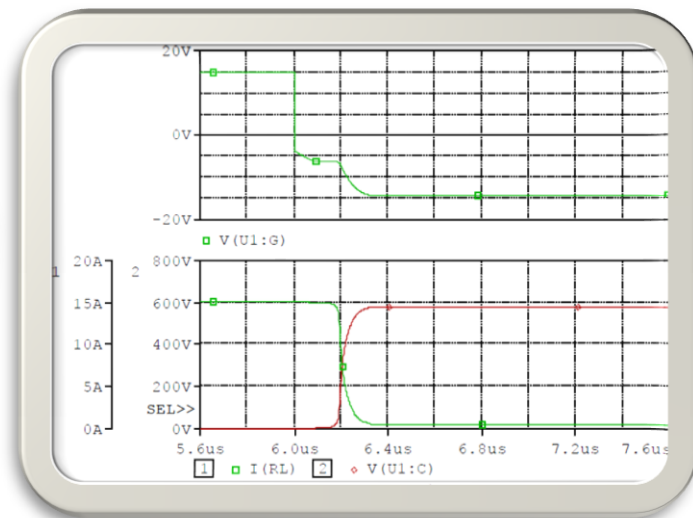
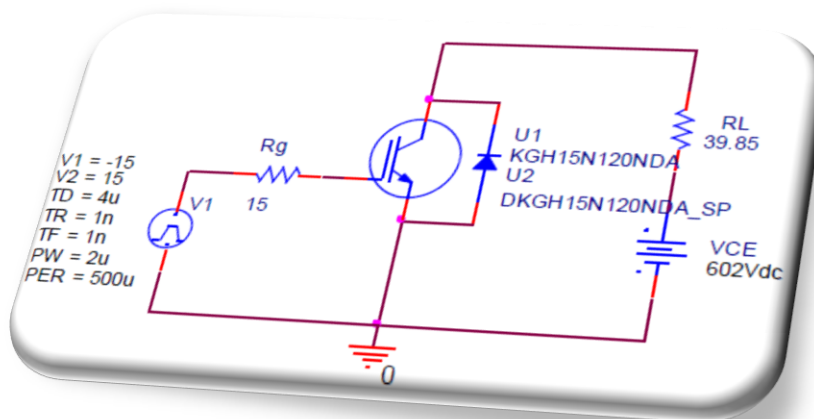
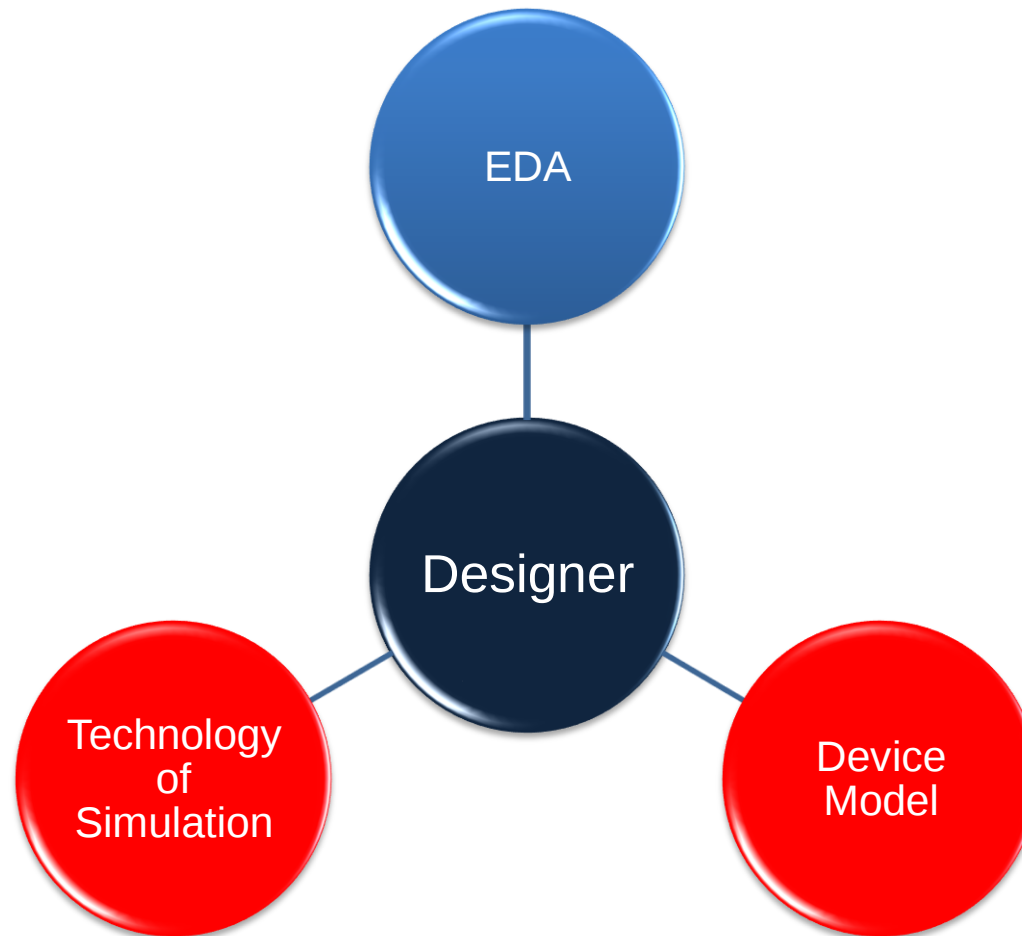


# IGBTのスパイスモデル



株式会社ビー・テクノロジー  
<http://www.bee-tech.com/>  
[horigome@bee-tech.com](mailto:horigome@bee-tech.com)



モデル

デザインキット  
回路方式のテンプレート

回路解析シミュレータ  
Spice 系回路解析シミュレータ

ABM=Analog Behavior Model

「スパイスモデル」と「回路解析シミュレーション」はお任せ...

English

**Bee Technologies** 株式会社ビー・テクノロジー  
デバイス・モデリング・カンパニー

**デバイスモデリングサービス**  
・半導体部品  
・受動部品  
・バッテリー  
・モーター

**スパイスパーク**  
デバイスモデルのライブラリです。  
それぞれのモデルにデバイス  
モデリング・レポートが含まれています。

**製品  
ラインナップ  
technology**

**デザインキット**  
モデル、シミュレーションデータ、  
解説書がセットになった  
デザインキットです。

**デバイスモデリング  
教材**  
モデルの学習の教材です。  
モデリング手法と評価方法を  
ご提供しています。

**EDA環境の  
ご提案**

デバイスモデリングセミナー  
回路解析シミュレーションセミナー  
少人数形式で「基礎学習」  
+「体験学習」でスキルUp

**Bee Style:**  
月刊の技術情報冊子  
無料でお届けの平元に発送致します。  
ご希望の方はこちらをご参照下さい。

**Bee Technologies** ▶ お問い合わせ

▶ 会社情報  
▶ ミッション  
▶ 事業概要  
▶ 販売代理店

blog | **Device Modeling Laboratory**  
Research and Development

太陽電池システムの検証を回路解析シミュレーション  
でご提案致します

最新情報をメール・マガジン(無料)で配信しています。  
ご登録はこちらからお願致します。

**What's New**

▶ 2010/08/26  
[今週のスパイスモデル(無料)] Junction FET  
「2N4416」のスパイスモデルのご提供を開始しまし  
た。そして新企画です。こちらをご参照下さい。

▶ 2010/08/24  
[スパイス・パーク] 2010年9月度アップデートしまし  
た。スパイス・パークの最新情報は、こちらをご参照  
下さい。

All Rights Reserved copyright (C) Bee Technologies Inc.

スパイス・パーク <http://www.spicepark.com/>

55種類のデバイス、3,461モデル(2010年9月1日現在)をご提供中。  
現在、グローバル版スパイス・パークを準備中。


  
 スパイス・パーク

e-mail:  Password:

