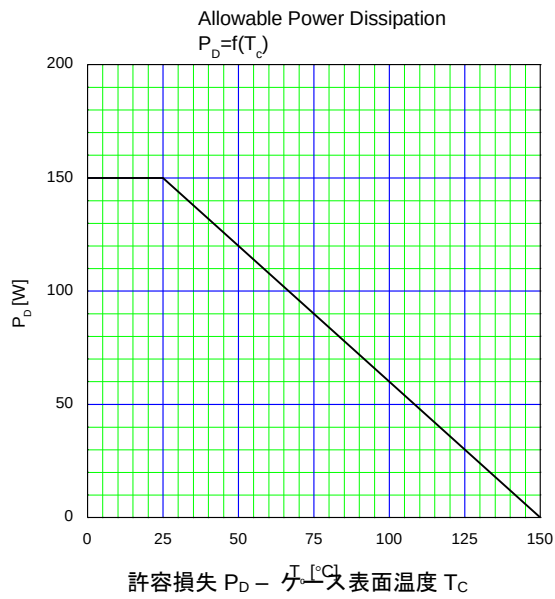


図 36 特性曲線 JAXA R 2SK4218 (1/3)

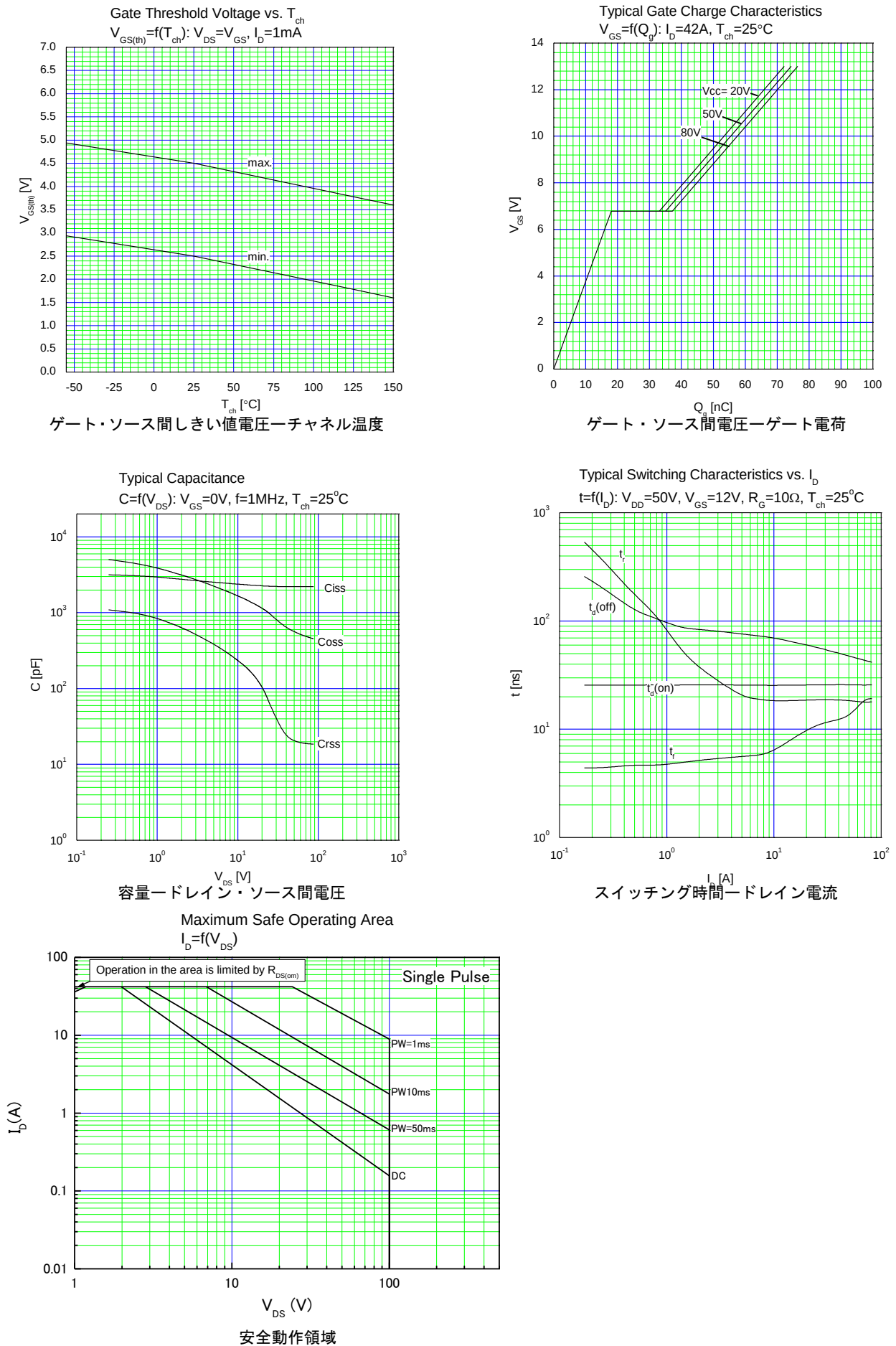
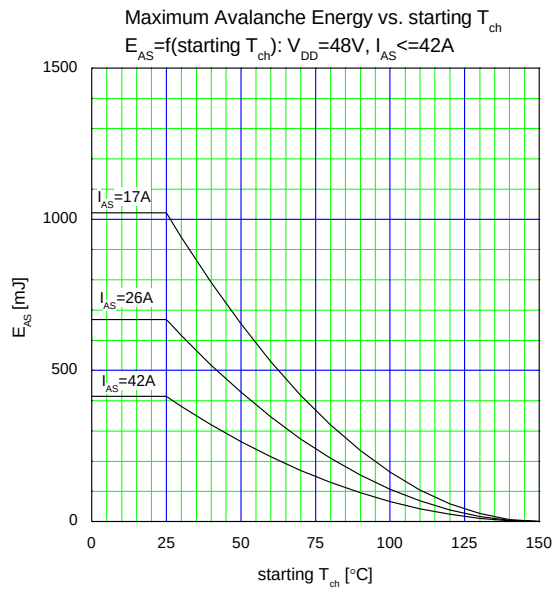
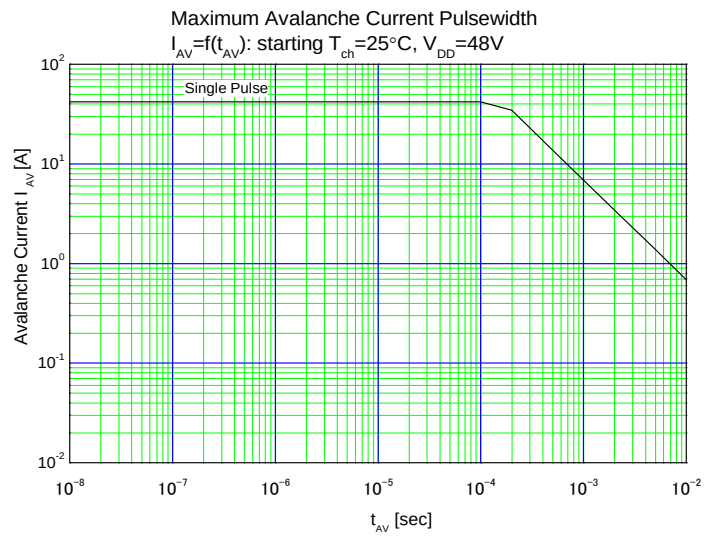


