

アドバンスト NPC3レベル (Tタイプ3レベル) インバータモジュール 発生損失と比較表

1. A-NPC 3 レベルインバータモジュールの紹介
2. 300Aモジュールのインバータモードの比較
3. 300Aモジュールの整流器モードの比較
4. RB-IGBT デバイス特性

2012年 3月

富士電機株式会社
電子デバイス事業本部

2レベル, NPC および A-NPC 3レベルの特性比較

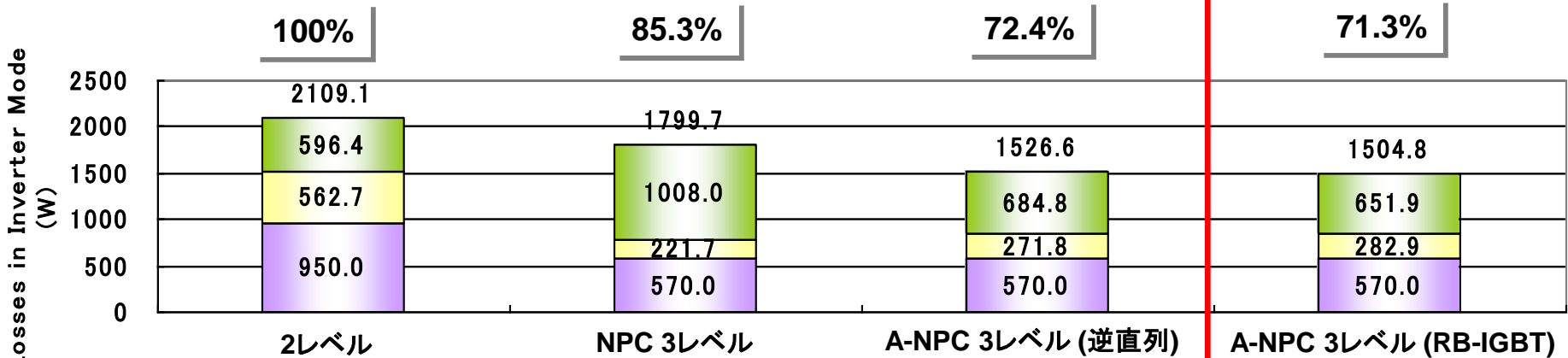
A-NPC 3レベルは、高効率なエネルギーシステムに適したトポロジーです。

型式	2レベル インバーター	NPC 3レベル インバーター	A-NPC 3レベル 逆直列	A-NPC 3レベル RB-IGBT
回路				
デバイス	IGBT:1200V	IGBT:600V	IGBT:1200V +600V(逆直列)	IGBT:1200V +600V(RB-IGBT)
出力電圧				
オン電圧損失	小	大	大	小
スイッチング損失	大	小	小	小
フィルター損失	大	小	小	小
構成	容易	複雑	容易	容易
総合	普通	普通	良	非常に良い

インバータモードでの 2レベル, NPC および A-NPC 3レベルの制御比較,

A-NPC 3レベルは、高効率なエネルギーシステムに適したトポロジーです。

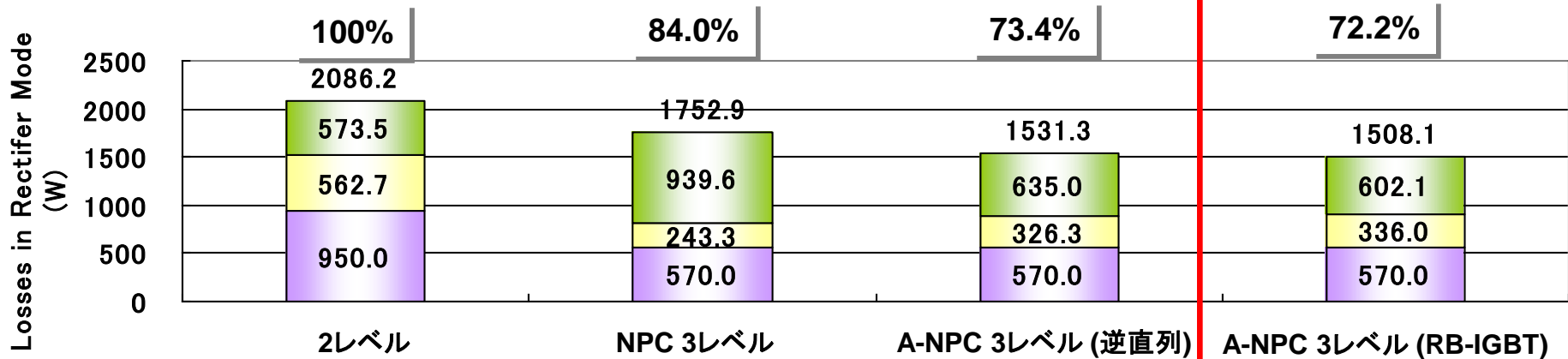
2レベルインバーター (2L)	NPC 3レベルインバーター (NPC)	A-NPC 3レベル	
		逆直列	RB-IGBT
IGBT: 1200V	IGBT: 600V	IGBT: 1200V/600V,	RB-IGBT: 600V

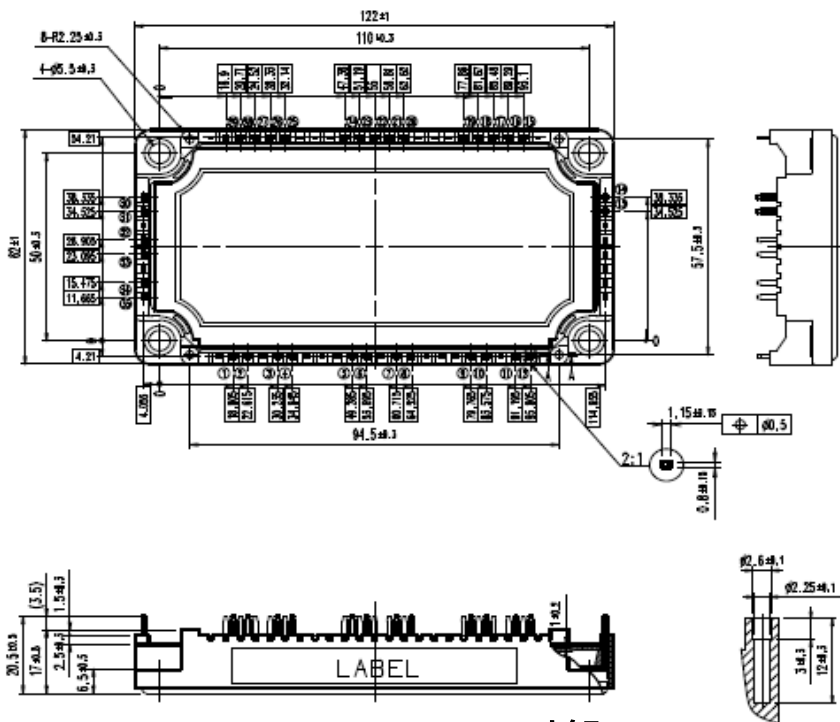


整流器モードでの 2レベル, NPC および A-NPC 3レベルの制御比較,

A-NPC 3レベルは、高効率なエネルギーシステムに適したトポロジーです。

2レベルインバータ (2L)	NPC 3レベルインバータ (NPC)	A-NPC 3レベル	
		逆直列	RB-IGBT
IGBT: 1200V	IGBT: 600V	IGBT: 1200V/600V,	RB-IGBT: 600V





12MBI100VN-120-50 外観



12MBI100VN-120-50

12MBI100VX-120-50

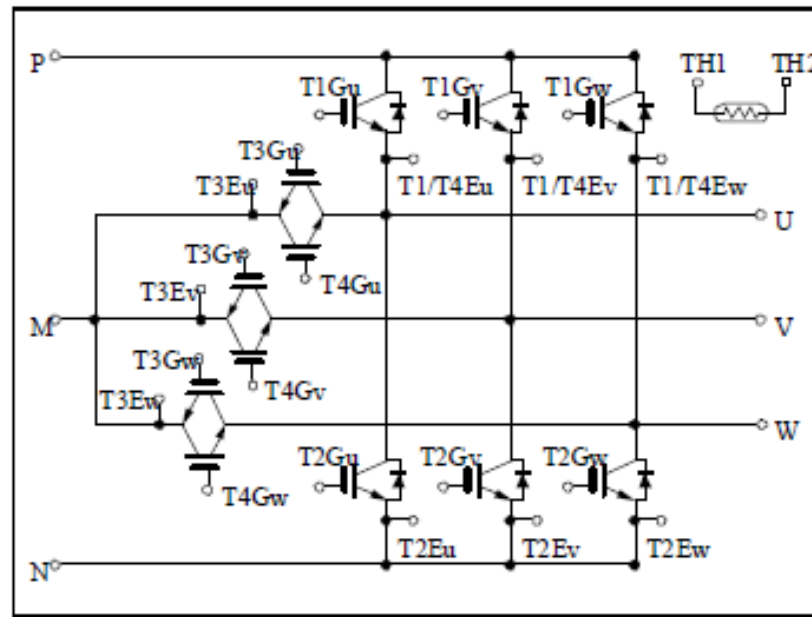
型式名 : 12MBI100VN-120-50

12MBI100VX-120-50

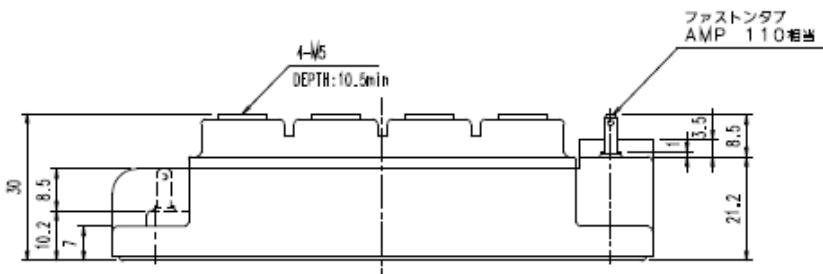
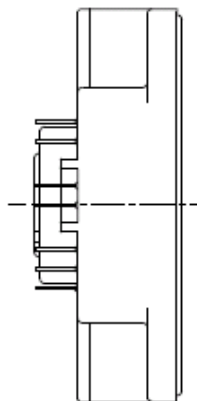
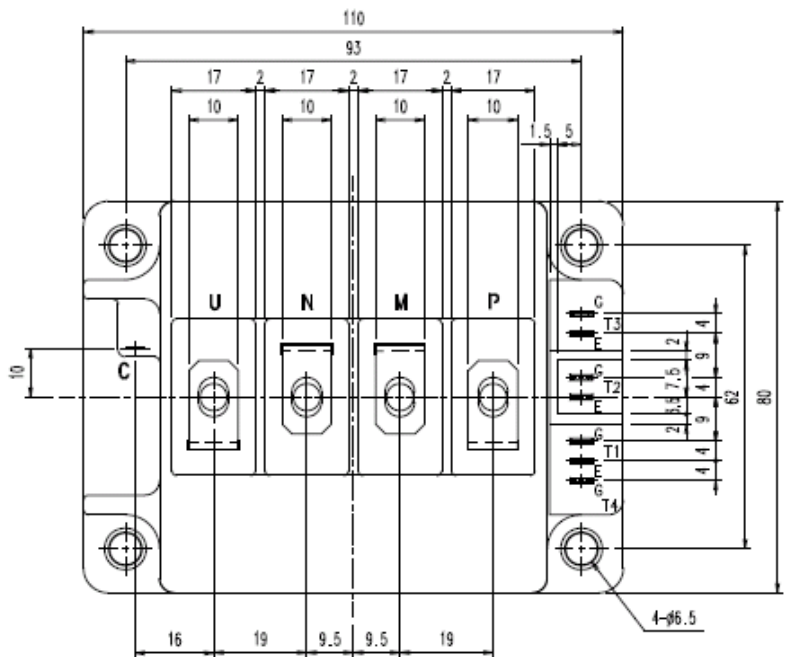
T1,T2 : 1200V/100A