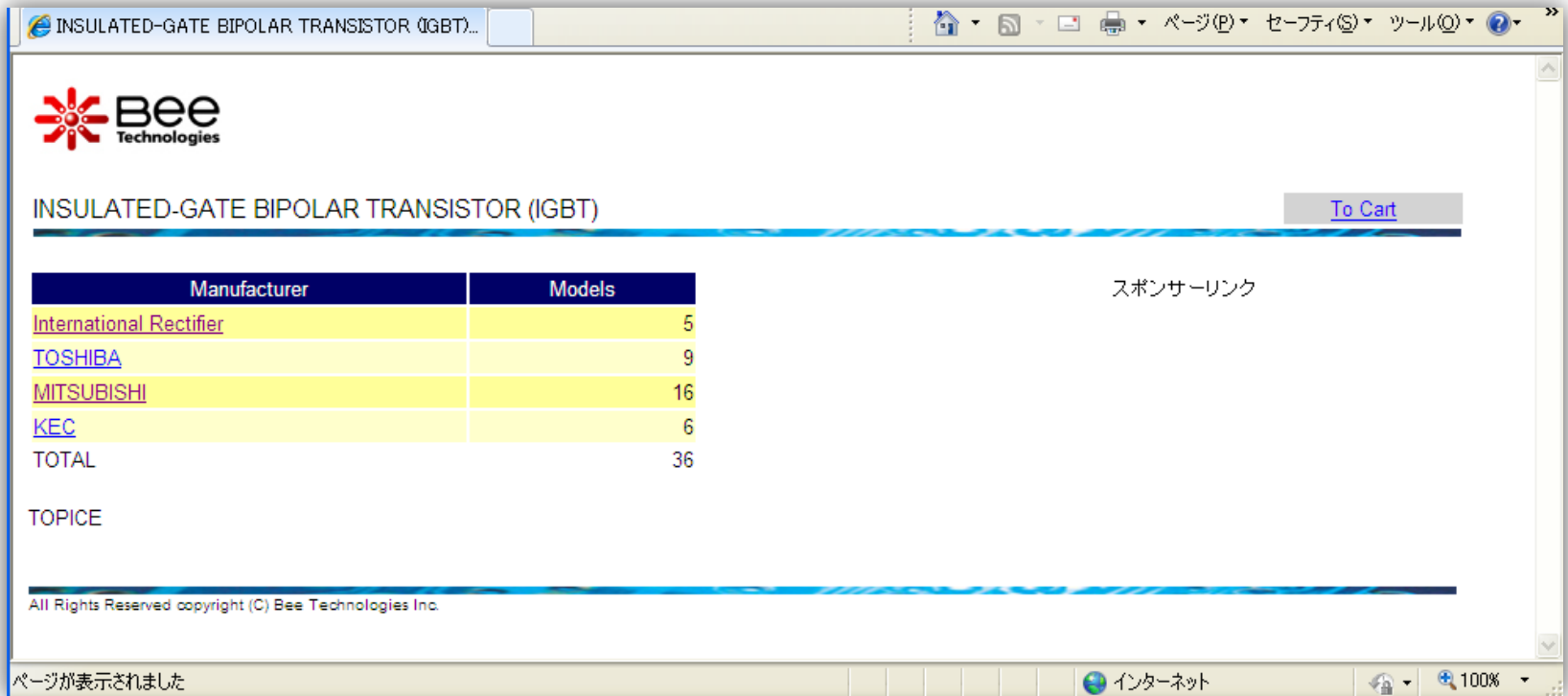
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>半導体部品</b><br>ダイオード<br>ショットキー・バリア・ダイオード<br>ヌエナー・ダイオード<br>ヌーザー・ダイオード<br>LED<br>Junction FET<br>MOSFET<br>トランジスタ<br>ダーリントン・トランジスタ<br>GBT<br>ボルテージ・リファレンス<br>ボルテージ・レギュレータ<br>シェント・レギュレータ<br>オペアンブ<br>コンパレータ<br>サイダック<br>フォトカブラ<br>光デバイス<br>バリスタ<br>サージ・アブソーバ<br>サーミスタ<br>サイリスタ<br>PVM IC<br>アナログIC | デジタルトランジスタ<br>BRT<br>デジタルIC<br>PUT<br>水晶振動子<br>フォトダイオード<br>PINダイオード<br><b>受動部品</b><br>セラミックコンデンサ<br>電解コンデンサ<br>フィルムコンデンサ<br>チョークコイル<br>コモンモード・チョークコイル<br>トランス<br>コイル<br>コア<br>水晶発振子<br>抵抗<br><b>バッテリー</b><br>アルカリ電池<br>リチウム電池<br>リチウムイオン電池<br>ニッケルマンガン電池<br>ニッケル水素電池<br>オキシライド電池 | マンガン電池<br>太陽電池<br>鉛蓄電池<br><b>復旧部品</b><br>トグルスイッチ<br>スピーカー<br><b>モータ</b><br>DCモータ<br><b>ランプ</b><br>白熱電球<br>ハロゲンランプ | <b>はじめに</b><br>新規登録(無料)にて、メールアドレスとパスワードを登録して下さい。<br><b>説明書</b><br>(1.6MB)をご参照下さい(Bee Style vol.012)。<br><b>特徴</b><br>回路解析シミュレーションのプロセスにおいて、90%の時間がスパイスモデルの入手、デバイスモデリング及びモデルの評価に費やされています。これらを解決するサービスです。<br>(1)用途に応じたスパイスモデルが選択出来ます<br>プロフェッショナルモデル、スタンダードモデル、温度モデル等<br>(2)デバイスモデリングレポートを参照出来ます<br>ネットリストだけではなく、スパイスモデルの評価レポートをご購入前に参照出来ます<br>(3)決済方法は柔軟に対応します<br><b>ロードマップ(スパイスモデルの提供時期)</b><br>PSpice用コイル直流重畳特性モデル(2010年9月中旬)<br>PSpice用スパイスモデル完了(2010年8月下旬)<br>LTSpice用スパイスモデル(2010年9月中旬から順次公開)<br><b>セミナー情報 [NEW]</b><br>2010年09月01日 IGBTのスパイスモデルとアプリケーション(PSpice)<br>2010年09月10日 太陽電池シミュレーション(LTSpice) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



**運営会社**  
 株式会社ビー・テクノロジー E-mail: info@bee-tech.com

**新着情報**  
 010年8月31日(火曜日) カテゴリー「IGBT」のスパイスモデルのご提供価格を改定致しました。  
 010年8月30日(月曜日) カテゴリー「ダーリントン・トランジスタ」のスパイスモデルのご提供価格を改定致しました。  
 010年8月29日(日曜日) カテゴリー「トランジスタ」のスパイスモデルのご提供価格を改定致しました。

# IGBT(in SPICE PARK)



INSULATED-GATE BIPOLAR TRANSISTOR (IGBT) [To Cart](#)

| Manufacturer                            | Models |
|-----------------------------------------|--------|
| <a href="#">International Rectifier</a> | 5      |
| <a href="#">TOSHIBA</a>                 | 9      |
| <a href="#">MITSUBISHI</a>              | 16     |
| <a href="#">KEC</a>                     | 6      |
| TOTAL                                   | 36     |

スポンサーリンク

TOPICE

All Rights Reserved copyright (C) Bee Technologies Inc.

ページが表示されました インターネット 100%

# IGBT(in SPICE PARK)

MITSUBISHI INSULATED-GATE BIPOLAR TRANSL...



MITSUBISHI INSULATED-GATE BIPOLAR TRANSISTOR (IGBT)
[To Cart](#)

| Part Number                 | PSpice                              | Multisim                 | MicroCap                 | ICAP/4                   | LTspice                  |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <a href="#">CM200HA-24H</a> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <a href="#">CM300HA-12H</a> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <a href="#">CM400HA-12H</a> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <a href="#">CM450HA-5F</a>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <a href="#">CM600HA-5F</a>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <a href="#">CM600HA-12H</a> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <a href="#">CM600HA-24H</a> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <a href="#">CM600HU-12H</a> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Remark  
☒:Provide ☐:75% ☐:50% ☐:25% ☐:0%

All Rights Reserved copyright (C) Bee Technologies Inc.