図 37 特性曲線 JAXA R 2SK4218 (2/3)



アバランシェ・エネルギー — 試験開始チャネル温度



最大アバランシェ電流

図 38 特性曲線 JAXA R 2SK4218 (3/3)

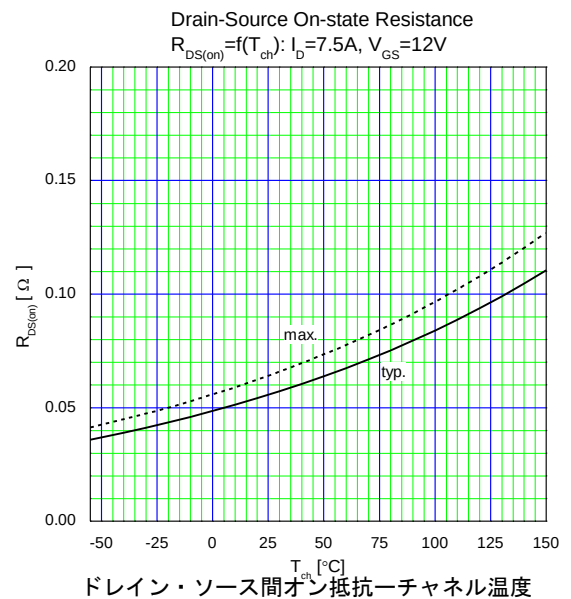
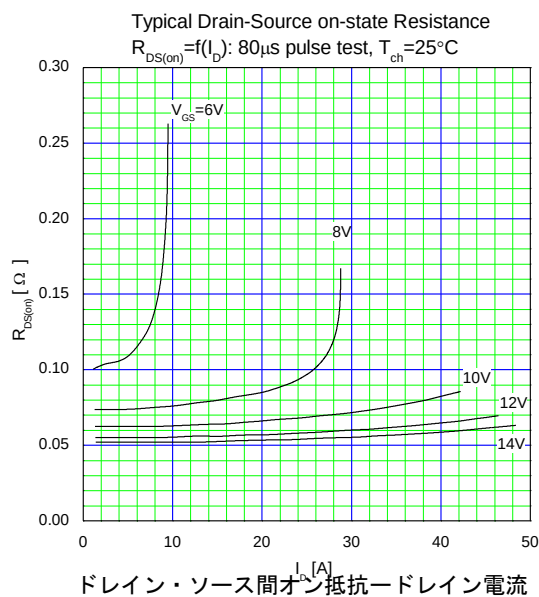
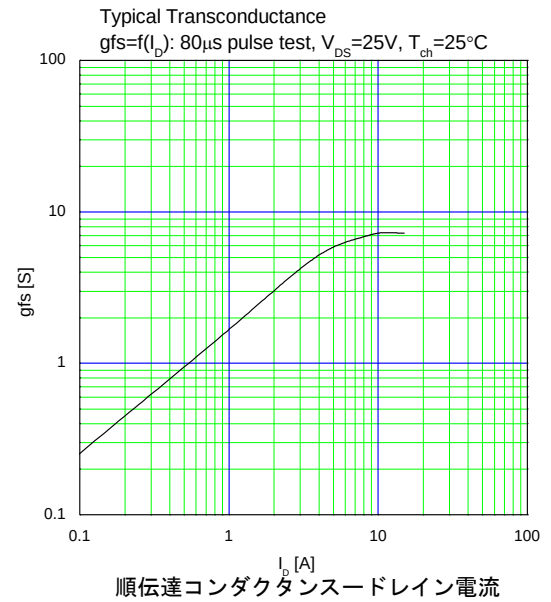
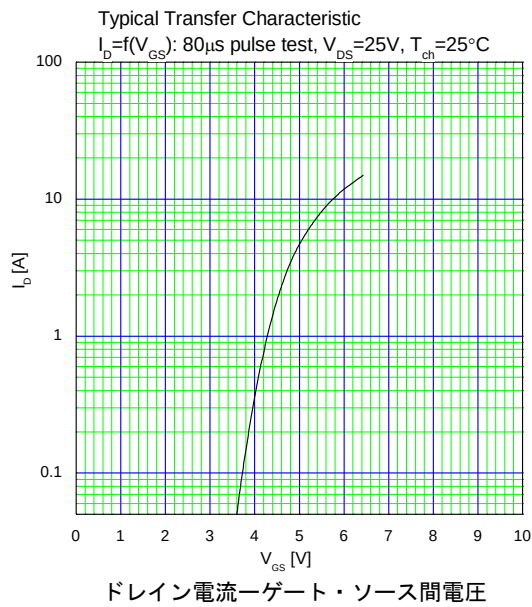
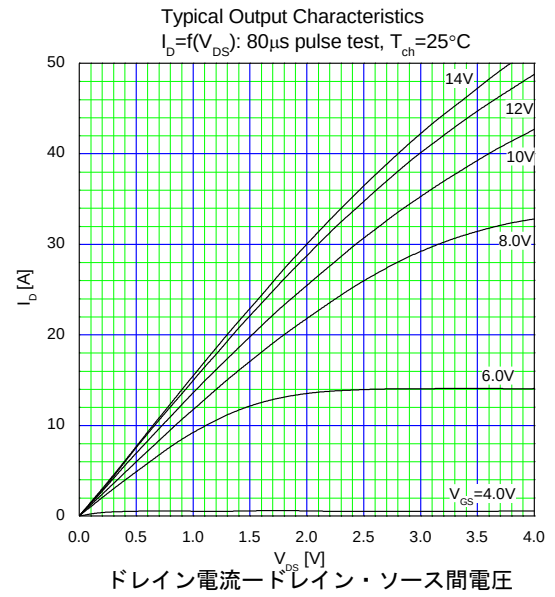
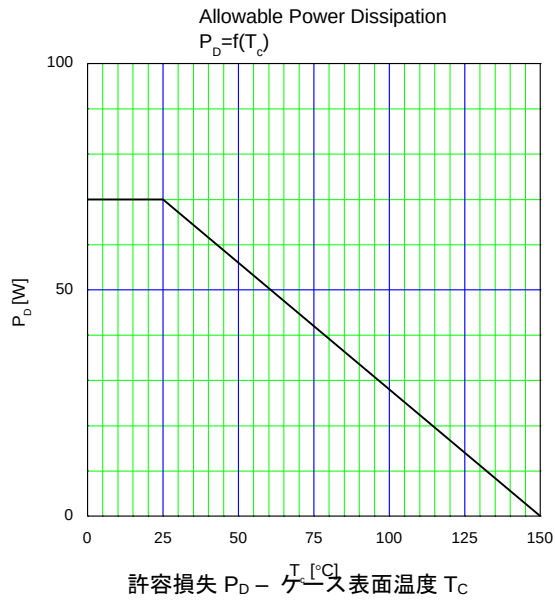


図 39 特性曲線 JAXA R 2SK4219 (1/3)