T3,T4 : 600V/100A

400V クラス AC 出力向け



等価回路



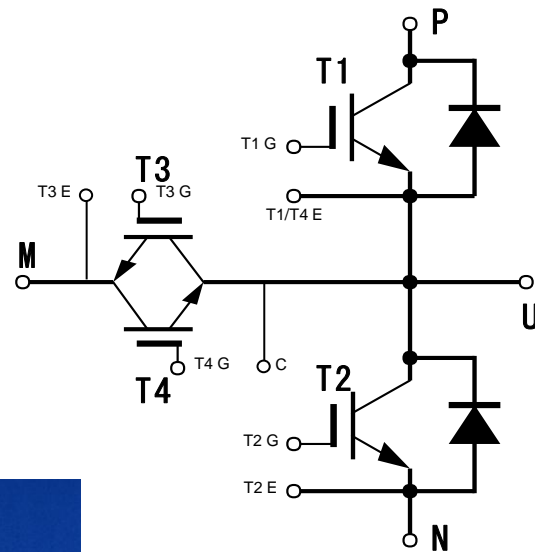
パッケージ概略

型式名 : 4MBI300VG-120R-50

T1,T2 : 1200V/300A

T3,T4 : 600V/300A

400V クラス AC 出力向け



等価回路
(T3とT4はRB-IGBT)



300Aモジュールのインバータモードの比較

2レベル;	2MBI300VH-120-50
NPC 3レベル;	2MBI300VB-060-50 シリーズ適用時
A- NPC 3レベル;	4MBI300VG-120R-50

条件;