ページが表示されました

インターネット

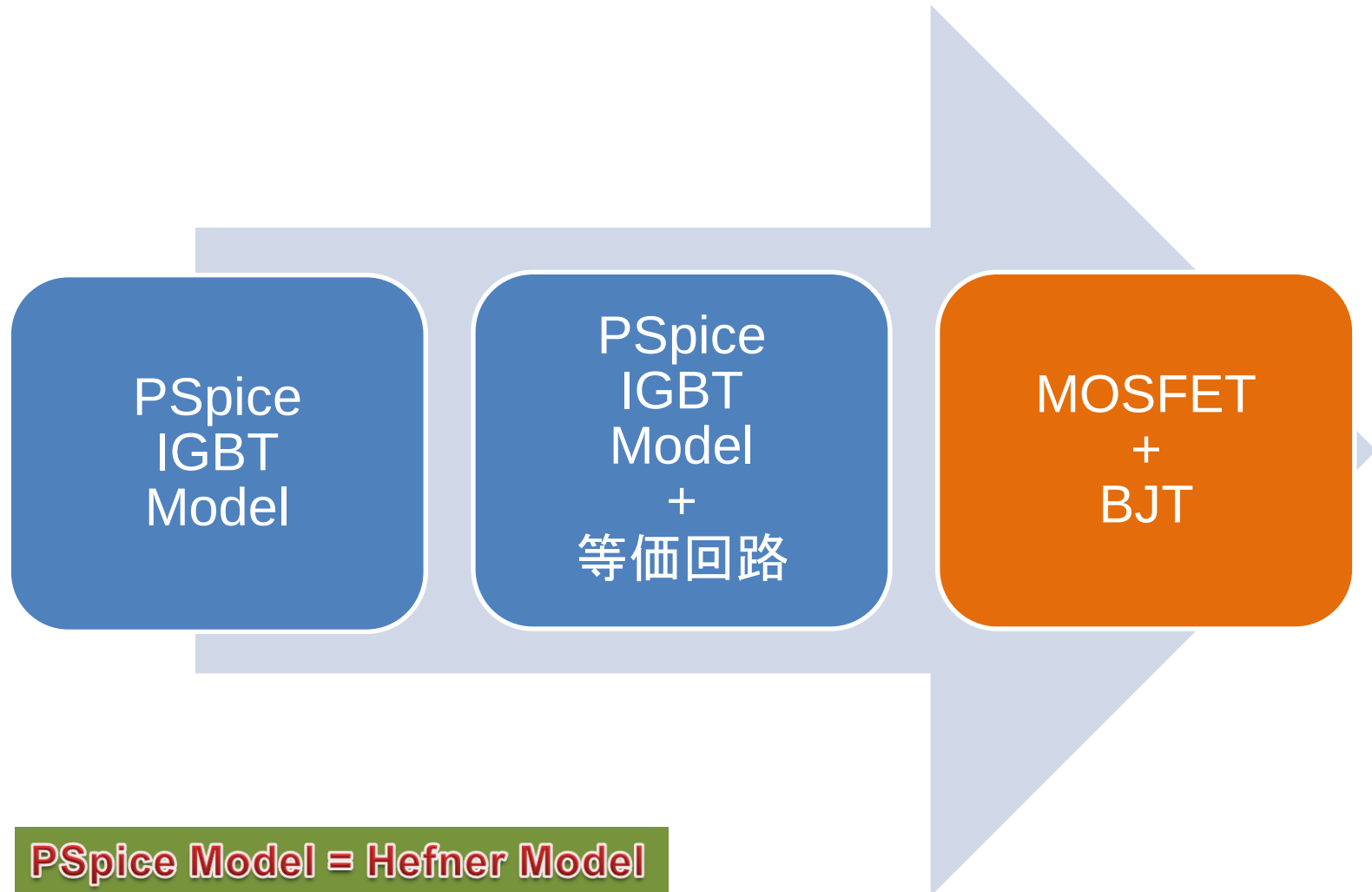
100%

## Bee Style:

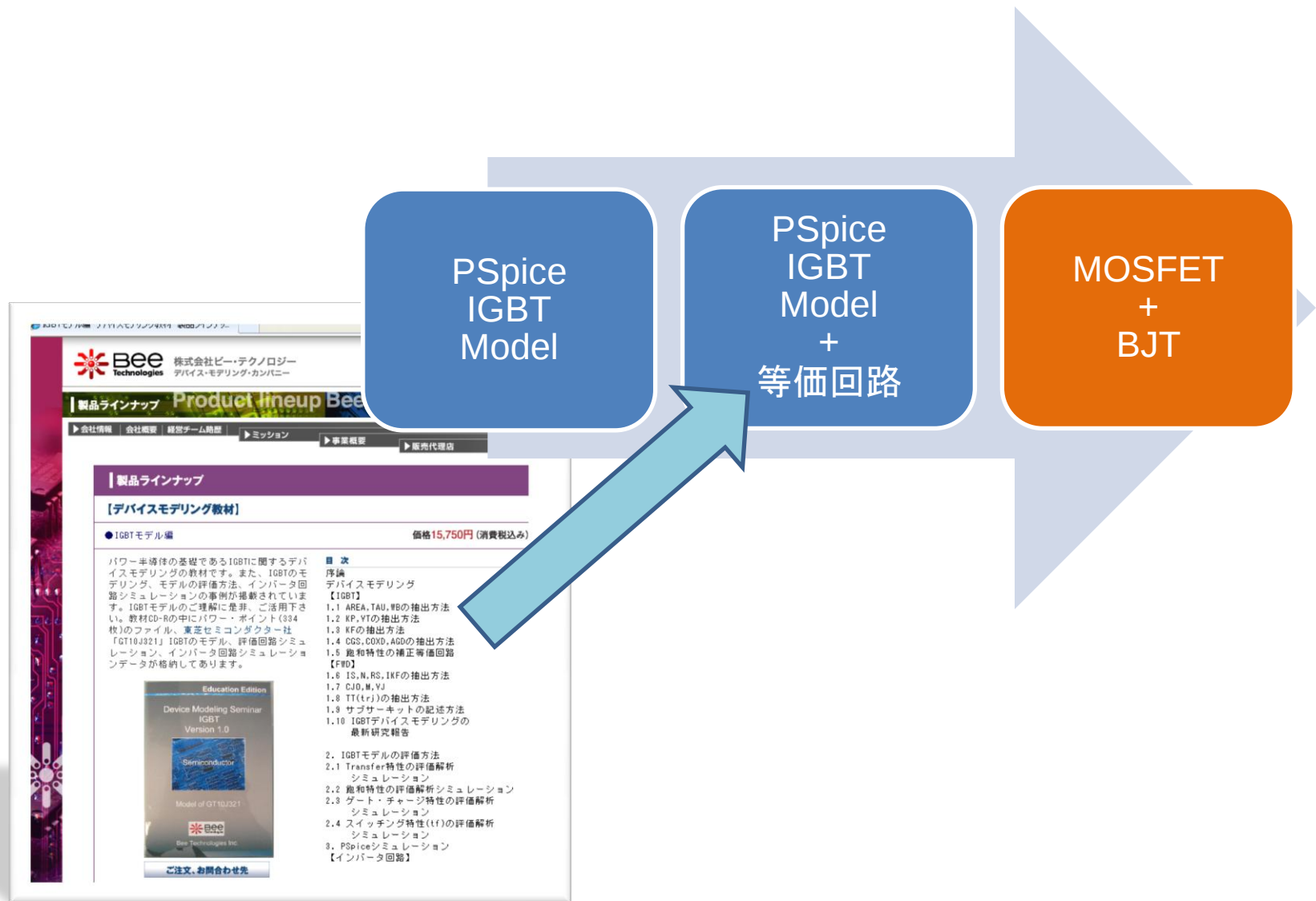
Bee Style: <http://www.spicepark.com/>

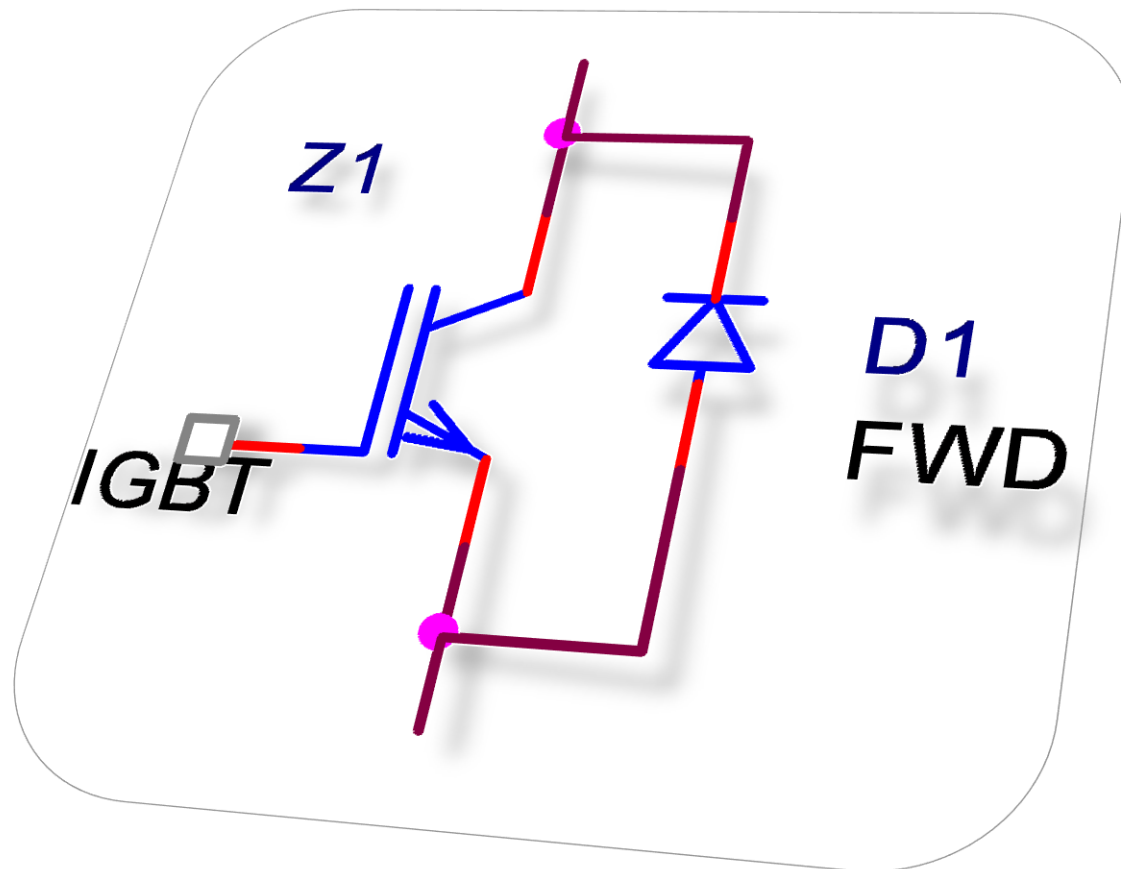
スパイス・パークのログイン後トップページにて、PDFでバックナンバーも含めPDF形式で参照及びダウンロード出来ます。