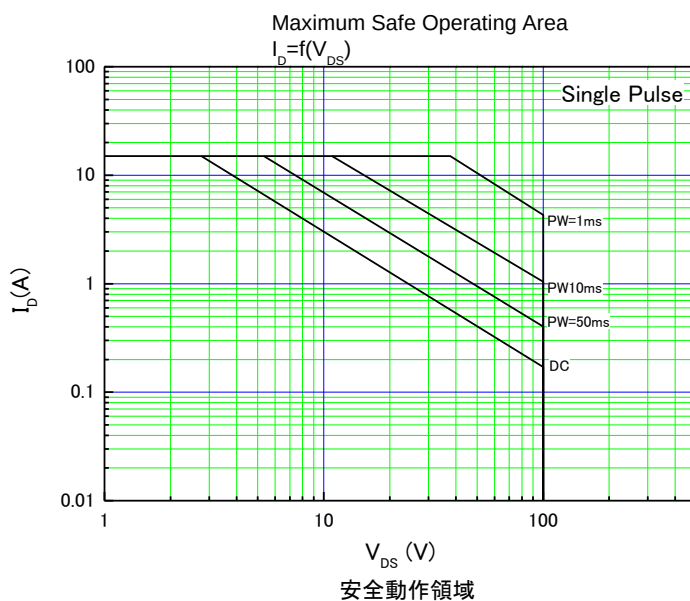
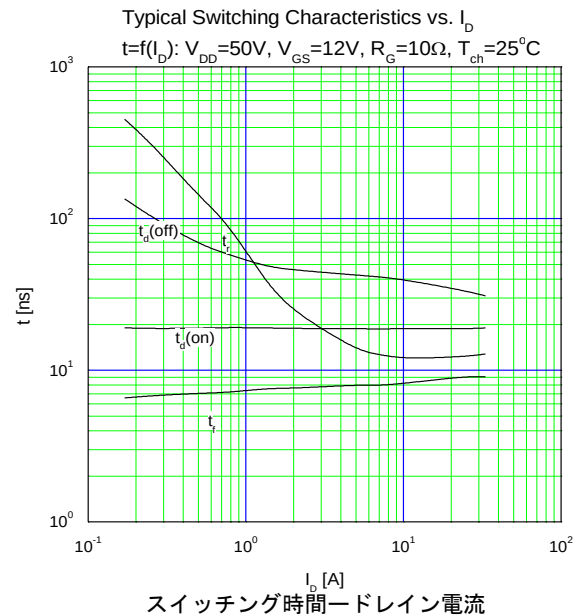
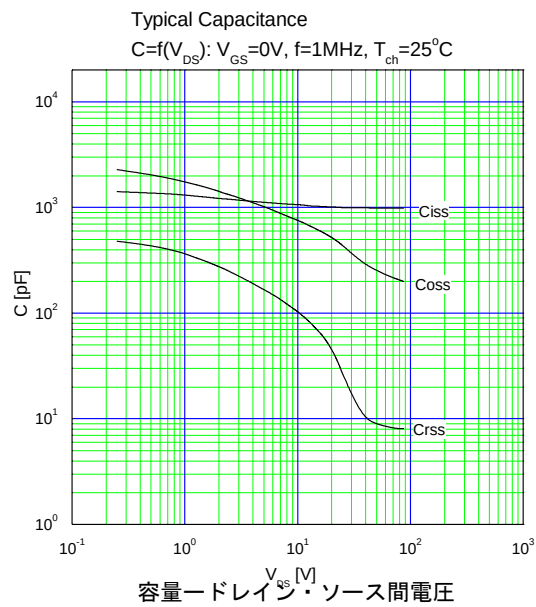
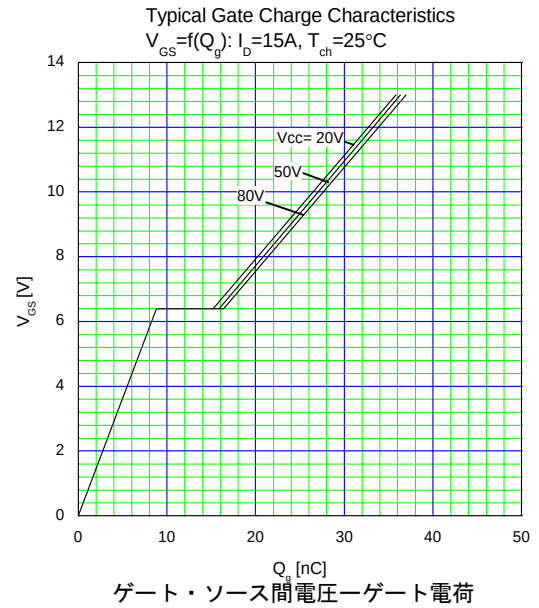