100kVA インバータ

AC 400V, $I_o=145A$, $\cos\theta=1$

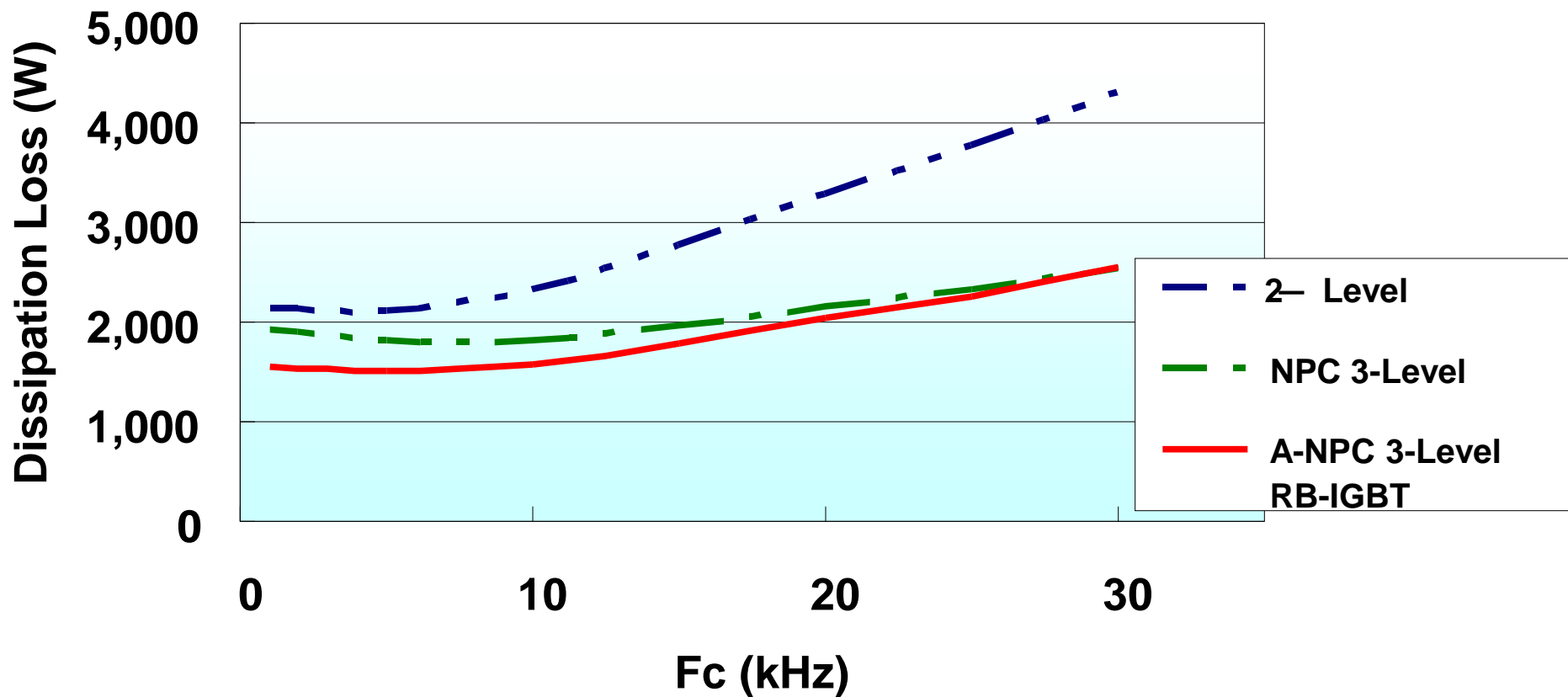
$V_{dc}=660V(330V+330V)$, 変調速度 =0.98

$T_j=125deg$,

$R_g(T1,T2)=+10/-1ohm$, $R_g(T3,T4)=+8.2/-39ohm$

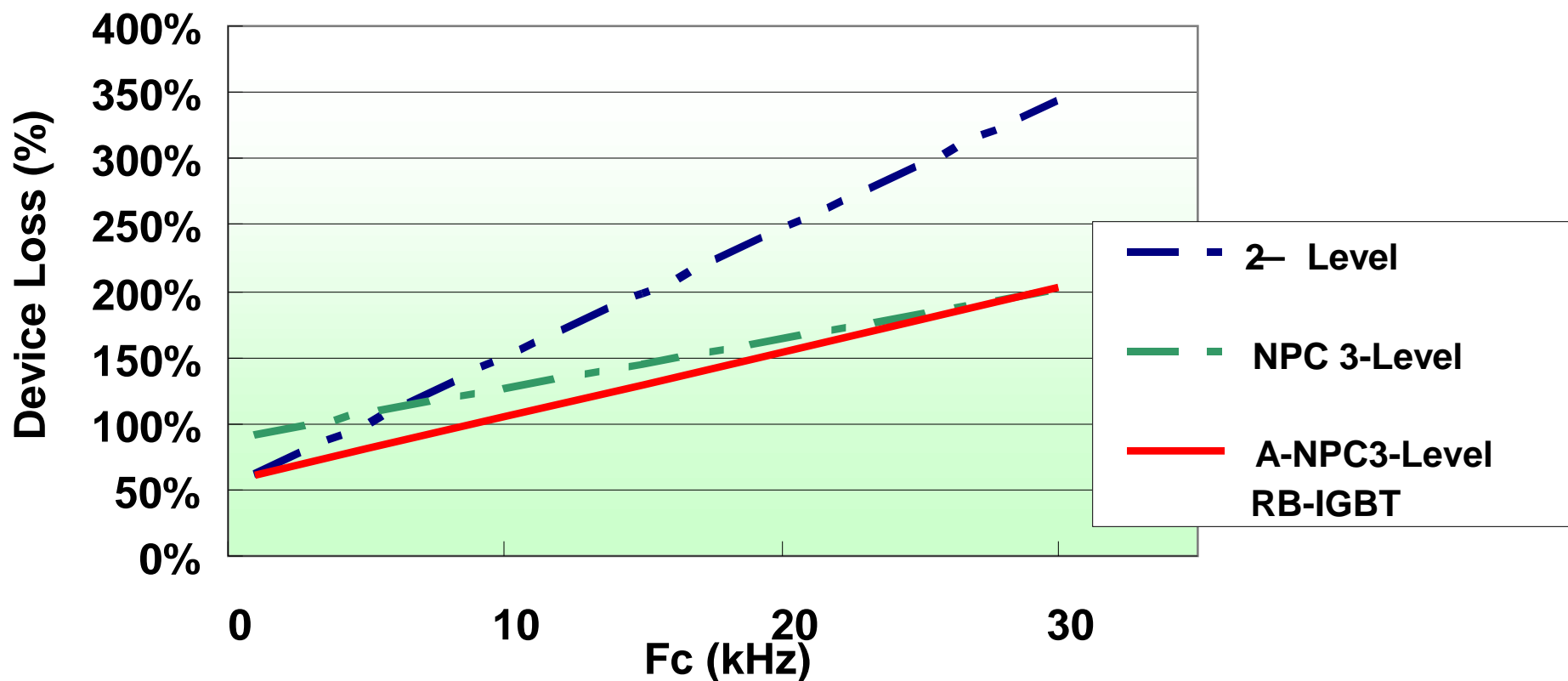
“インバータモード”でのトータル損失比較

✓A-NPC 3 レベルモジュールは30kHz以下のキャリア周波数で最小損失を達成しています。



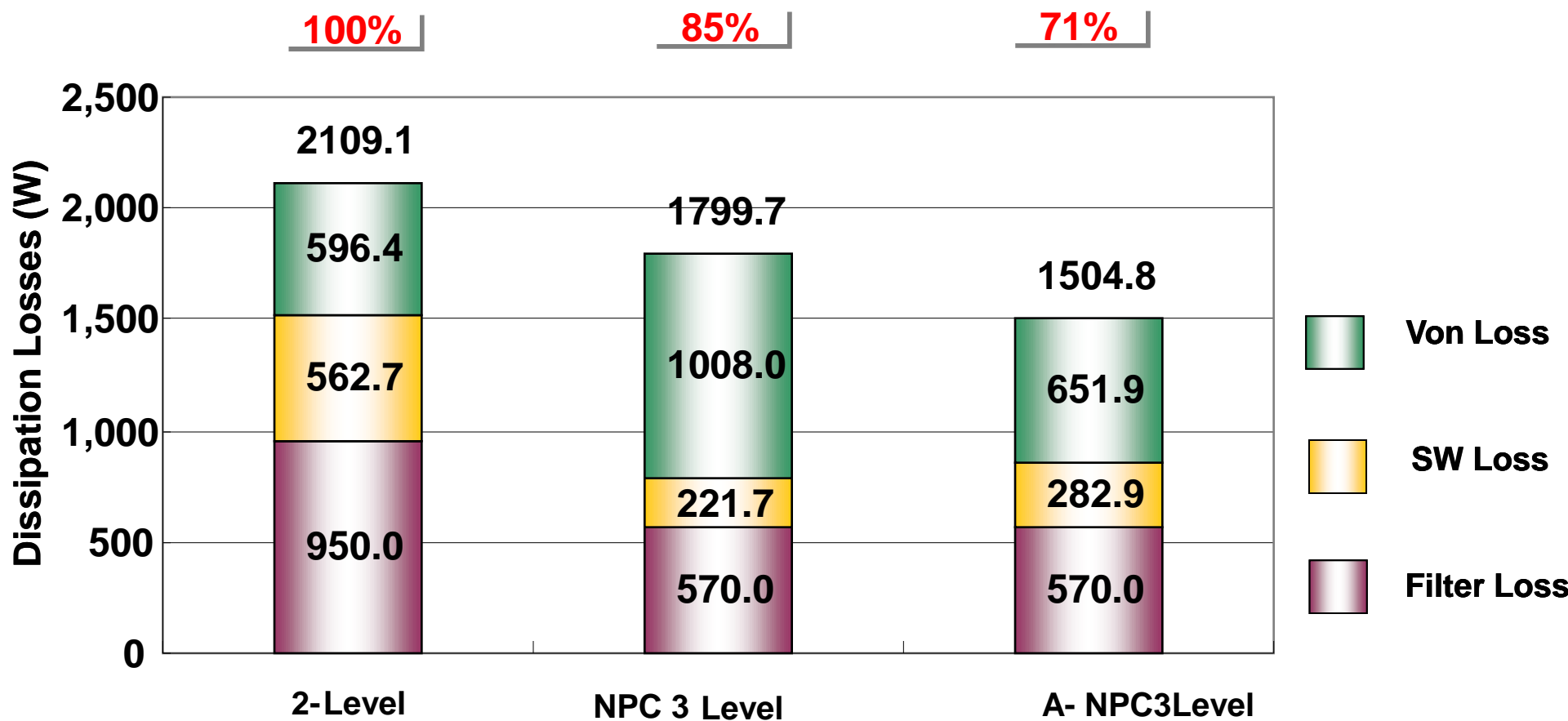
“インバータモード”でのデバイス損失比較

✓A-NPC 3 レベルモジュールは30kHz以下のキャリア周波数で最小損失を達成しています。



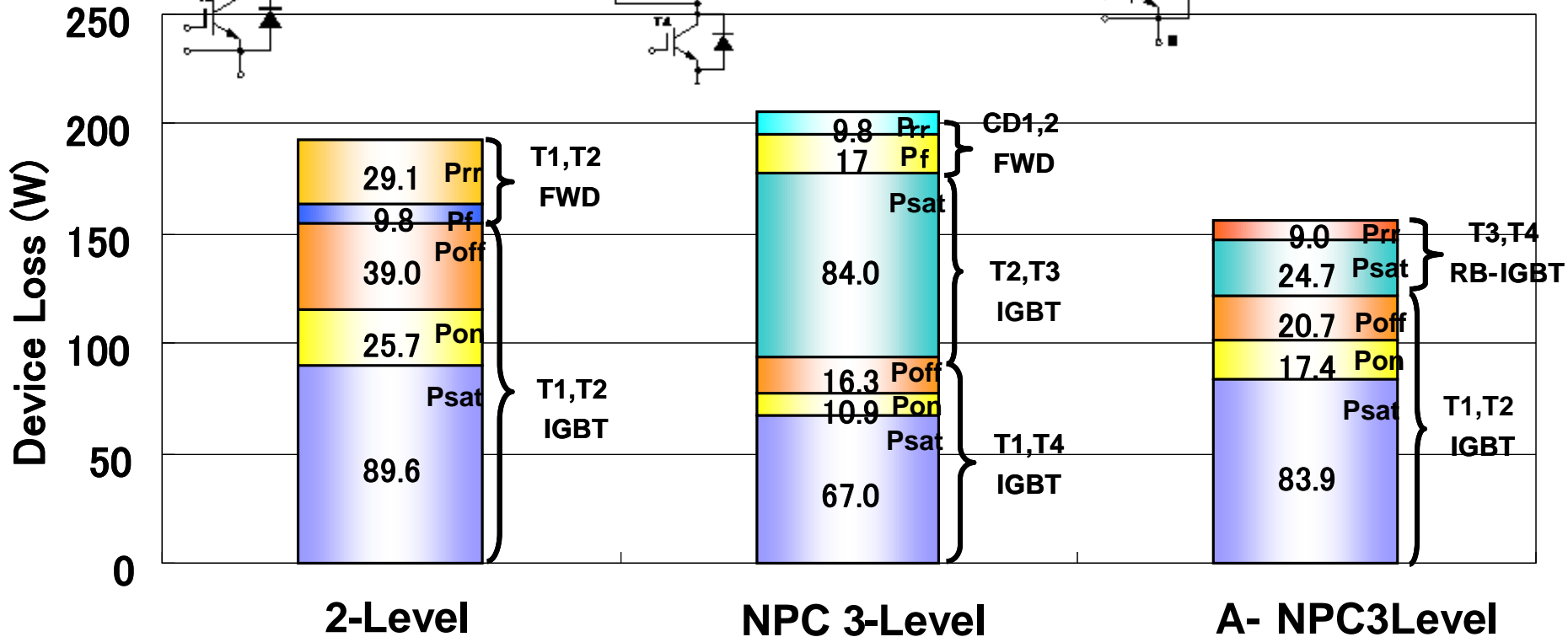
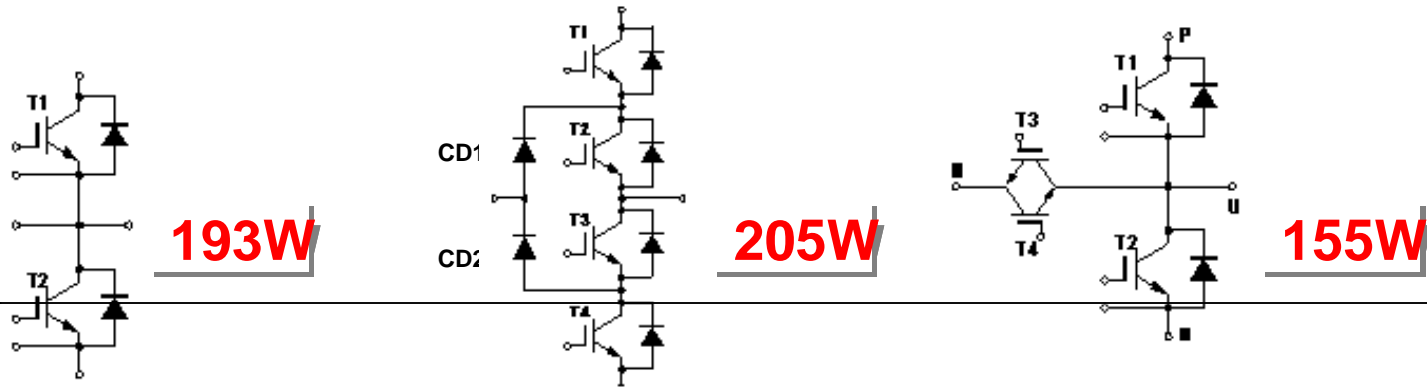
fc=5kHzの“インバータモード”での損失比較

- ✓ A-NPC 3レベルインバータのトータル損失は5kHzの“インバータモード”で最小
- ✓ 2レベルインバータから30% 損失低減
- ✓ 3レベルインバータから17% 損失低減



fc=5kHzの“インバータモード”でのデバイス損失分析

✓A-NPC 3レベルのT1 と T2 FWDに電流は流れません。



300Aモジュールの整流器モードの比較

2レベル;	2MBI300VH-120-50
NPC 3レベル;	2MBI300VB-060-50 シリーズ適用
A-NPC3レベル;	4MBI300VG-120R-50

条件;