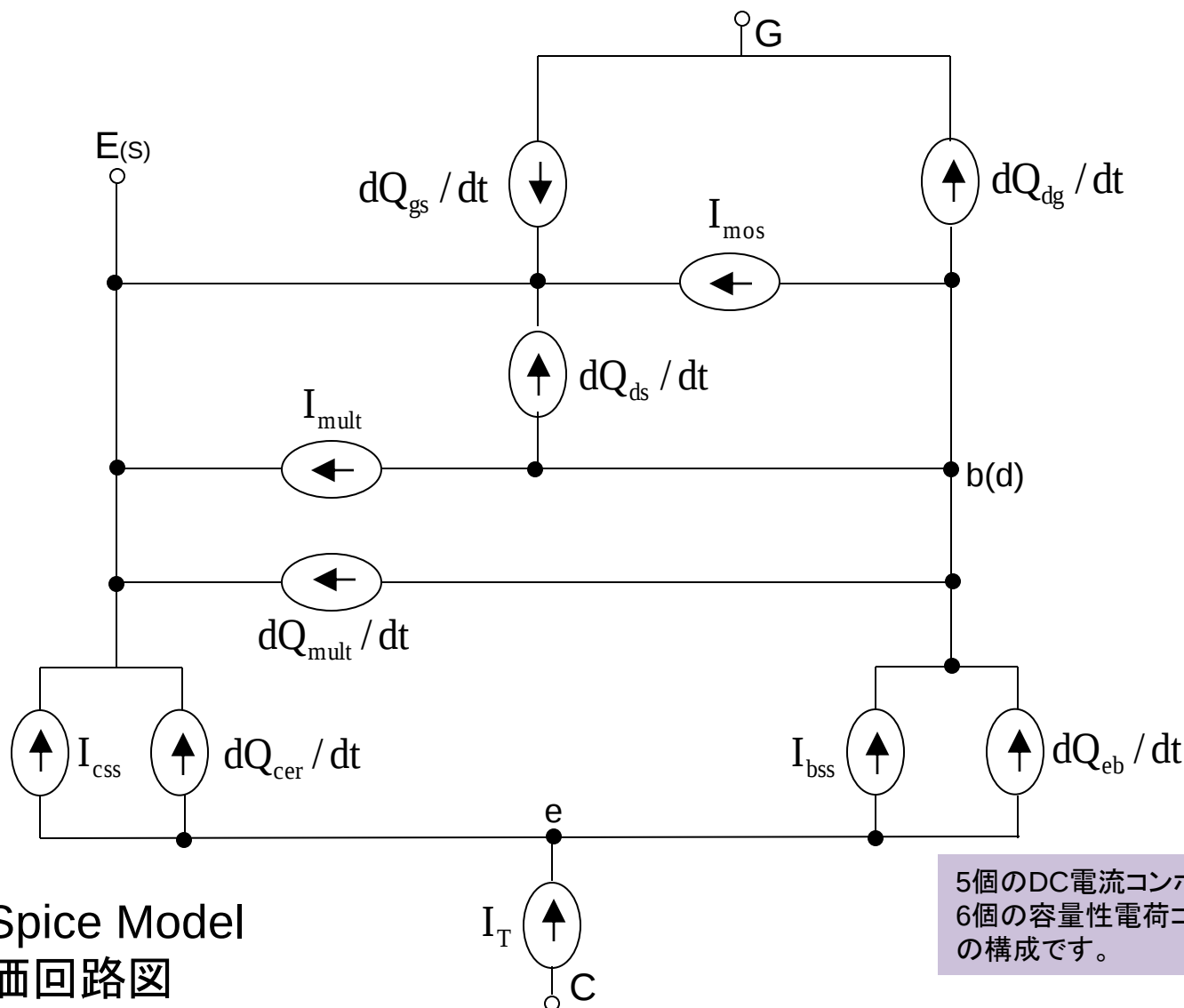




# IGBTのスパイスモデルの推移







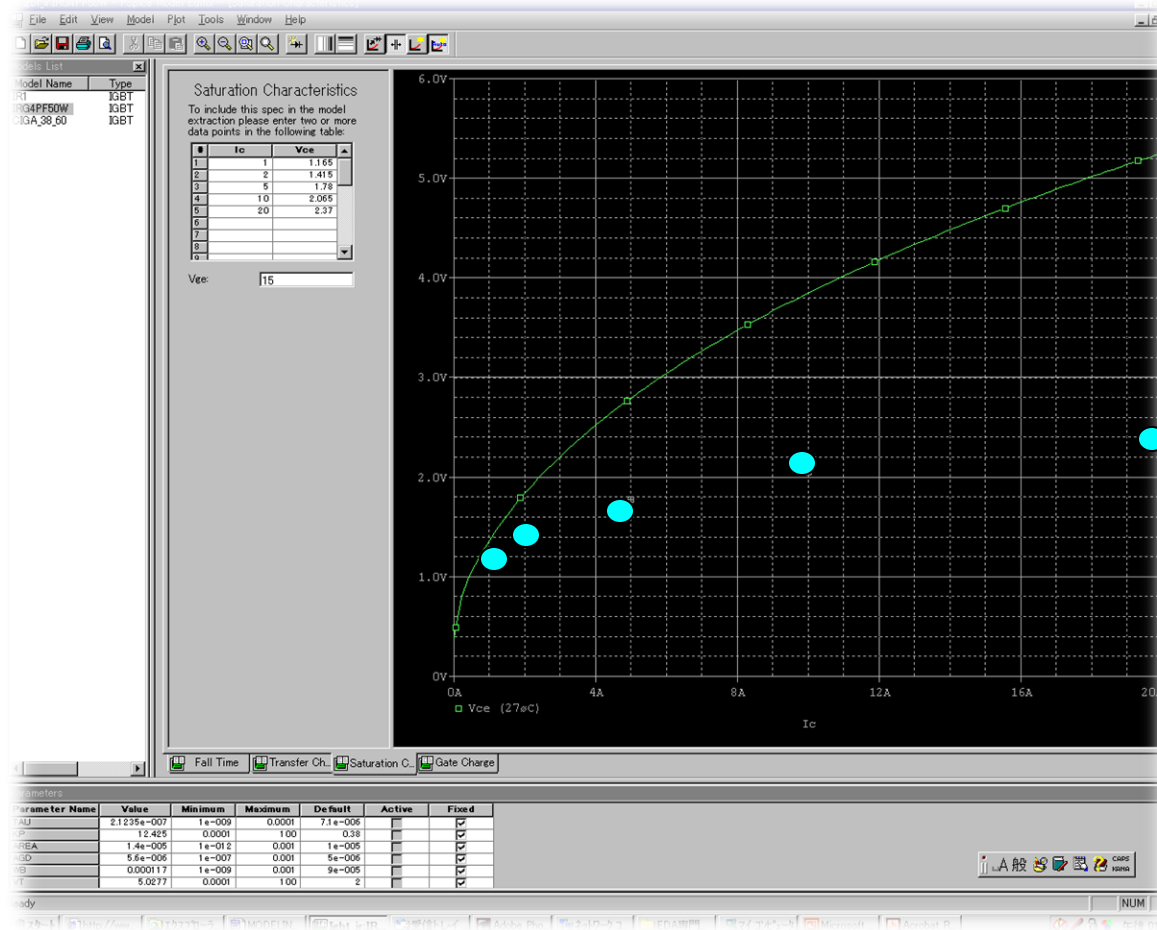
IGBT PSpice Model  
等価回路図

5個のDC電流コンポーネントと  
6個の容量性電荷コンポーネント  
の構成です。

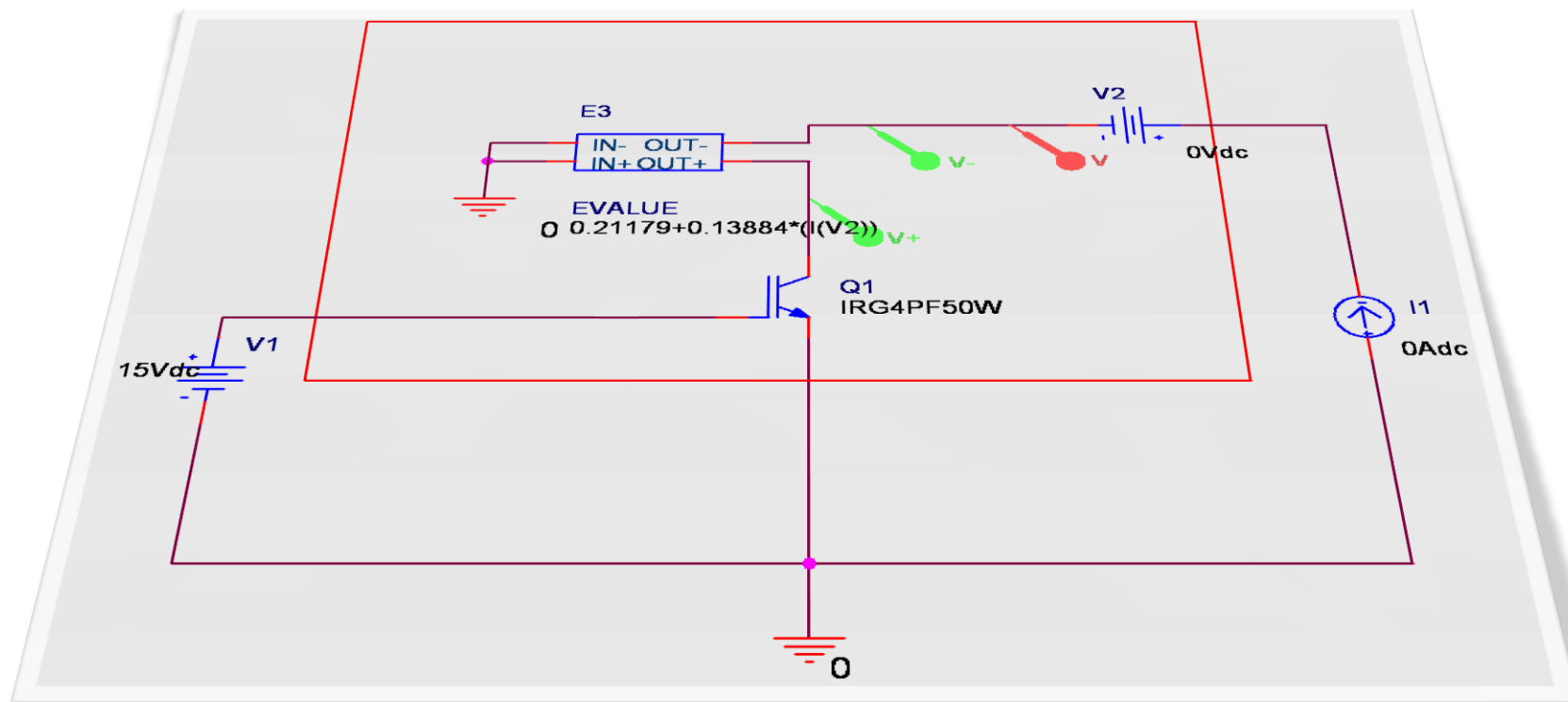
# IGBT PSpice Model パラメータ

| パラメータ | 説明                     | 単位                     | デフォルト値  |
|-------|------------------------|------------------------|---------|
| AGD   | ゲート・ドレイン重なり面           | m <sup>2</sup>         | 5E-6    |
| AREA  | デバイス面積                 | m <sup>2</sup>         | 1E-5    |
| BVF   | 電子アバランシュ均一係数           | N/A                    | 1       |
| BVN   | 電子アバランシュ増倍の指数部         | N/A                    | 4       |
| CGS   | 単位面積当たりのゲート・ソース間容量     | F/cm <sup>2</sup>      | 1.24E-8 |
| COXD  | 単位面積当たりのゲート・ドレイン間酸化膜容量 | F/cm <sup>2</sup>      | 3.5E-8  |
| JSNE  | エミッタ飽和電流密度             | A/cm <sup>2</sup>      | 6.5E-13 |
| KF    | 3極管領域係数                | N/A                    | 1       |
| KP    | MOSTランスコンダクタンス         | A/V <sup>2</sup>       | 0.38    |
| MUN   | 電子移動度                  | cm <sup>2</sup> /(V・S) | 1.5E3   |
| MUP   | 正孔移動度                  | cm <sup>2</sup> /(V・S) | 4.5E2   |
| NB    | ベース ドーピング              | 1/cm <sup>3</sup>      | 2E14    |
| TAU   | アンビポーラ再結合寿命            | s                      | 7.1E-6  |
| THETA | 遷移電解係数                 | 1/V                    | 0.02    |
| VT    | しきい値                   | V                      | 4.7     |
| VTD   | ゲート・ドレイン重なり空乏しきい値      | V                      | 1E-3    |
| WB    | 金属ベース幅                 | m                      | 9E-5    |

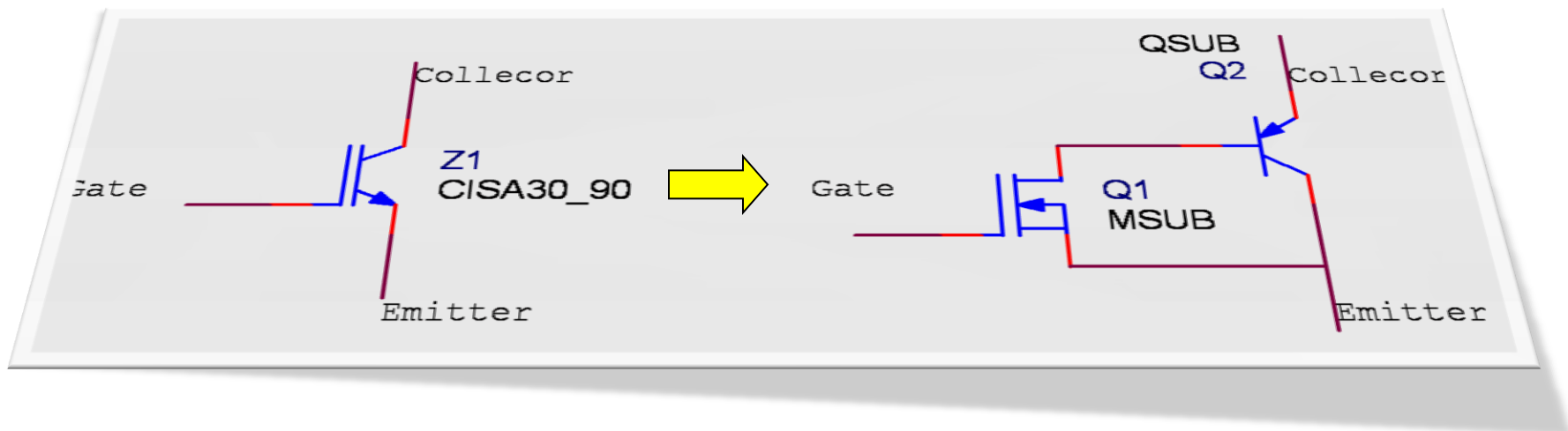
# Saturation Characteristics



# Saturation Characteristics



飽和特性を補正する事で、精度良くPSpice Modelを活用する事が出来ます



## BJT+MOSFETのサブサーキット構成を用いる方式

---

### 長所

温度モデルを考慮したときの対策が可能(RC成分が抽出できる。ただし、実測データからの合わせこみが必要である)である。

SPICEによるデバイス方程式がMOSとBJTなので、電気特性において影響するパラメータが想定できるし、補正は必要な特性はABMモデルの組み込みにより対応が容易である。