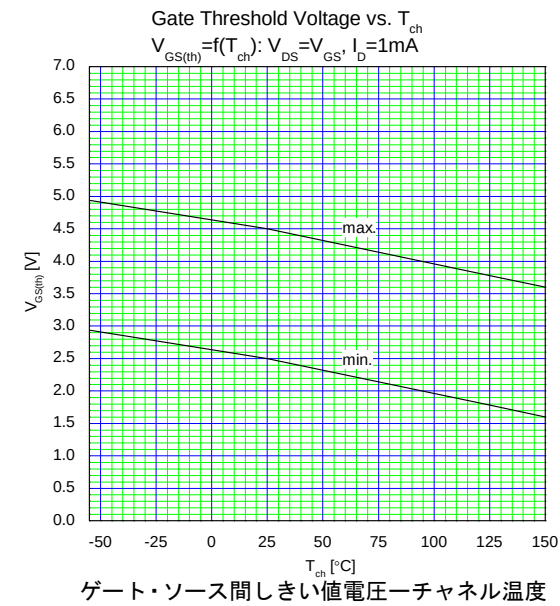
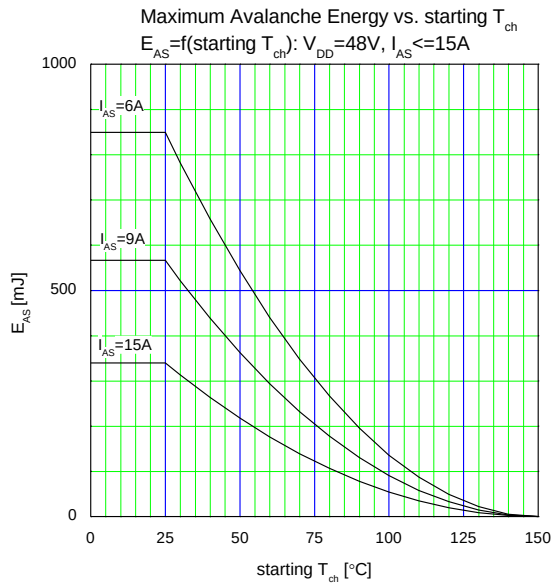
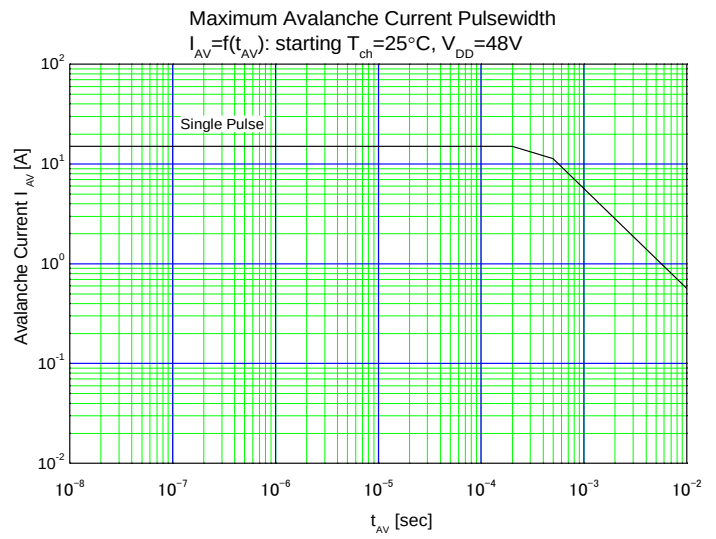