100kVA インバータ

AC 400V, $I_o=145A$, $\cos\theta=1$

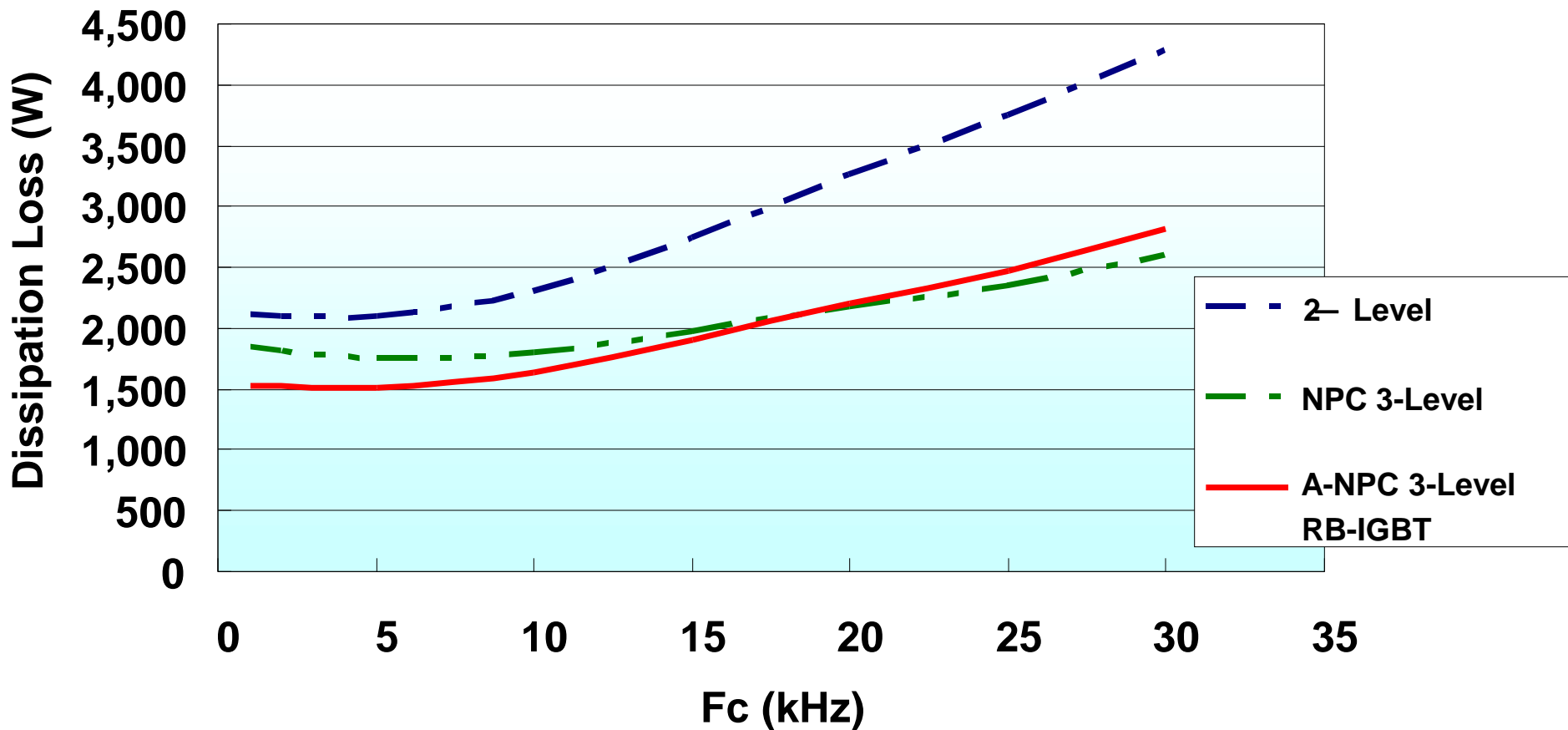
$V_{dc}=660V(330V+330V)$, 変調速度 =0.98

$T_j=125deg$

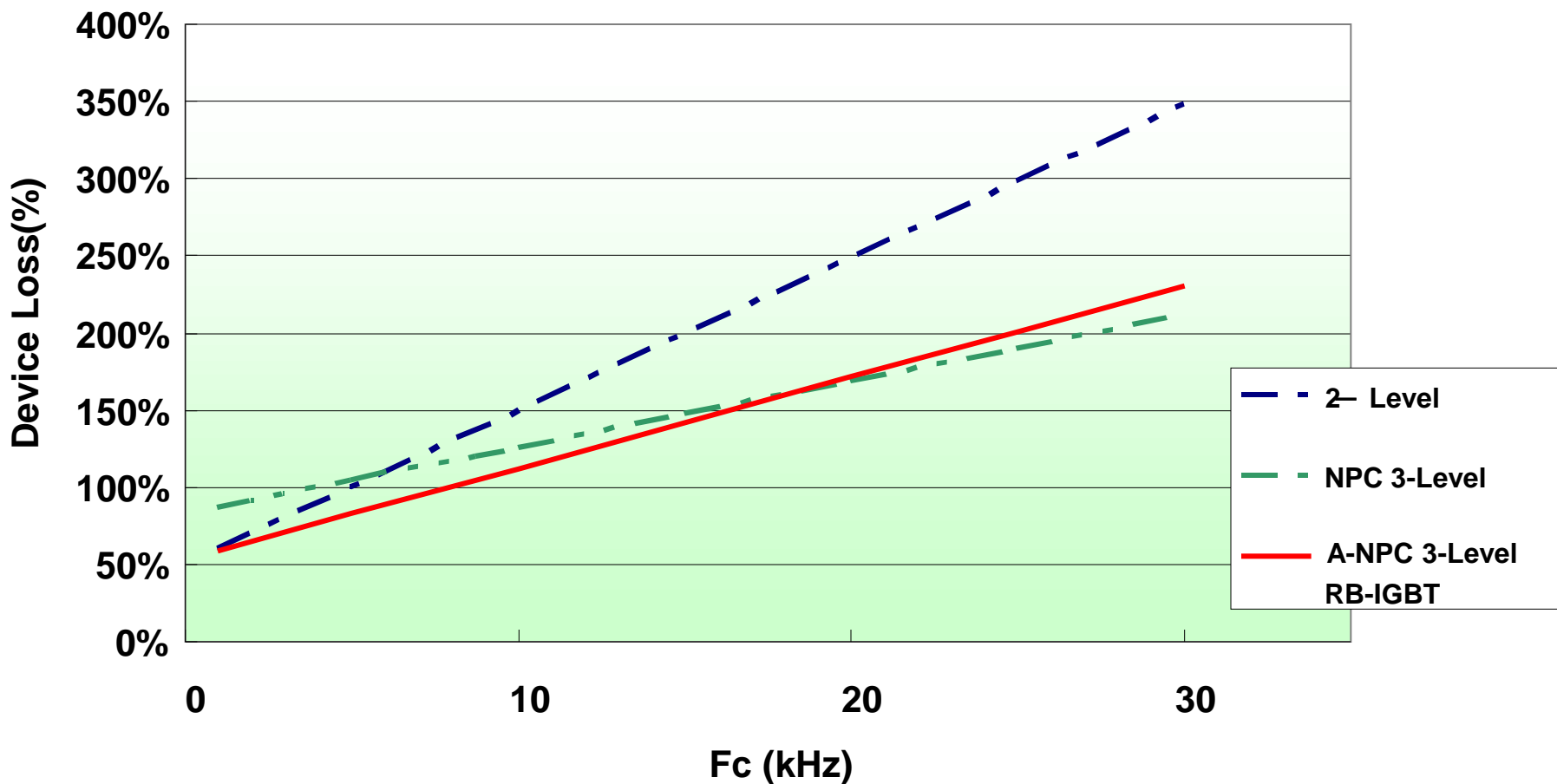
$R_g(T1,T2)=+10/-1ohm$, $R_g(T3,T4)=+8.2/-39ohm$

“整流器モード”でのトータル損失比較

✓A-NPC 3 レベルモジュールは20kHz以下のキャリア周波数で最小損失を達成しています。

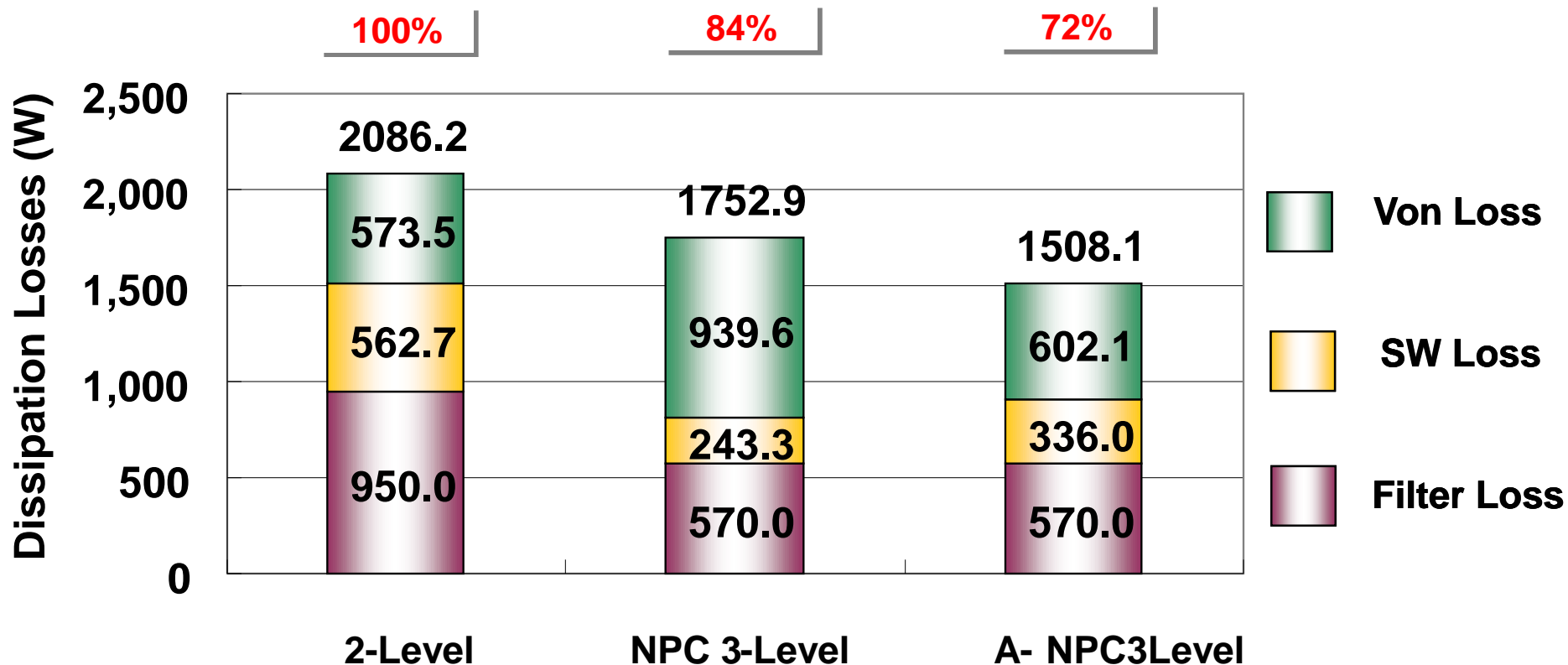


✓A-NPC 3レベルモジュールは20kHz以下のキャリア周波数で最小損失を達成しています。



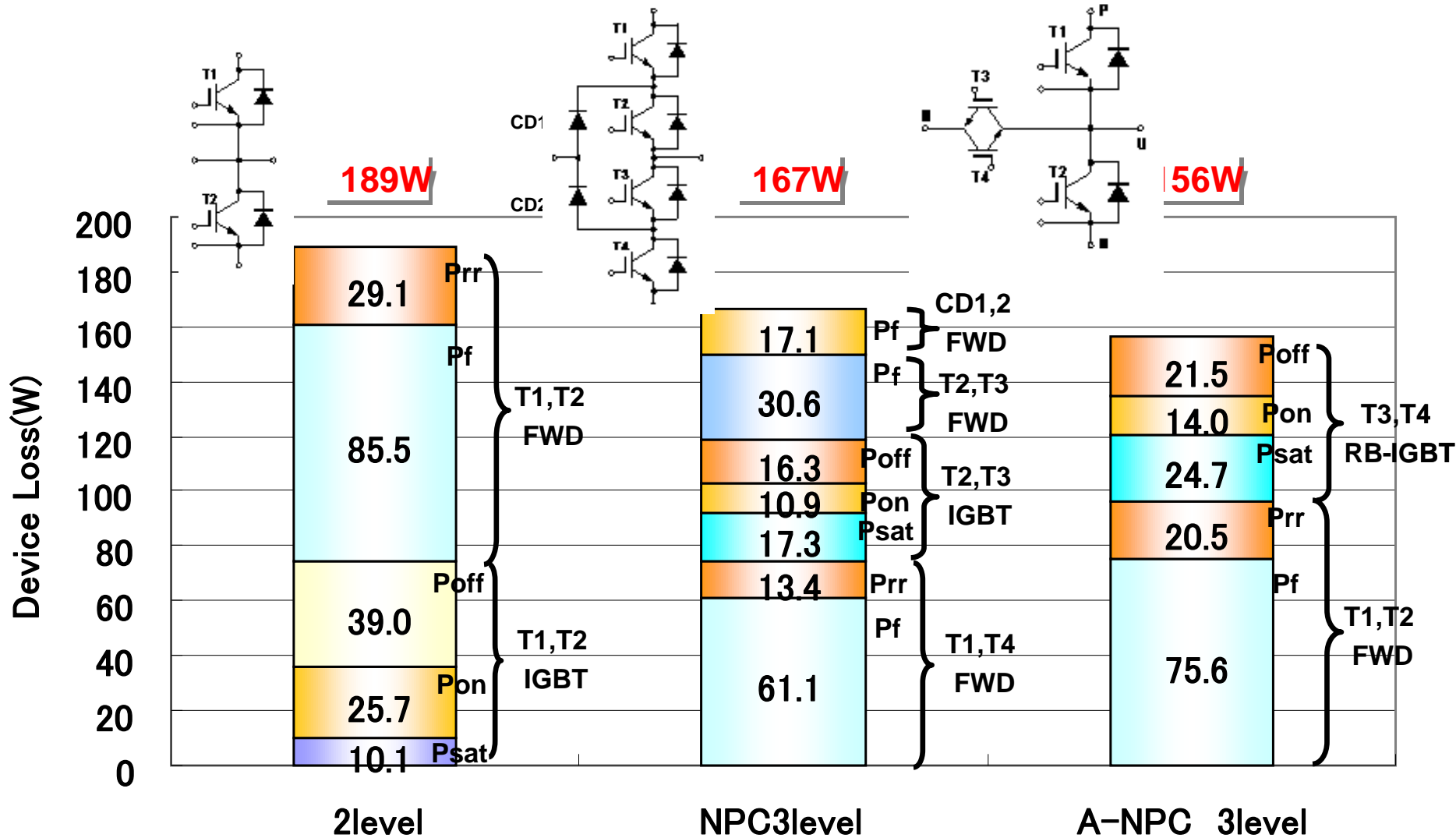
fc=5kHzの“整流器モード”での損失分析

- ✓ A-NPC 3レベルインバータのトータル損失は5kHzの“整流器モード”で最小
- ✓ 2レベルインバータから30% 損失低減
- ✓ 3レベルインバータから14% 損失低減