### 短所

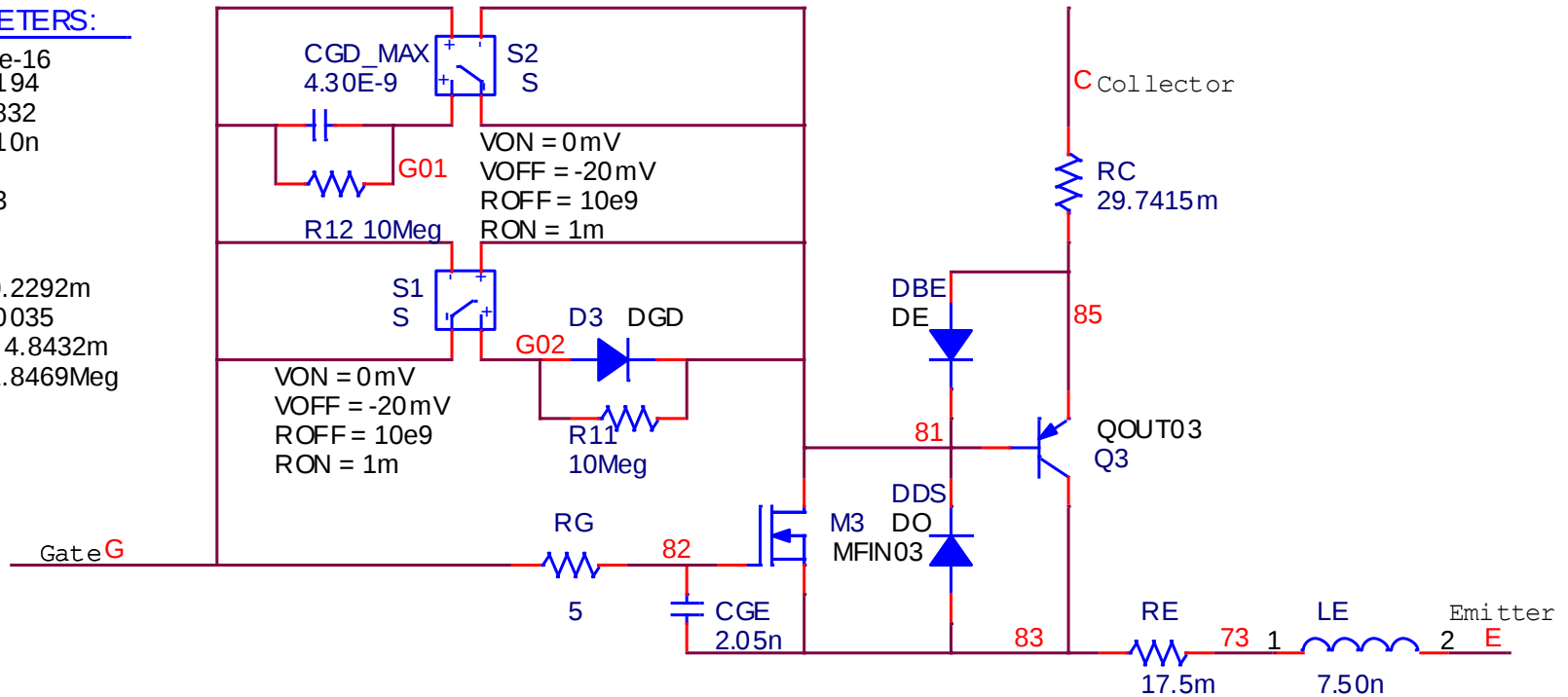
BJTとMOSFETの双方の特性による因果関係から、パラメータの合わせこみが必要であり、高度なモデリング技術を必要とする。

→PSpice AAO(最適化ツール)を活用する。

# BJT+MOSFETのサブサーキット構成を用いる方式

## PARAMETERS:

$IS = 2.51e-16$   
 $NF = 1.2194$   
 $BF = 4.8832$   
 $CJE = 6.10n$   
 $TF = 17n$   
 $XTB = 1.3$   
 $L = 1e-6$   
 $W = 1e-6$   
 $KP = 630.2292m$   
 $VTO = 5.0035$   
 $THETA = 4.8432m$   
 $VMAX = 1.8469Meg$



IGBTモデルの等価回路図 (Bee Technologies Model)

## BJT+MOSFETのサブサーキット構成を用いる方式

### 1. Ic-Vge characteristicにおけるパラメータの最適化

IGBTの $g_{fe}$ に関する特性は飽和領域において次のように表される。

$$g_{fe} = \frac{1}{(1 - \alpha_{PNP})} \cdot \frac{\mu_{ns} C_{OX} Z}{L_{CH}} (V_{GE} - V_{TH})$$

$\mu_{ns}$ : Surface mobility of electrons

Z: Channel width

$L_{CH}$ : Channel length

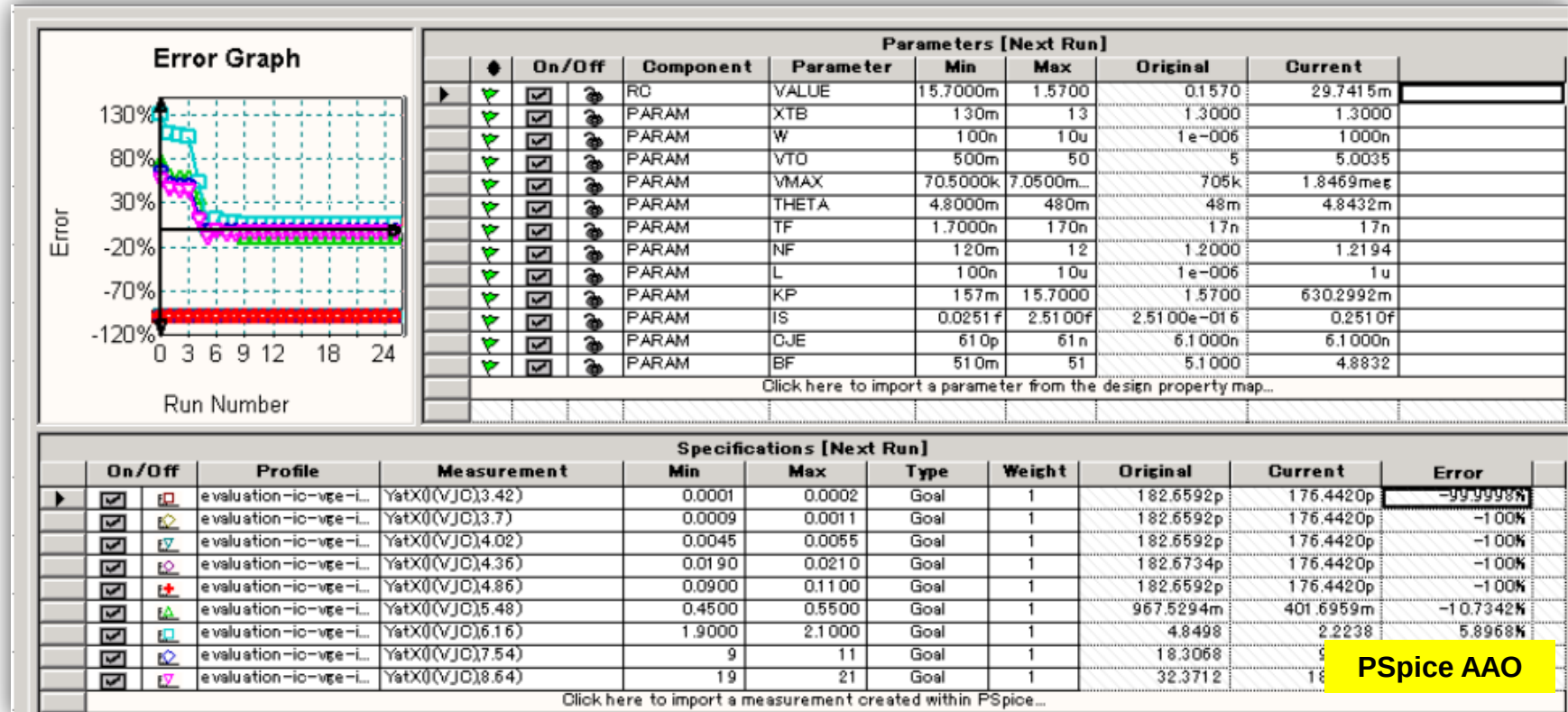
$V_{TH}$ : Threshold voltage

$V_{GE}$ : Applied gate voltage

$C_{OX}$ : Gate-oxide cap. Per unit area

$\alpha_{PNP}$ : Current gain of the pnp transistor

# BJT+MOSFETのサブサーキット構成を用いる方式



MOSFETとBJTで前ページの方程式に関係するパラメータをPSpice AAOにて最適化する。(この例では、活性領域におけるコレクタ電流を決定するRCとその他のパラメータも一緒に最適化しているが、特性に関係しないパラメータは最適化を行っても変化が無い。

## 最適化されたパラメータ

.MODEL MFIN03 NMOS (L=1e-6 W=1e-6 LEVEL = 3 **VMAX=1.8469Meg**  
+ **THETA=4.832m VTO=5.0035 KP=630.2992m**)

.MODEL QOUT03 PNP (IS=2.51e-016 **NF=1.2194 BF=4.8832** CJE=6.10n  
+TF=17.0n XTB=1.3)

MOSFETのETAはゲートチャージのシミュレーションにおいて誤差を与えるため、削除した。

但し、コレクタ電流が小さい領域では誤差が大きくなる。これはMOSFETのモデル自体が小信号領域に対応していない為であり、**別途補正回路が必要**になる。  
(大信号領域で合わせ込みを行った場合、問題となる)

## 2. パラメータ補正後での、その他特性を実測と比較

$I_c$ - $V_{ce}$ (あるゲート電圧での)と出力特性( $V_{ge}$ - $V_{ce}$ 、 $I_c$ - $V_{ce}$ )のシミュレーションを行い、実測あるいはデータシート記載値と比較し、誤差が大ききようであれば、再度必要なパラメータを最適化する。