図 40 特性曲線 JAXA R 2SK4219 (2/3)



アバランシェ・エネルギー — 試験開始チャネル温度



最大アバランシェ電流

図 41 特性曲線 JAXA R 2SK4219 (3/3)

6 環境限界

限界評価試験結果を表 5～10 に示す。

6.1 振動

表 5 振動試験結果

試験項目	試験条件	評価結果
可変周波振動	1.52mm のダブル振動（最大全行程） 又は、20G（ピーク）のいずれか小さい振幅 100～2000Hz, 掃引速度 4 分 X, Y, Z 各軸 4 回	0/66 個 JAXA R 2SK4152 /22 個 JAXA R 2SK4153 /22 個 JAXA R 2SK4154 /22 個

6.2 衝撃

表 6 衝撃試験結果

試験項目	試験条件	評価結果
衝撃	1500G (14700m/s ²) パルス幅 0.5msec X ₁ , Y ₁ , Y ₂ , Z ₁ 方向：各方向 5 回	0/66 個 JAXA R 2SK4152 /22 個 JAXA R 2SK4153 /22 個 JAXA R 2SK4154 /22 個

6.3 定加速度

表 7 定加速度試験結果

試験項目	試験条件	評価結果
定加速度	10,000G (98100m/s ²) X ₁ , Y ₁ , Y ₂ , Z ₁ 各方向 1 分	0/66 個 JAXA R 2SK4152 /22 個 JAXA R 2SK4153 /22 個 JAXA R 2SK4154 /22 個

6.4 熱衝撃

表 8 熱衝撃試験結果

試験項目	試験条件	評価結果
熱衝撃	-55°C to 25°C to 150°C (30 分) (5 分) (30 分) 500 サイクル	0/135 個 JAXA R 2SK4158 /45 個 JAXA R 2SK4159 /45 個 JAXA R 2SK4160 /45 個

6.5 静電気

表 9 静電気破壊試験結果

試験項目	試験条件 MIL-STD-750 方法 1020		評価結果
静電気	JAXA R 2SK4152, JAXA R 2SK4155 JAXA R 2SK4158, JAXA R 2SK4217	$V_{GS}=\pm 2750V$	クラス 2
	JAXA R 2SK4153, JAXA R 2SK4156 JAXA R 2SK4159, JAXA R 2SK4218	$V_{GS}=\pm 1000V$	クラス 1
	JAXA R 2SK4154, JAXA R 2SK4157 JAXA R 2SK4160, JAXA R 2SK4219	$V_{GS}=\pm 500V$	クラス 1

6.6 放射線

表 10a 耐放射線性試験結果

トータルドーズ	試験条件
	線源: Co-60 γ 線 照射線量 1000 Gy(1000Gy/hr), 3000 Gy(3000Gy/hr), 6000 Gy(3000Gy/hr)
	バイアス条件 (照射中、照射後) (a) $V_{DS}=0$, $V_{GS}=20$ V, (b) $V_{DS}=0$, $V_{GS}=-20$ V, (c) $V_{DS}=200$ V, $V_{GS}=0$ V
	型式: JAXA R 2SK4158
評価結果	
バイアス条件ごとに 0/4 個 (1×10^3 Gy, JAXA R 2SK4158) BV_{DSS} トータルドーズ依存性: 図 42, $V_{GS(th)}$ トータルドーズ依存性: 図 43	