fc=5kHzの“整流器モード”でのデバイス損失分析

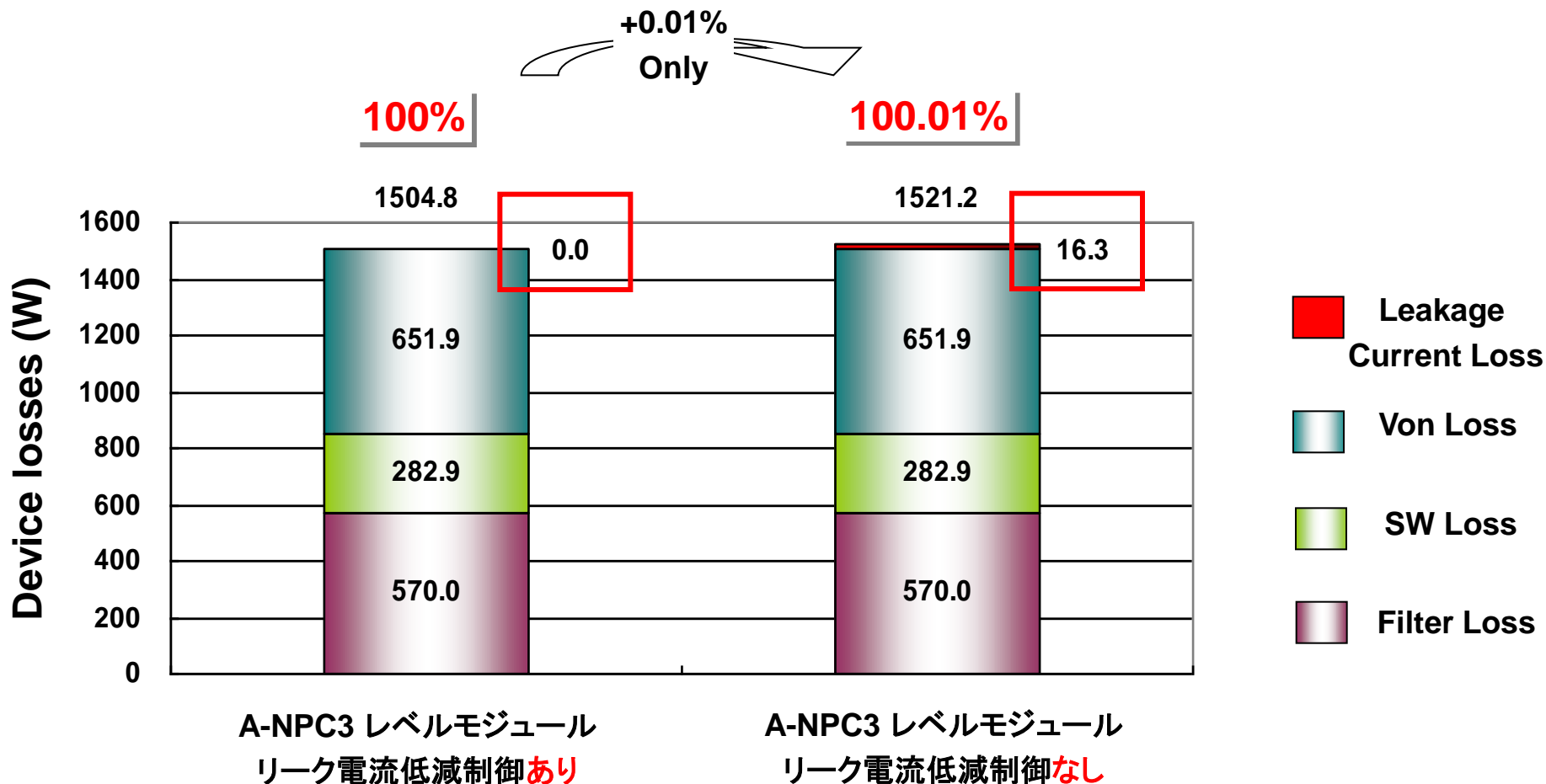
✓A-NPC3レベルのT1 と T2 IGBTに電流は流れません。



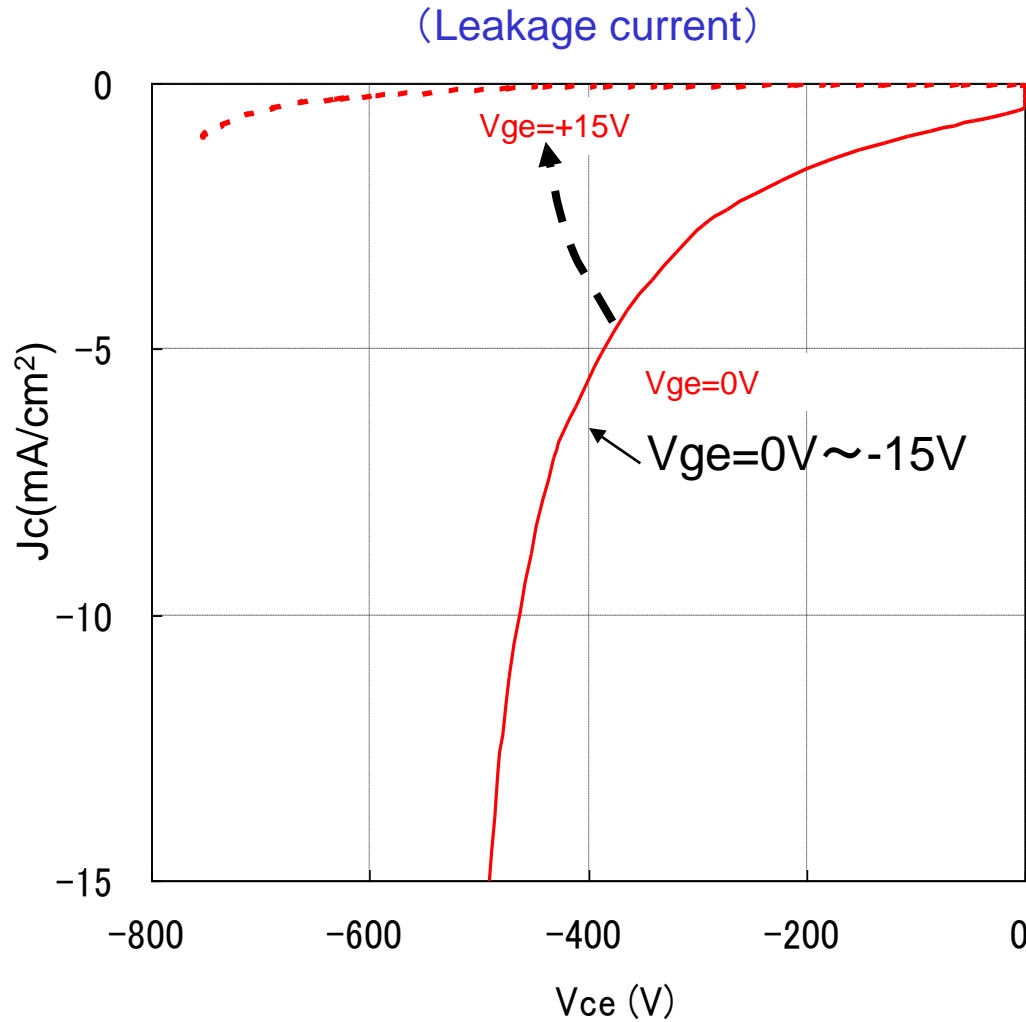
RB-IGBTリーク電流の低減制御

RB-IGBT リーク電流損失 “300A type”

- ✓ $T_j=125\text{deg}$ でのRB-IGBTリーク電流損失は極めて小さいです。
- ✓ 接合温度 $T_j=125^\circ\text{C}$ 以下では, 大きなリーク電流損失は発生しません。

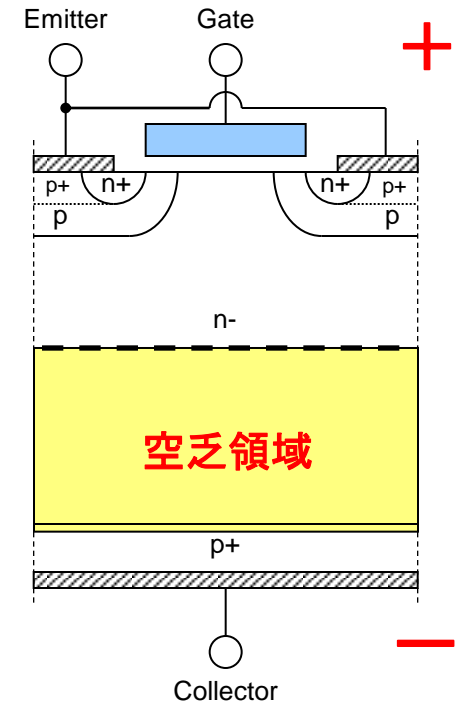


RB-IGBT リーク電流



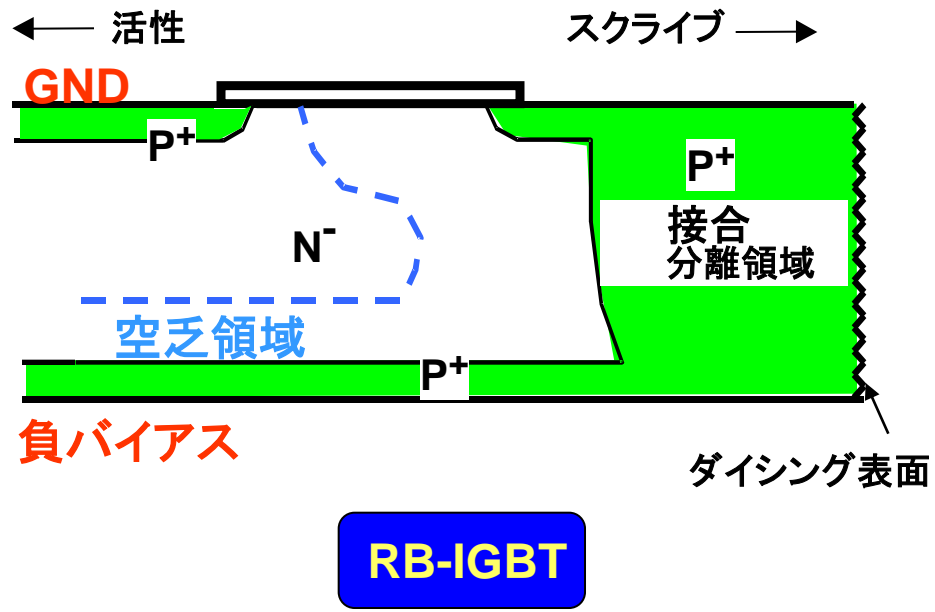
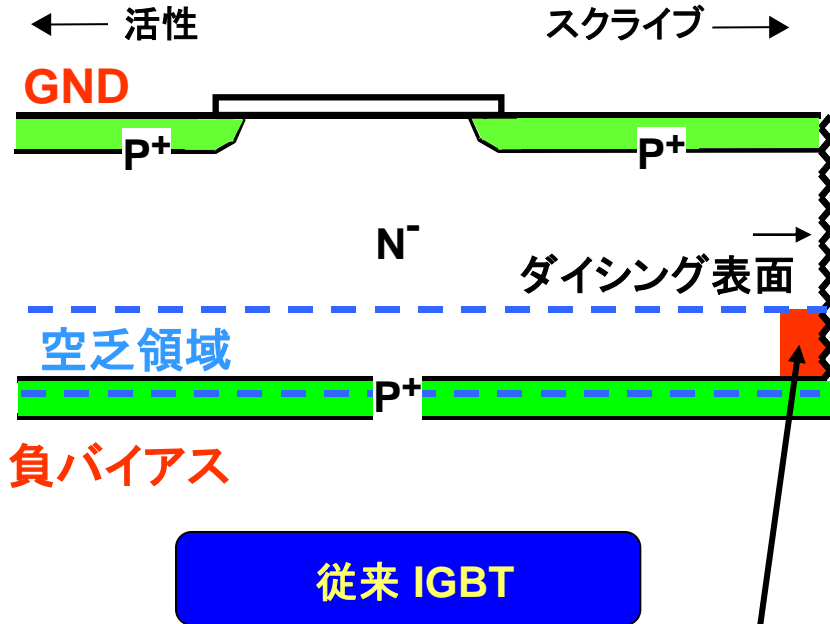
$T_j=125^\circ C$