## 3. ゲートチャージ特性(ゲート-ドレイン間容量特性)の補正

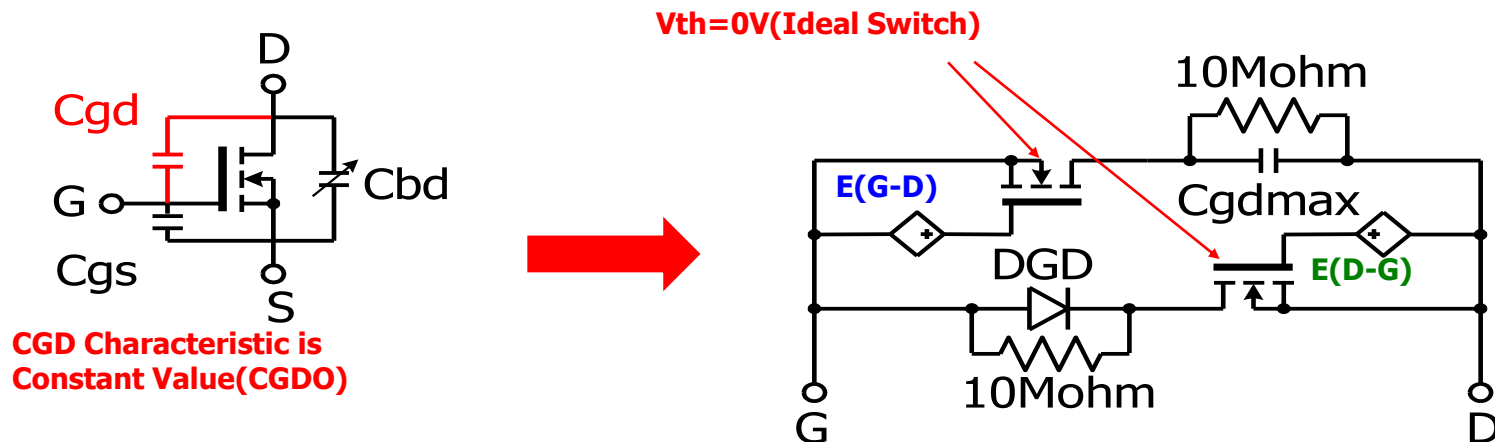
$C_{gd}$ の特性は $V_{dg}$ が正、負の値によってそれぞれ変化する。このため、実測とシミュレーションで誤差を生じる。よってG-D間に補正回路を付け加える。

The graph shows the relationship between gate charge ( $Q_g$ ) and both drain-source voltage ( $V_{ds}$ ) and gate-source voltage ( $V_{gs}$ ). The  $V_{ds}$  curve (grey) starts at 200V, remains constant during the Off Period, then falls during the Switching Period, and finally reaches 0V at the start of the On Period. The  $V_{gs}$  curve (black) starts at 0V, rises linearly during the Switching Period, and then continues to rise linearly during the On Period. A red dashed line indicates the theoretical  $V_{gs}$  during the Switching Period. The regions are labeled: Off Period (blue), Switching Period (orange), and On Period (green). The gate voltage is labeled  $V_{gs}$  with a value of 12V. The gate charge is labeled  $Q_g$ . The drain-source voltage is labeled  $V_{ds}$  with a value of 200V. The gate voltage is also labeled  $V_{DG}$  with values  $V_{DG} > 0$  and  $V_{DG} < 0$  for the On and Off periods respectively. The word "Simulation" is written in red.



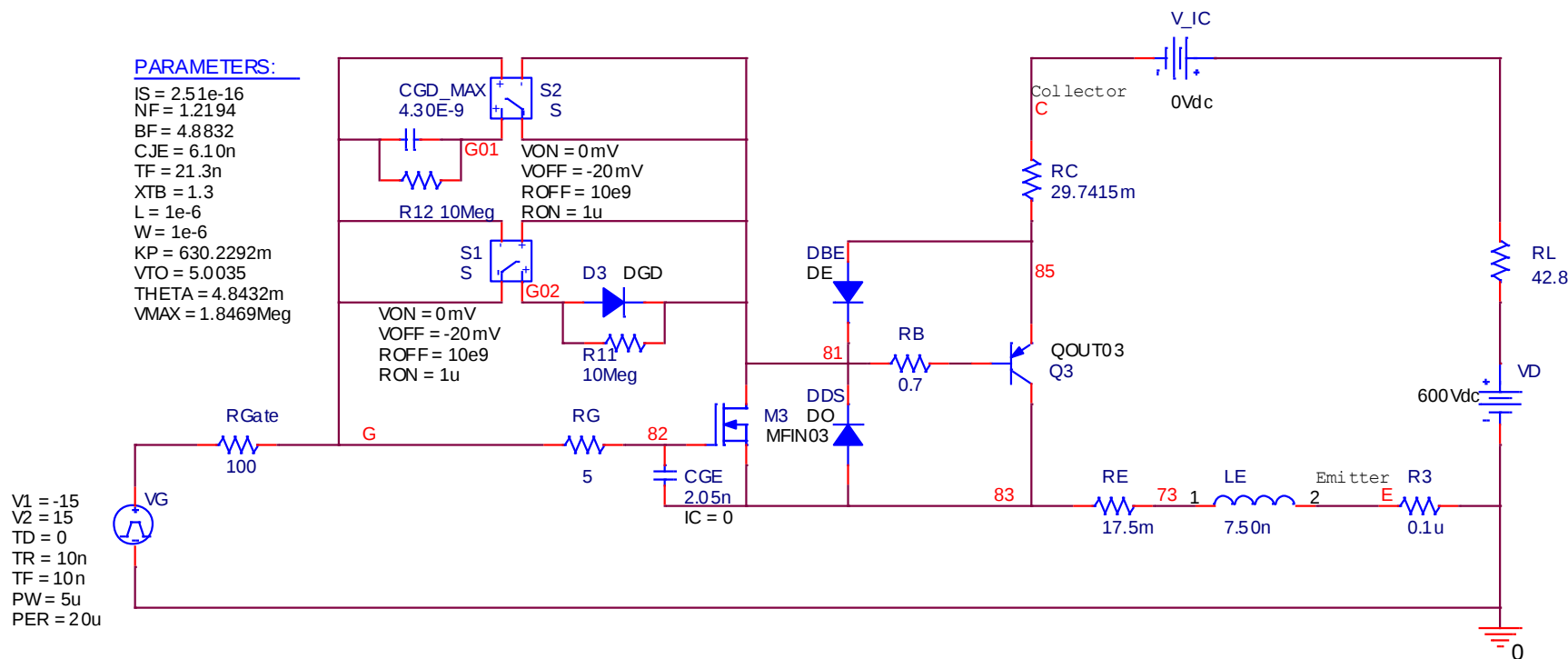
## BJT+MOSFETのサブキット構成を用いる方式

$V_{dg} > 0$ のとき、下側MOSFETがオンするように(ドレイン)-(ゲート)間の電圧を加える。下側MOSFETをオンさせて、カーブの表現にDGDの特性を用いる。このとき、Diodeの Reverse C-V特性で用いた3つのパラメータを用い、カーブを表現する。 $V_{dg} < 0$ の場合は、上側のMOSFETがオンするように(ゲート)-(ドレイン)間の電圧を加える。上側MOSFETをオンさせて、一定値である $C_{gdmax}$ の値をそのまま使う。ここで表示しているMOSFETは理想スイッチ( $V_{th}=0V$ )を用いてサブキットを構成している。