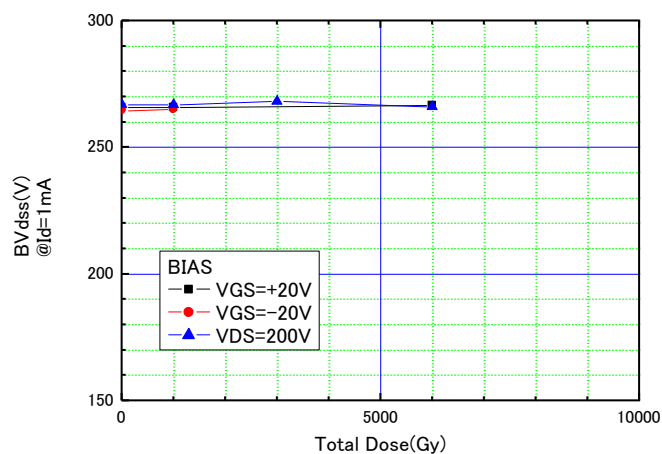


図 42 BV_{DSS} トータルドーズ依存性
型式 JAXA R 2SK4158 評価結果

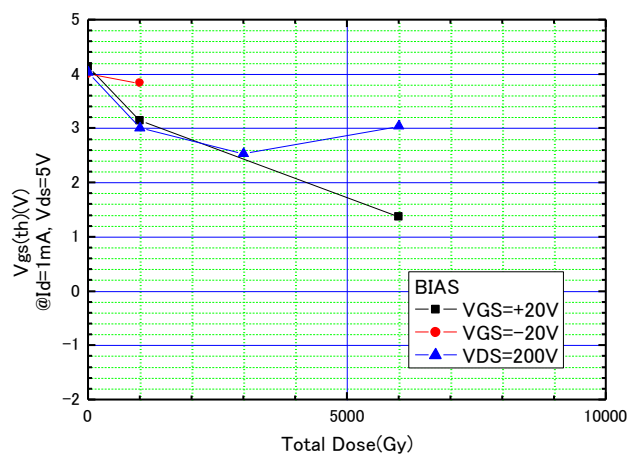


図 43 $V_{GS(th)}$ トータルドーズ依存性
型式 JAXA R 2SK4158 評価結果

表 10b 耐放射線性試験結果

部品番号 JAXA R	100V 系列			130V 系列			200V 系列			250V 系列		
	2SK 4217	2SK 4218	2SK 4219	2SK 4152	2SK 4153	2SK 4154	2SK 4155	2SK 4156	2SK 4157	2SK 4158	2SK 4159	2SK 4160
シングルイベント 耐性 (SEB/SEGR)	試験条件											
	LET: 37.9MeV/(mg/cm ²) (¹)			LET: 38.4MeV/(mg/cm ²) (¹)			LET: 39.3MeV/(mg/cm ²) (¹)			LET: 40.1MeV/(mg/cm ²) (¹)		
	Ion: ⁸⁹ Y, Energy: 928 MeV Range: 102μm, T _A =25+/-5°C Fluence: 3E5+/- 5% ions/cm ² 照射角度: チップ面に垂直 許容値: I _{GSS} ≤10μA 及び破壊なきこと											
	評価結果											
	V _{DS} =100V 及び V _{GS} =-7.5V 0/3 個 V _{DS} = 20V 及び V _{GS} =-20V 0/1 個 (SEE-SOA: 図 44)			V _{DS} =130V 及び V _{GS} =-7.5V 0/3 個 (SEE-SOA: 図 45)			V _{DS} =200V 及び V _{GS} =-7.5V 0/3 個 V _{DS} =30V 及び V _{GS} =-20V 0/1 個 (SEE-SOA: 図 46)			V _{DS} =250V 及び V _{GS} =-7.5V 0/3 個 V _{DS} =30V 及び V _{GS} =-20V 0/1 個 (SEE-SOA: 図 47)		

注(¹) デバイス中の平均 LET。

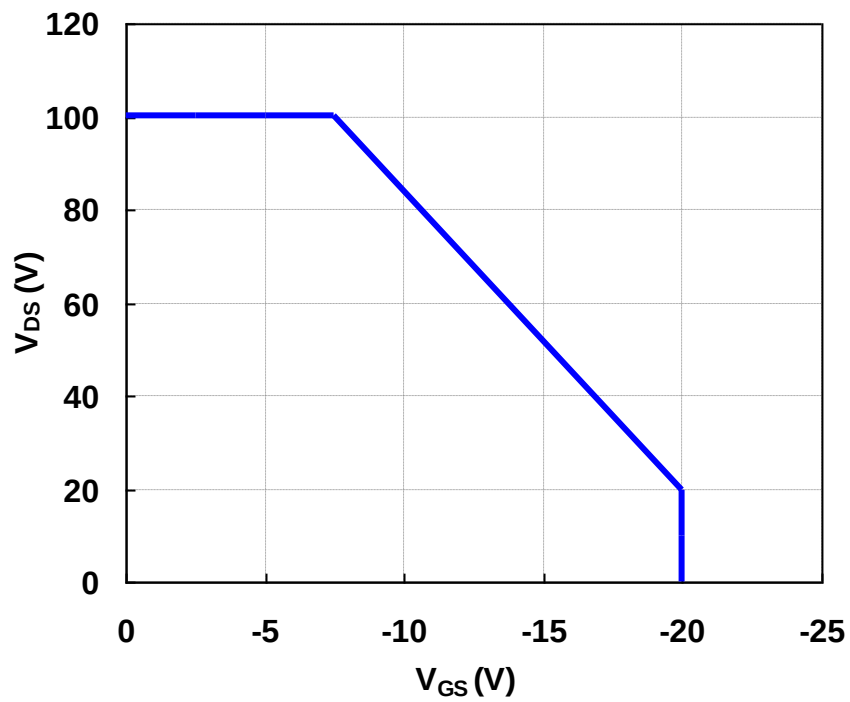


図 44 SEE-SOA (JAXA R 2SK4217, 2SK4218, 2SK4219)