リーク電流は $V_{g}=+15V$ で低減できます



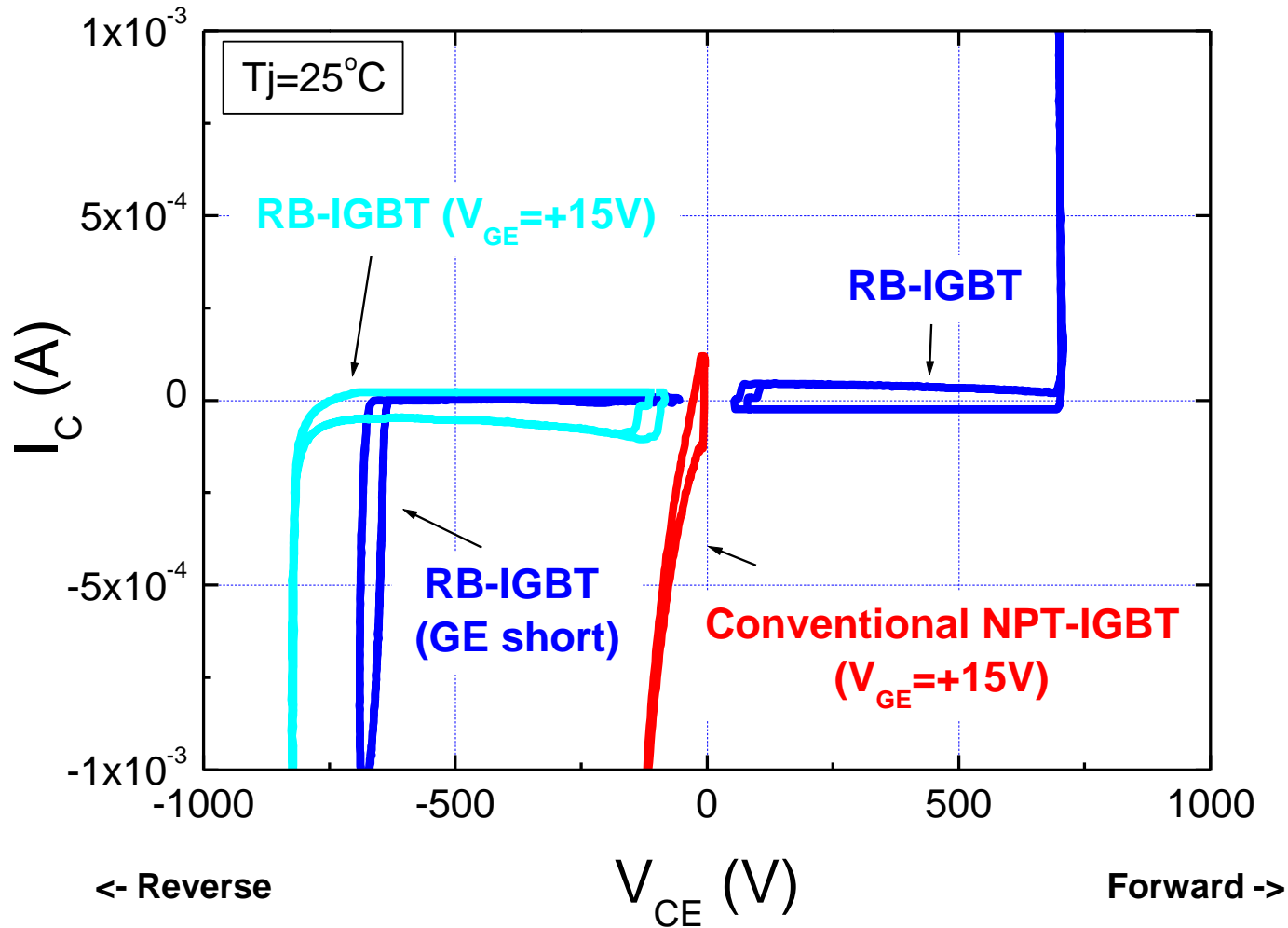
RB-IGBT デバイス特性

RB-IGBTの断面図

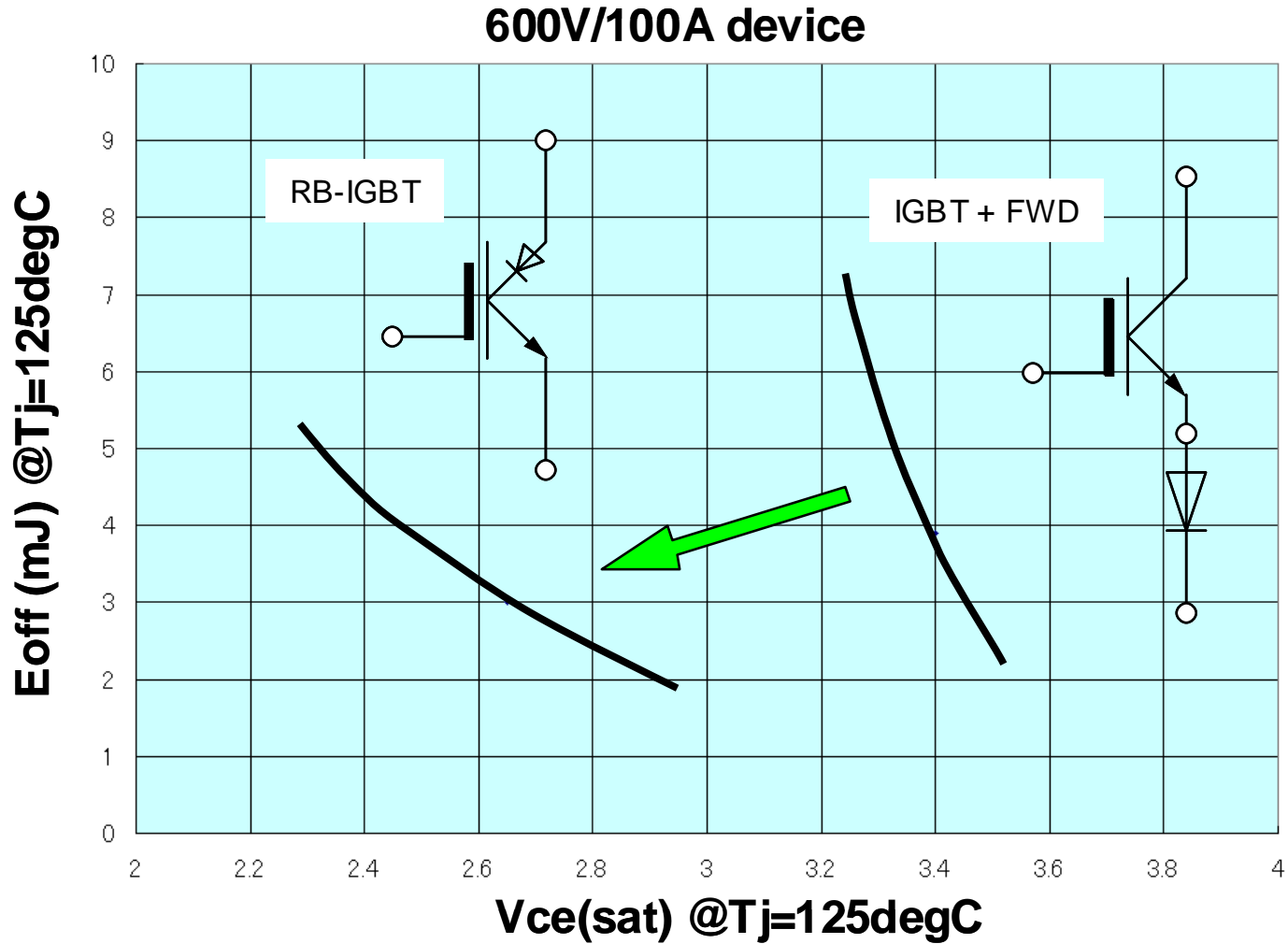


ダイシング表面でキャリアが生成

阻止電圧



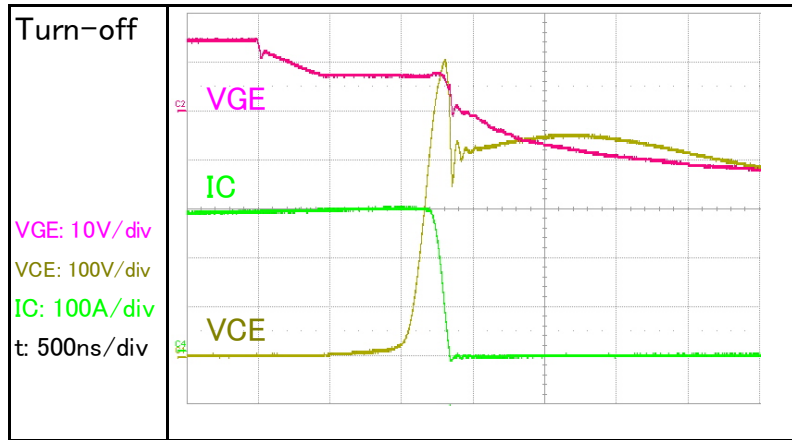
RB-IGBTのトレードオフ関係



RB-IGBTのスイッチング波形

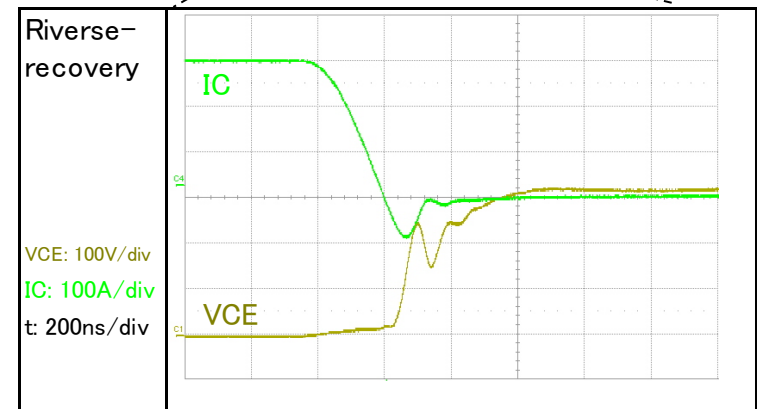
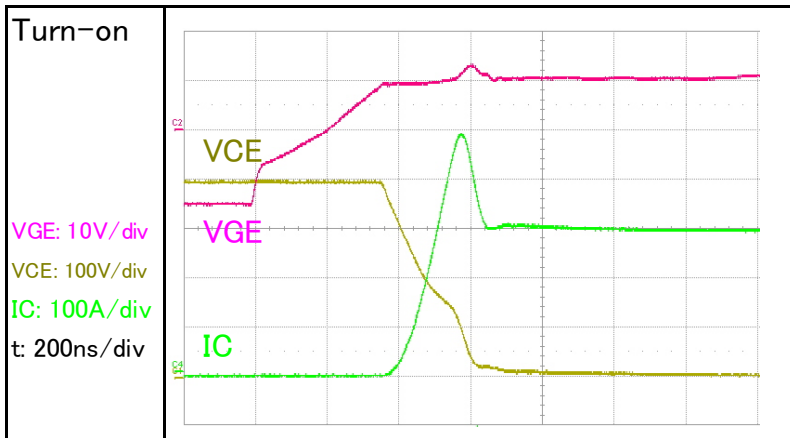
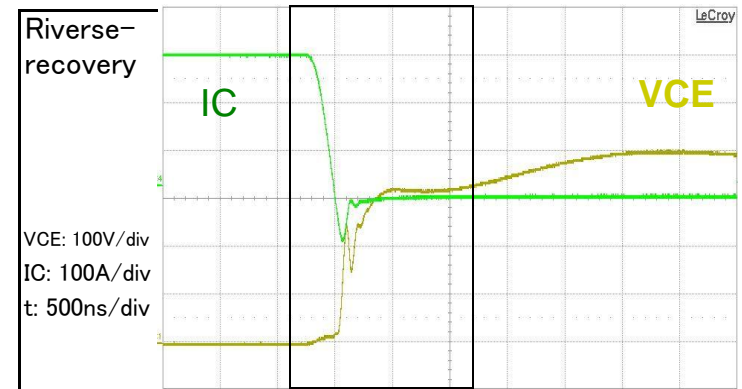
条件:

T3 スwitchング T1-FWD リカバリーモード
 $T_j = RT$, $V_{cc2} = 400V$, $I_c = 300A$, $R_G = +8.2/-39\Omega$
 $V_{GE}(T3) = +/-15V$, $V_{GE}(T4) = +15V$, I_C
 snubber = $1.84\mu F$, $L_s = 34nH$