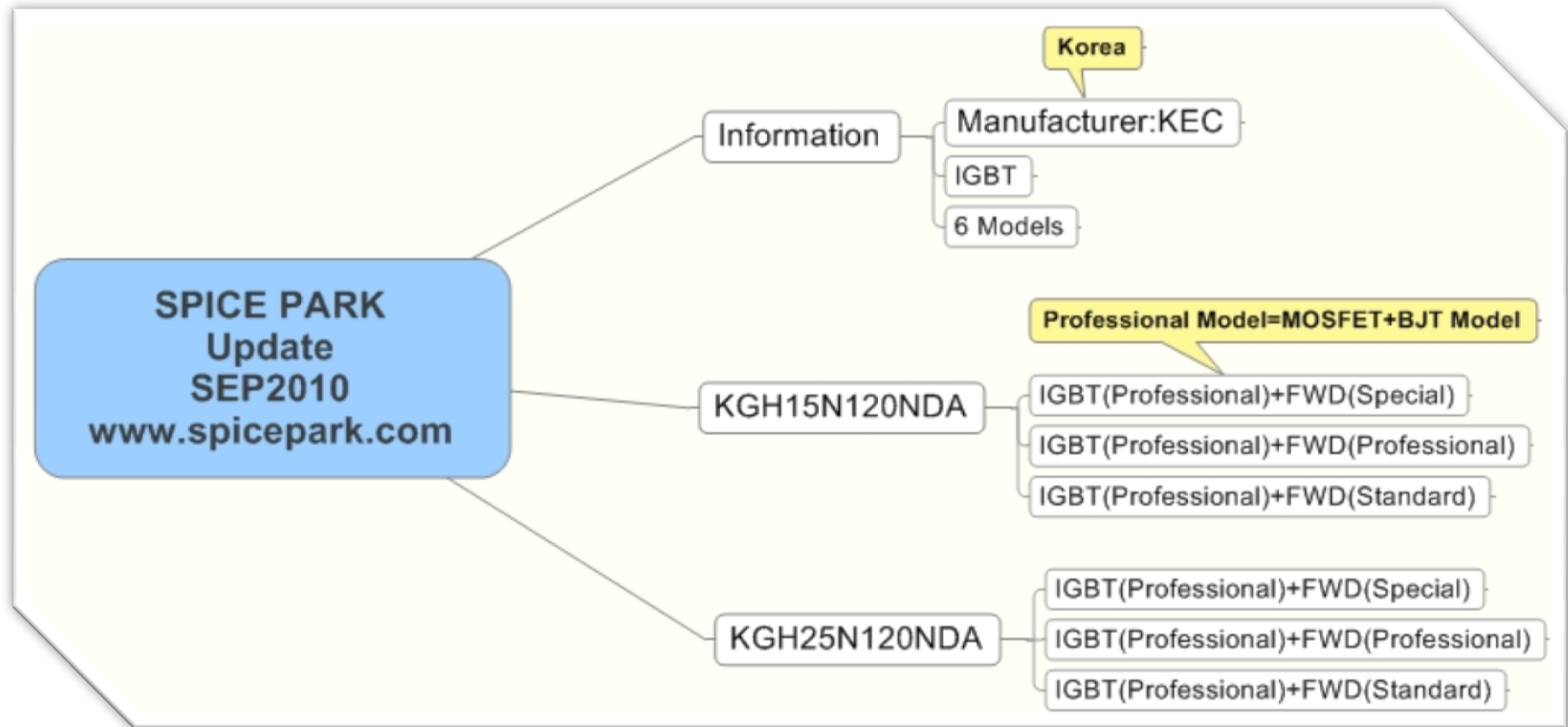
## スイッチングタイムに関するパラメータの最適化

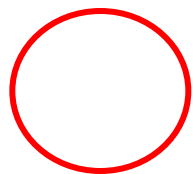
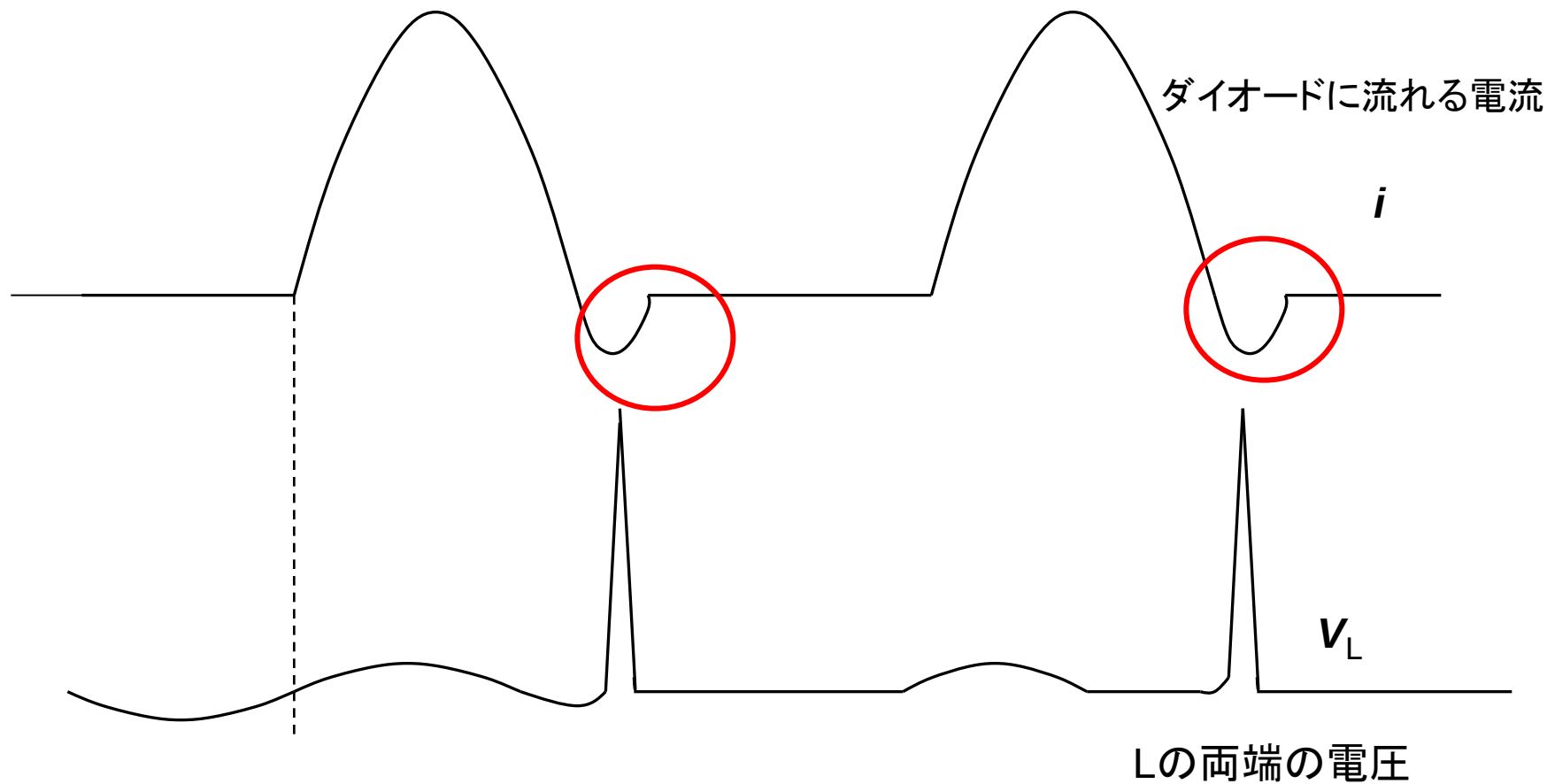
スイッチングタイムにはBJTのTF、BF、ゲート抵抗RGで調整可能であるが、BFは最適化済なので、残り2つのパラメータで調整した。但し、この2つのパラメータだけではtrの合わせ込みが不可能だったので、ベース抵抗RBを挿入して合わせ込みを行った。RBを挿入することで、スイッチング時のシミュレーション収束エラーも抑えることができる。



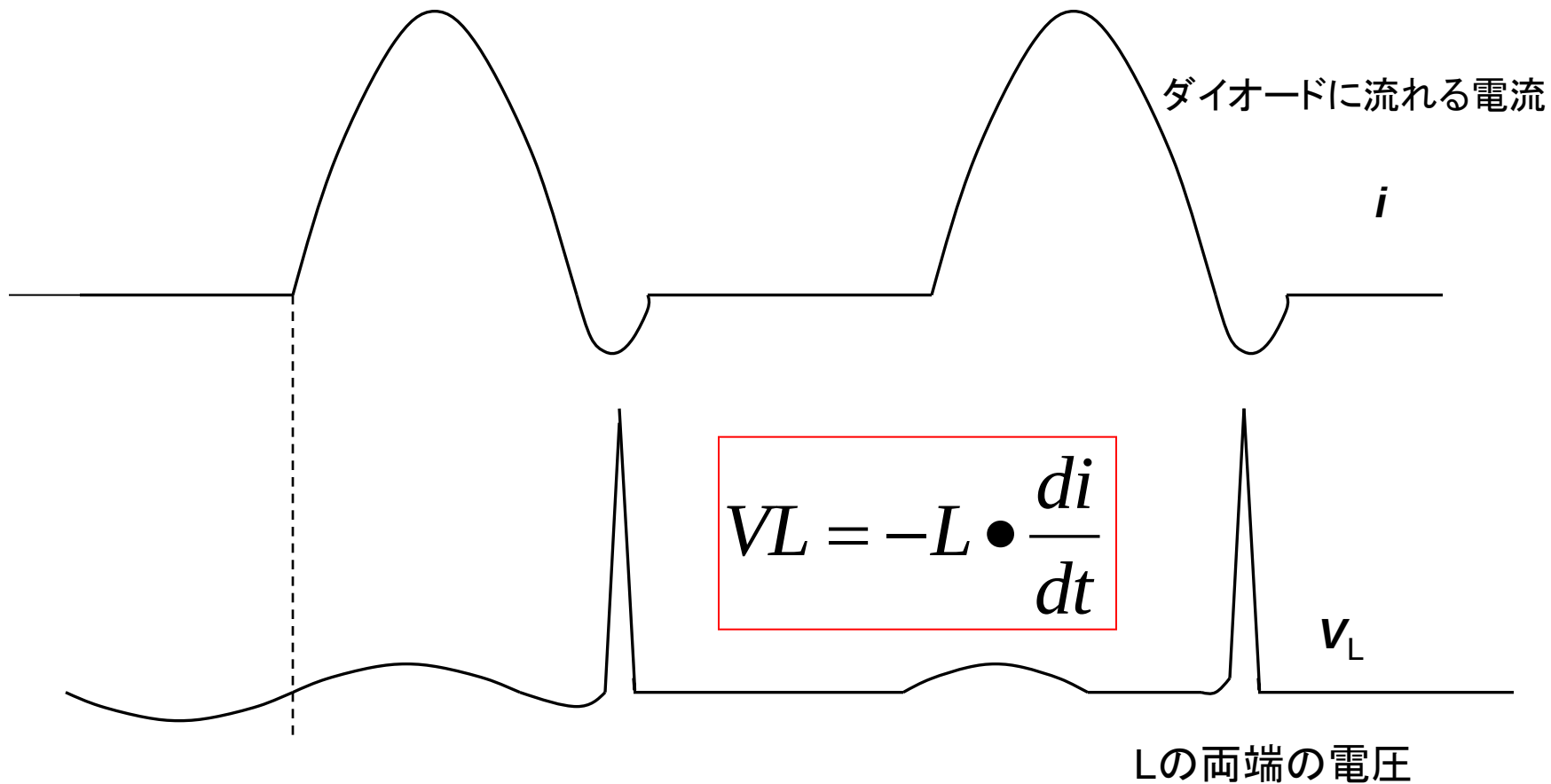
```
.MODEL MFIN03 NMOS (L=1e-6 W=1e-6 LEVEL = 3 VMAX=1.8469Meg  
+ THETA=4.832m VTO=5.0035 KP=630.2992m)  
.MODEL QOUT03 PNP (IS=2.51e-016 NF=1.2194 BF=4.8832  
+ CJE=6.10n TF=21.3n XTB=1.3)  
RB=0.7
```