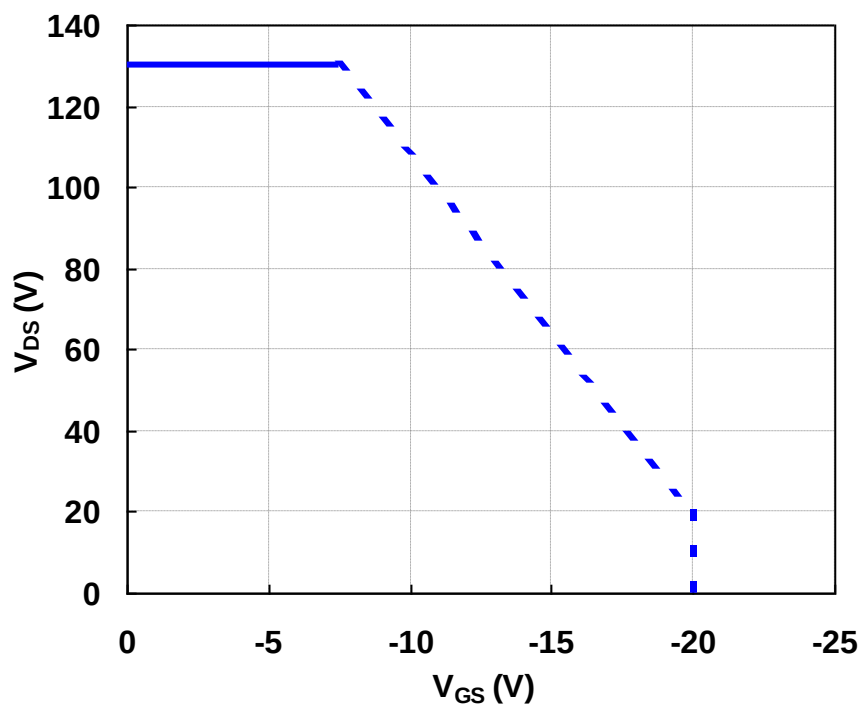


図 45 SEE-SOA (JAXA R 2SK4152, 2SK4153, 2SK4154)

注:図中の点線は 100V 系列からの推測線である。

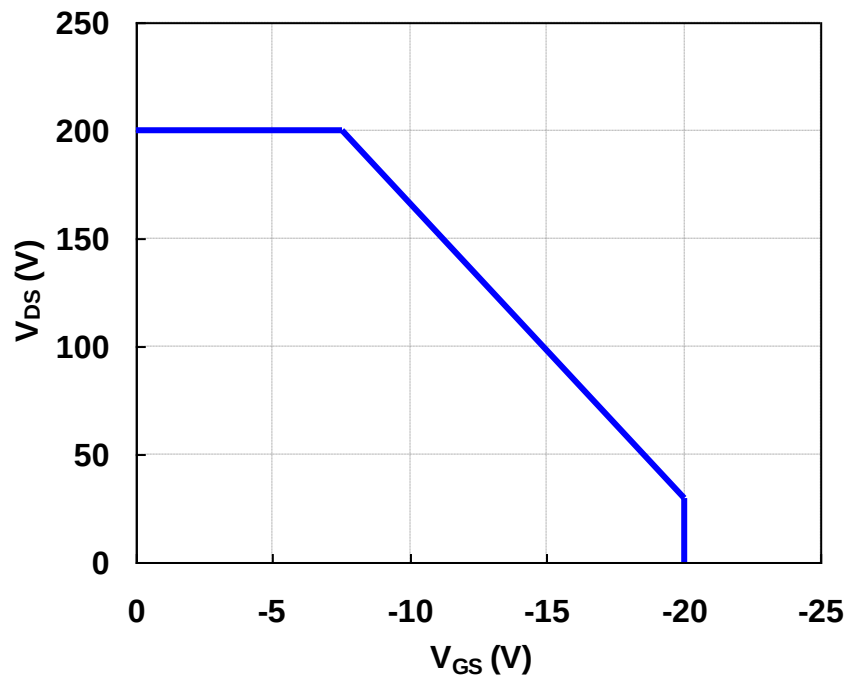


図 46 SEE-SOA (JAXA R 2SK4155, 2SK4156, 2SK4157)