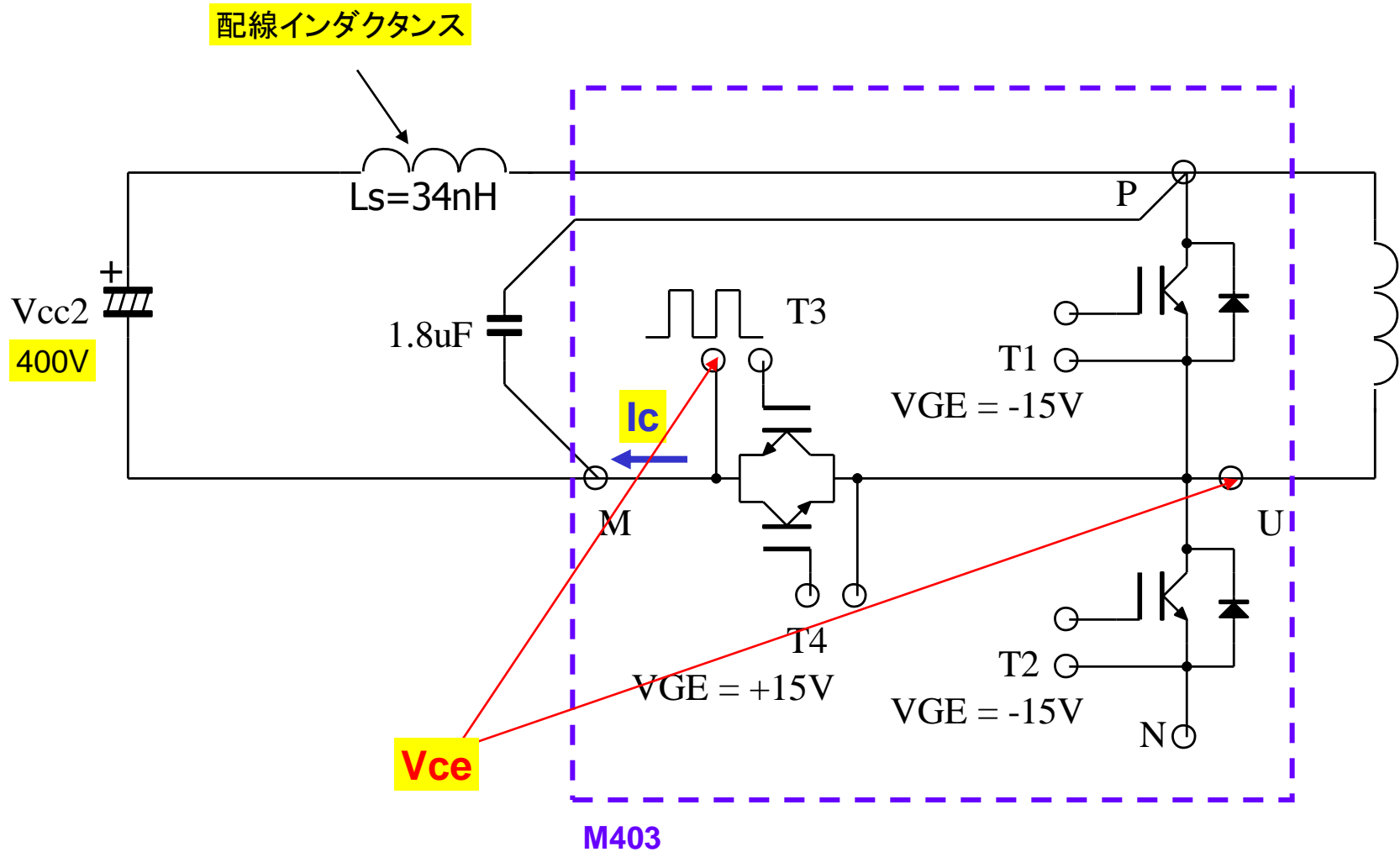
条件:

T1 スwitchング T4 RB-IGBT リカバリーモード
 $T_j = RT$, $V_{cc2} = 400V$, $I_c = 300A$, $R_G = +10\Omega$
 $V_{GE}(T1) = +/-15V$, $V_{GE}(T4) = +15V$,
 snubber = $1.84\mu F$, $L_s = 34nH$