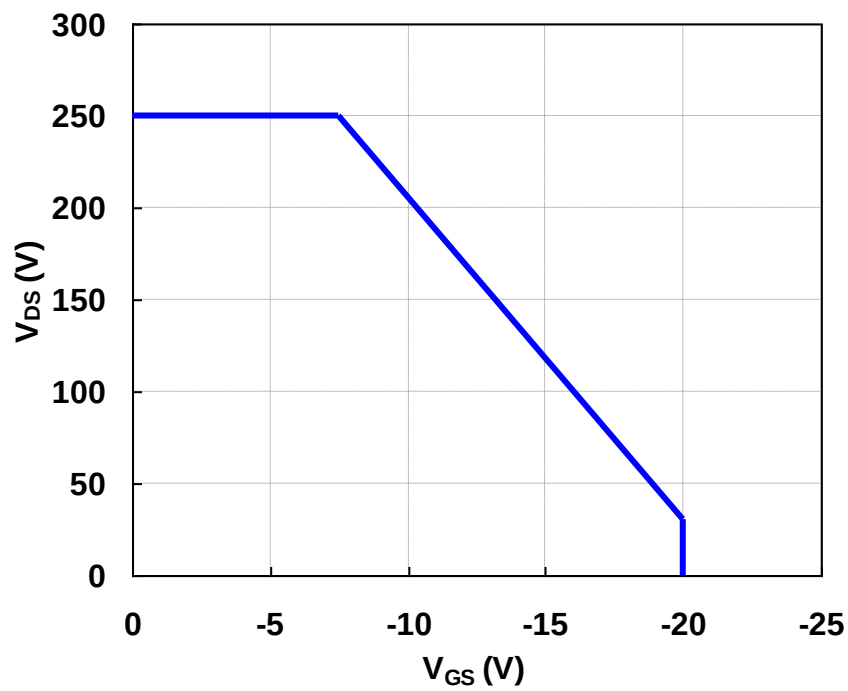


図 47 SEE-SOA (JAXA R 2SK4158, 2SK4159, 2SK4160)

7 信頼性

7.1 加速試験

加速試験結果を表 11 に示す。

表 11 加速試験結果

試験項目	試験条件	評価結果
定常バイアス印加寿命試験 (高温 GS 印加)	MIL-STD-750 方法 1042 条件 A $T_A=150^{\circ}\text{C}$, 1000hr $V_{GS}=16\text{V}$	0/135 個 (JAXA R 2SK4152 /15 個 JAXA R 2SK4153 /15 個 JAXA R 2SK4154 /15 個 JAXA R 2SK4155 /15 個 JAXA R 2SK4156 /15 個 JAXA R 2SK4157 /15 個 JAXA R 2SK4158 /15 個 JAXA R 2SK4159 /15 個 JAXA R 2SK4160 /15 個)
定常バイアス印加寿命試験 (高温 DS 印加)	MIL-STD-750 方法 1042 条件 B $T_A=150^{\circ}\text{C}$, 1000hr 2SK4152, K4153, K4154: $V_{DS}=104\text{V}$ 2SK4155, K4156, K4157: $V_{DS}=160\text{V}$ 2SK4158, K4159, K4160: $V_{DS}=200\text{V}$	0/135 個 (JAXA R 2SK4152 /15 個 JAXA R 2SK4153 /15 個 JAXA R 2SK4154 /15 個 JAXA R 2SK4155 /15 個 JAXA R 2SK4156 /15 個 JAXA R 2SK4157 /15 個 JAXA R 2SK4158 /15 個 JAXA R 2SK4159 /15 個 JAXA R 2SK4160 /15 個)
熱衝撃試験 (温度サイクル)	-55 to 150°C , 500 サイクル	0/135 個 (JAXA R 2SK4158 /45 個 JAXA R 2SK4159 /45 個 JAXA R 2SK4160 /45 個)
断続動作寿命試験	$\Delta T_C=70\text{deg}$, 6000 サイクル	0/72 個 (JAXA R 2SK4152 /8 個 JAXA R 2SK4153 /8 個 JAXA R 2SK4154 /8 個 JAXA R 2SK4155 /8 個 JAXA R 2SK4156 /8 個 JAXA R 2SK4157 /8 個 JAXA R 2SK4158 /8 個 JAXA R 2SK4159 /8 個 JAXA R 2SK4160 /8 個)

7.2 予想される故障モード

表 12 予想される故障モード

故障モード	発生比率 (%)
短絡	70
漏れ電流の増加	20
熱抵抗の増加	3
$V_{GS(th)}$ の劣化	3
オープン	3
その他	1

8 保存方法

- (1) 保管の場所は、温度、湿度が適切な範囲内にあることが必要で、 $T_A=10\sim30^{\circ}\text{C}$ 、 $RH=40\sim60\%$ の範囲での保管を推奨する。
- (2) 保管の雰囲気は、有毒なガスの発生がなく、塵埃の少ない状態にすること。
- (3) ゲート・ソース間及びゲート・ドレイン間に静電気が印加されないように導電性袋やアルミ箔等で静電気対策を行うこと。

9 注意事項

この部品を使用する際、取扱上特に注意しなければならない事項を以下に示す。

- (1) はんだ付けで全体加熱方法を採用する場合は、宇宙用表面実装はんだ付工程標準 (JERG-0-043) に従い、 200°C 以上で 30～60 秒、ピーク温度が 240°C 以下で 10 秒とすること。
- (2) 部品を取り扱う際、人体、取扱場所、測定器等は必ずアースを取ること。

10 その他

お問合せ先：富士電機株式会社

住所： 〒141-0032 東京都品川区一丁目 11 番 2 号ゲートシティ大崎イーストタワー

Tel： 03-5435-7151