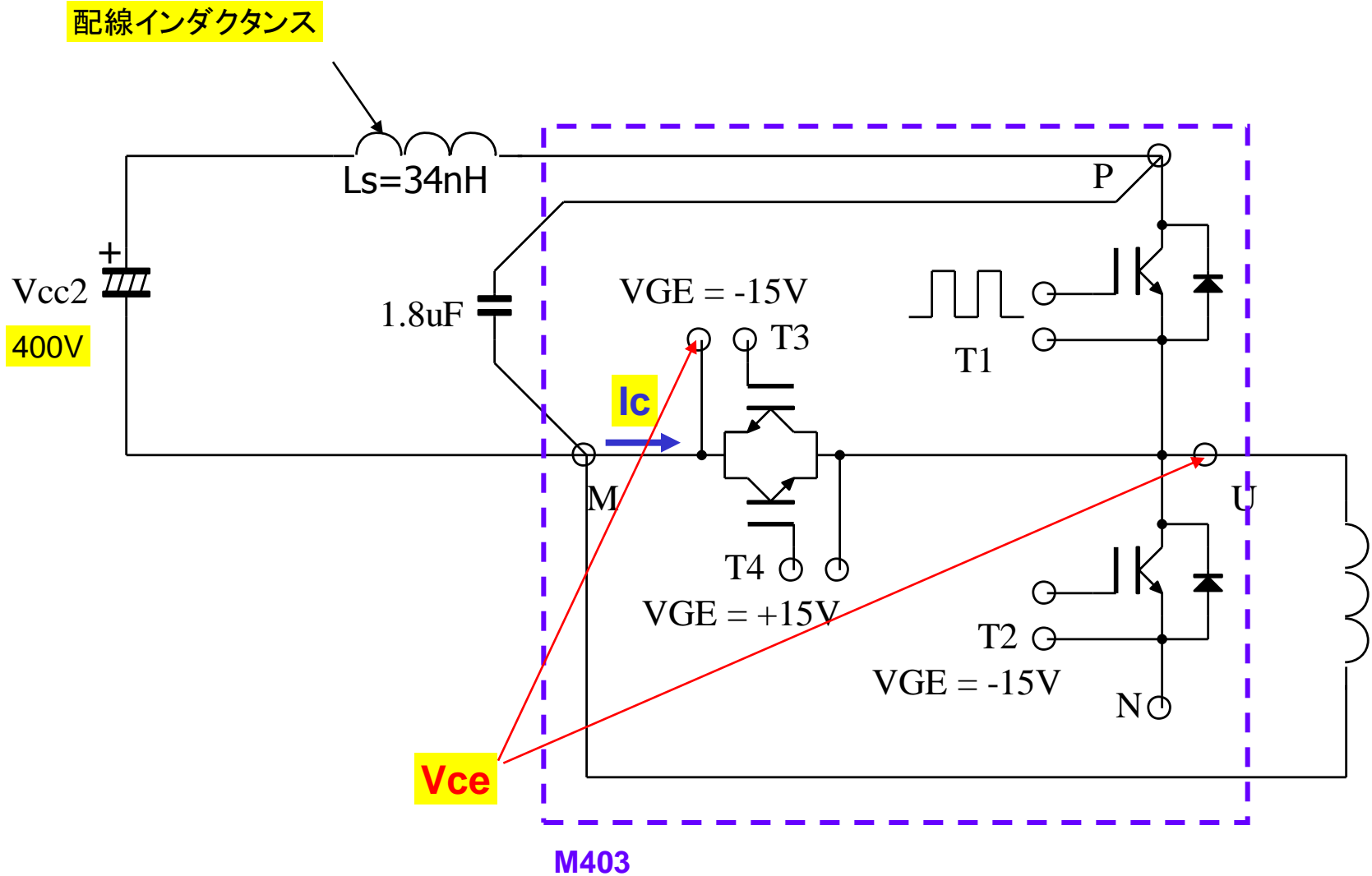


富士RB-IGBTは通常のIGBTとFWDと同様に高速スイッチング動作を実現することができます。

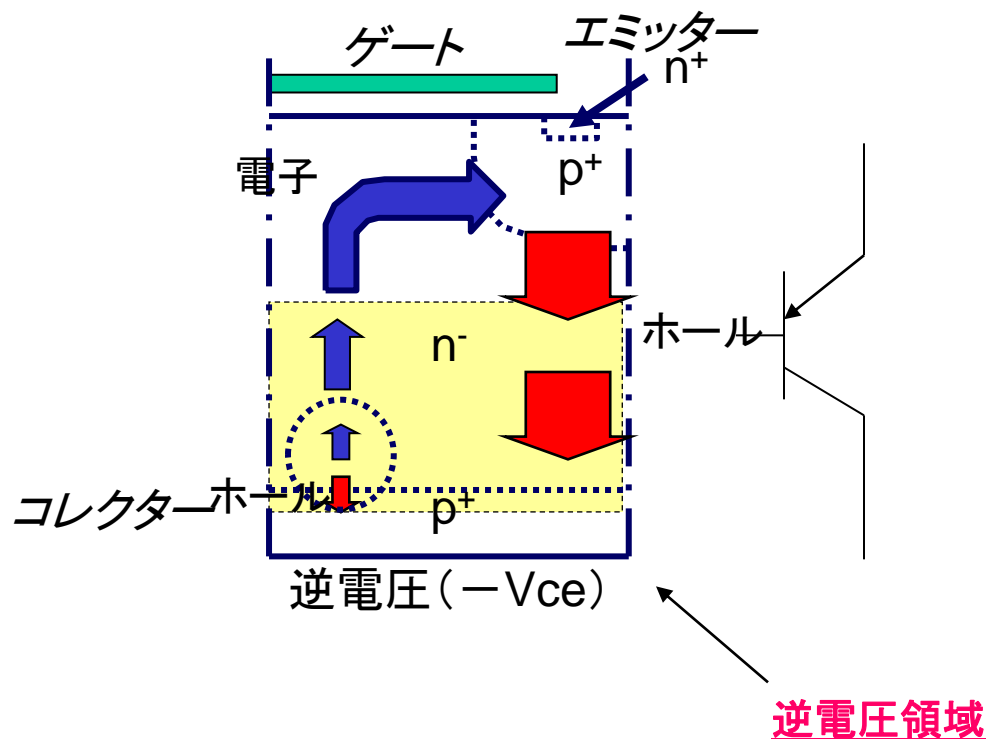
RB-IGBT ターンオン, ターンオフ 測定回路



RB-IGBT 逆回復測定回路



逆電圧におけるメカニズム



逆電圧領域でのホールの生成

↓

エミッタ領域を通る電子の流れ

↓

この電子はPNPトランジスタのベース電流

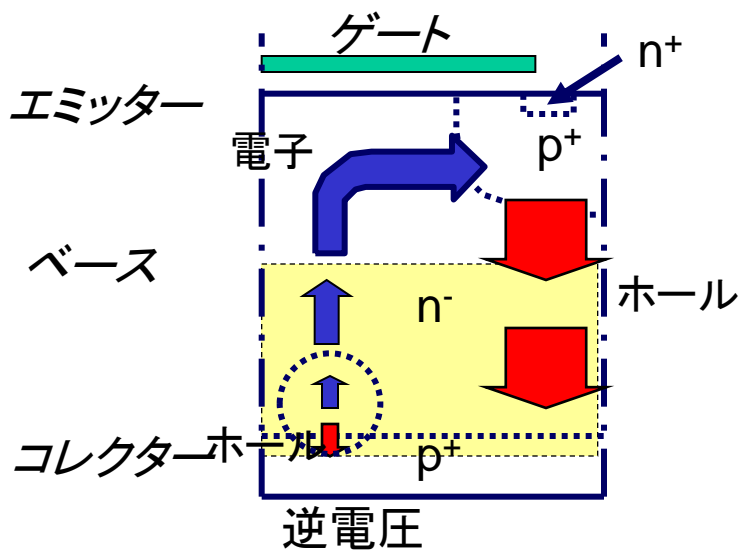
↓

P層でのホールの生成

↓

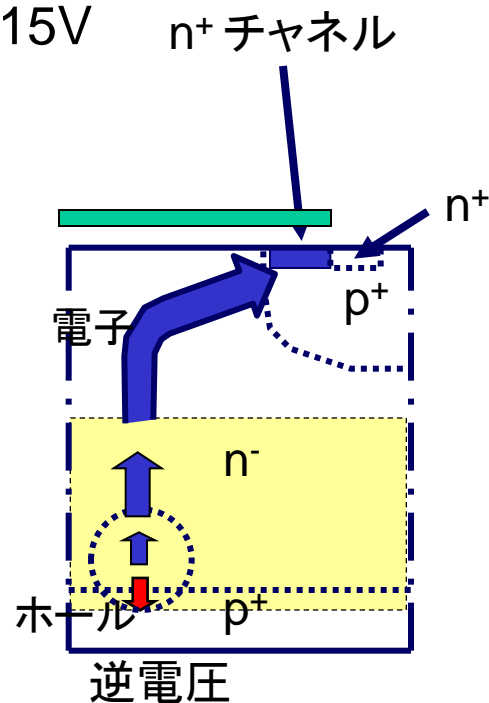
大きいリーク電流の生成

(i) G-E short



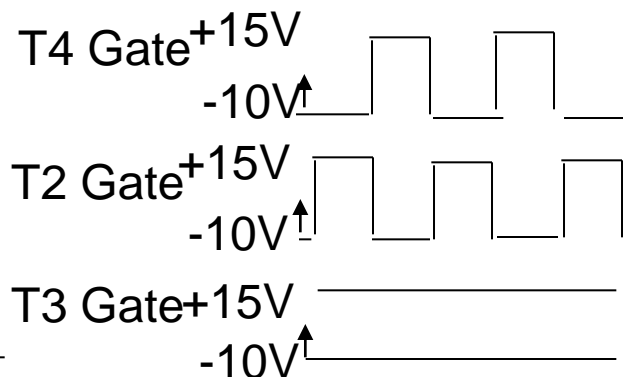
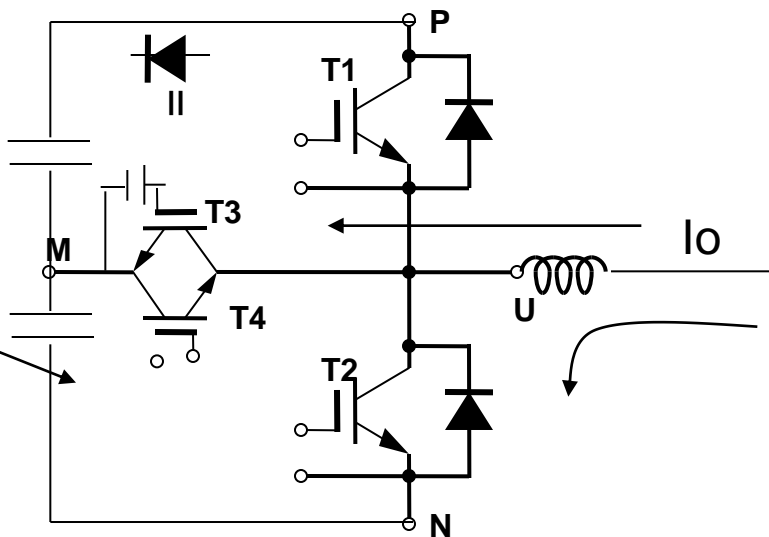
- pnp* ベースがオープン
- ⇒ エミッターからのホールの生成
- ⇒ 大きいリーク電流

(ii) $V_{GE}=+15V$



- 電子はエミッタの $n+$ は流れる
- ⇒ ホールの生成がない
- “pn ダイオード作用”
- ⇒ 小さいリーク電流

RB-IGBTをFWDモードで使用する場合、 $V_{ge} = +15V$ を入力して下さい。
 なぜなら $V_{ge}=0V$ の場合、RB-IGBTのリーク電流は大きいからです。
 RB-IGBTリーク電流は $V_{ge}=+15V$ 印加で低減することができます。

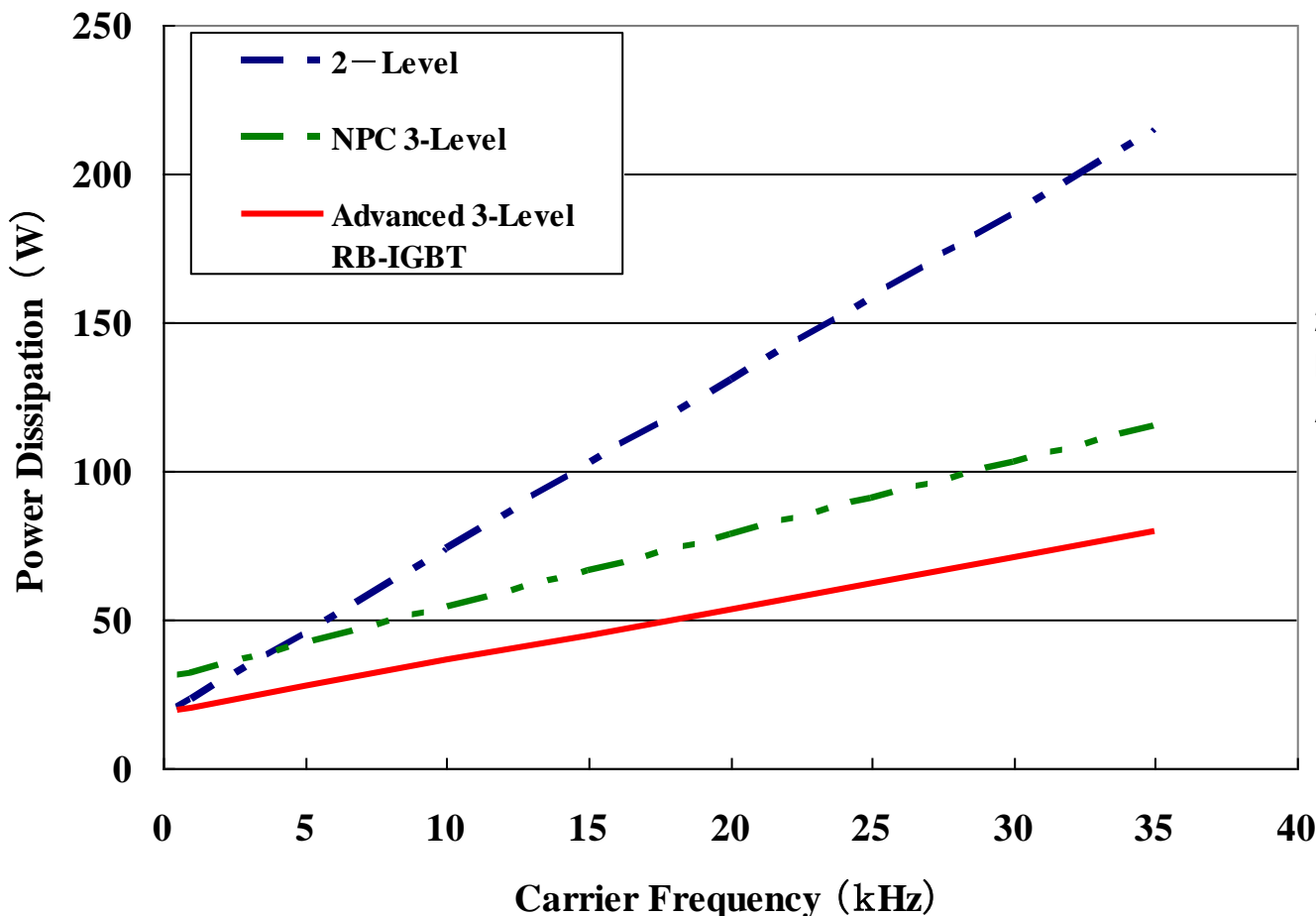


T3をFWDモードで使用する場合、
 T3に $V_{ge} = +15V$ 入力して下さい。

12 in 1, 100A タイプモジュール

デバイス損失比較 (12in1 モジュール “100A タイプ”)

- ✓ “100A タイプ”のスイッチング損失はNPC 3レベルと同等
- ✓ “100A タイプ A-NPC 3レベル”のトータル損失は全てのキャリア周波数レンジにおいて最小
- ✓ クロスポイントはなし



2レベル: 7MBR100VN120-50
 NPC 3レベル: 7MBR100VZ060-50
 A-NPC 3レベル: 12MBI100VN-120-50

条件:
 20kVA インバータ
 AC 400V, $I_o=30A$, $\cos\theta=0.9$
 $V_{dc}=700V(350V+350V)$
 変調速度 =0.8
 $T_j=125C$, R_g =データシート値



1. This technical note contains the product specifications, characteristics, data, materials, and structures as of January 2012.
The contents are subject to change without notice for specification changes or other reasons.
When using a product listed in this Catalog, be sure to obtain the latest specifications.
2. All applications described in this Catalog exemplify the use of Fuji's products for your reference only.
No right or license, either express or implied, under any patent, copyright, trade secret or other intellectual property right owned by Fuji Electric Co., Ltd. is (or shall be deemed) granted.
Fuji Electric Co., Ltd. makes no representation or warranty, whether express or implied, relating to the infringement or alleged infringement of other's intellectual property rights which may arise from the use of the applications described herein.
3. Although Fuji Electric Co., Ltd. is enhancing product quality and reliability, a small percentage of semiconductor products may become faulty. When using Fuji Electric semiconductor products in your equipment, you are requested to take adequate safety measures to prevent the equipment from causing a physical injury, fire, or other problem if any of the products become faulty. It is recommended to make your design fail-safe, flame retardant, and free of malfunction.
4. The products introduced in this technical note are intended for use in the following electronic and electrical equipment which has normal reliability requirements.
 - Computers • OA equipment • Communications equipment (terminal devices) • Measurement equipment
 - Machine tools • Audiovisual equipment • Electrical home appliances • Personal equipment • Industrial robots etc.
5. If you need to use a product in this Catalog for equipment requiring higher reliability than normal, such as for the equipment listed below, it is imperative to contact Fuji Electric Co., Ltd. to obtain prior approval. When using these products for such equipment, take adequate measures such as a backup system to prevent the equipment from malfunctioning even if a Fuji's product incorporated in the equipment becomes faulty.
 - Transportation equipment (mounted on cars and ships) • Trunk communications equipment
 - Traffic-signal control equipment • Gas leakage detectors with an auto-shut-off feature
 - Emergency equipment for responding to disasters and anti-burglary devices • Safety devices
 - Medical equipment
6. Do not use products in this Catalog for the equipment requiring strict reliability such as the following and equivalents to strategic equipment (without limitation).
 - Space equipment • Aeronautic equipment • Nuclear control equipment
 - Submarine repeater equipment
7. Copyright ©1996-2012 by Fuji Electric Co., Ltd. All rights reserved.
No part of this technical note may be reproduced in any form or by any means without the express permission of Fuji Electric Co., Ltd.
8. If you have any question about any portion in this Catalog, ask Fuji Electric Co., Ltd. or its sales agents before using the product.
Neither Fuji Electric Co., Ltd. nor its agents shall be liable for any injury caused by any use of the products not in accordance with instructions set forth herein.