RBを追加することで、各特性に変化があるいは影響度合いが強い場合は、再度パラメータの最適化を行う。

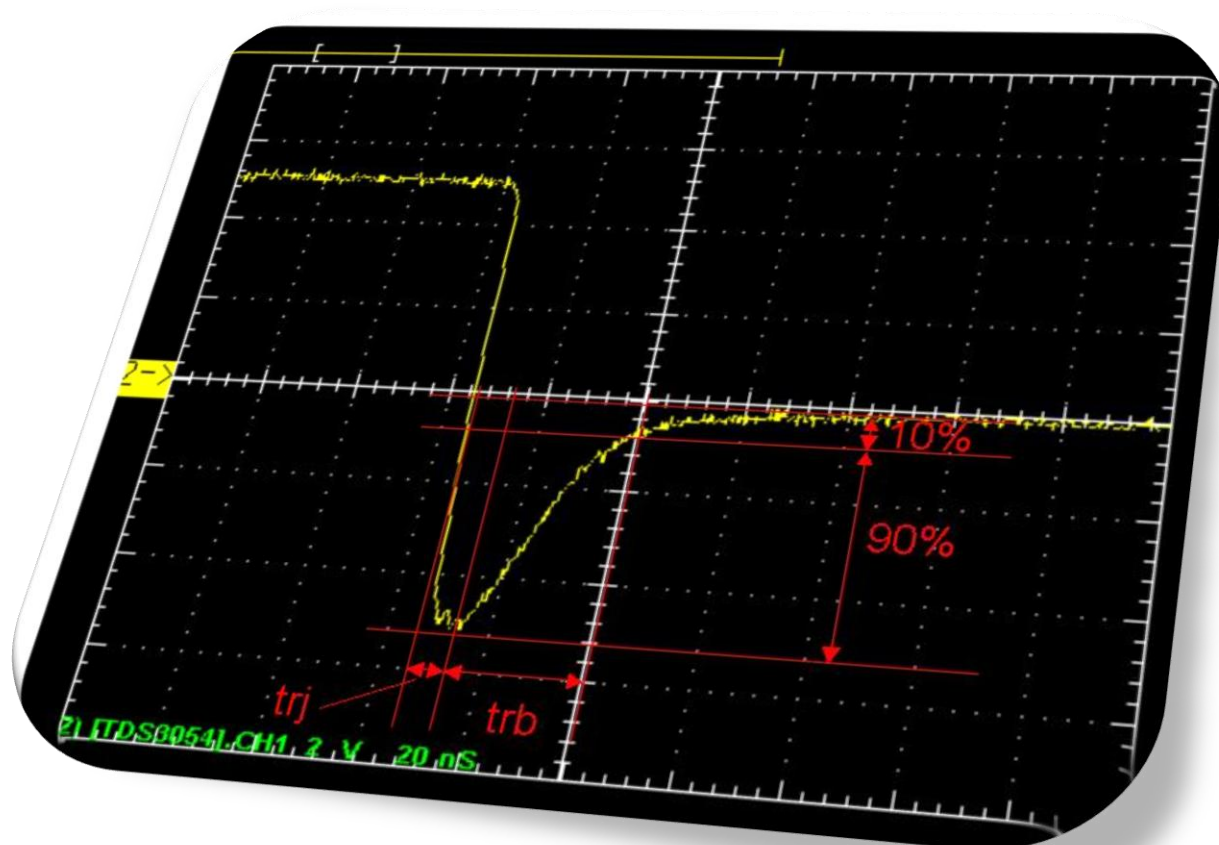




リカバリー現象の領域

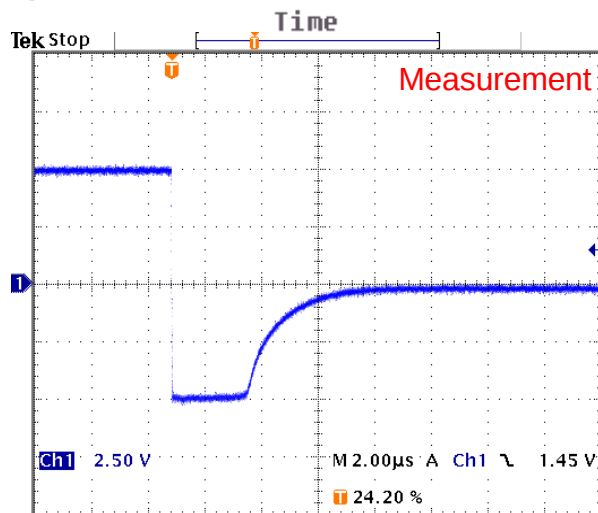
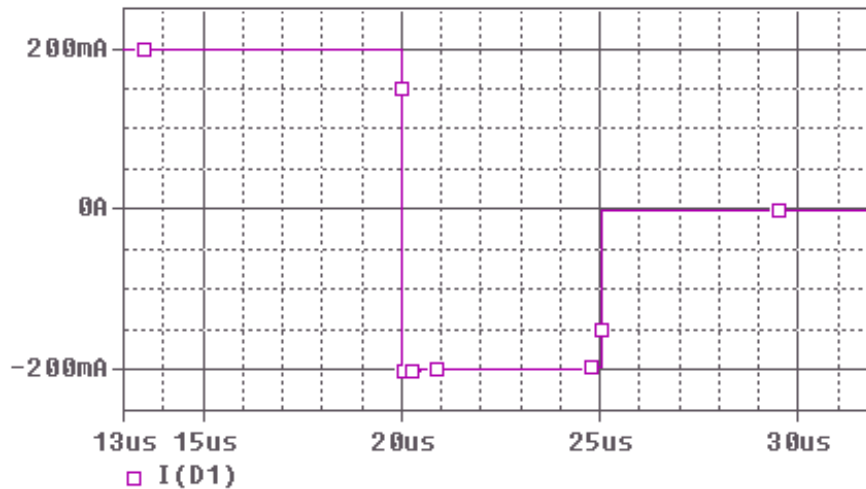


インダクタンスLの両端にVLの電圧が発生し、ノイズを引き起こす。

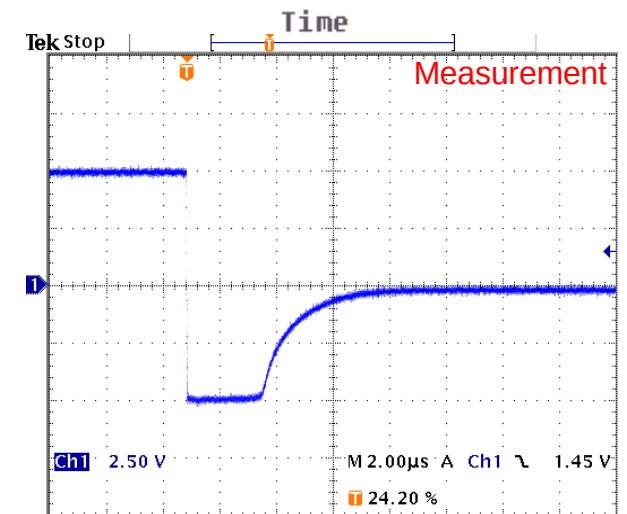
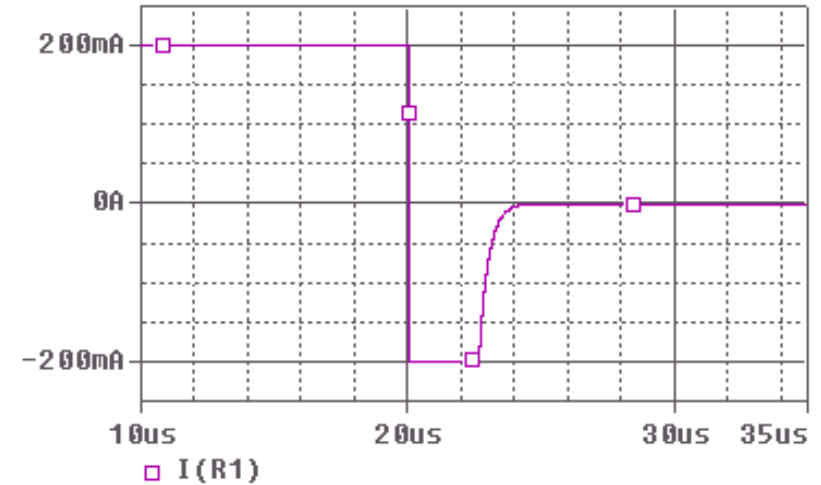


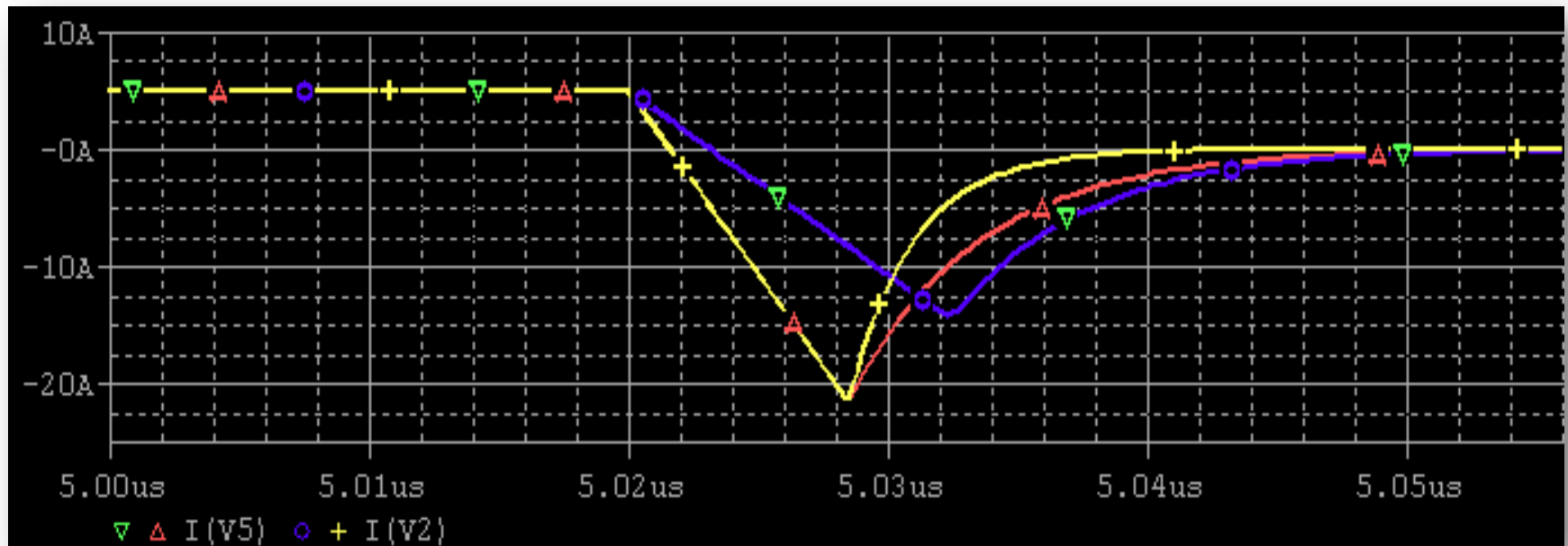
## 逆回復時間の定義(IFIR法)

パラメータ・モデル  
=スタンダードモデル



ビヘイビア・モデル=等価回路モデル  
=プロフェッショナルモデル





ハード・リカバリー、ソフトリカバリーも表現出来る

黄色線⇒ハード・リカバリー

赤線⇒ソフト・リカバリー

電流減少率didtモデル(=スペシャルモデルを採用)



## 【本社】

株式会社ビー・テクノロジー

〒105-0012 東京都港区芝大門二丁目2番7号 7セントラルビル4階

代表電話: 03-5401-3851

設立日: 2002年9月10日

資本金: 8,830万円

## 【子会社】

Bee Technologies Corporation (アメリカ)

Siam Bee Technologies Co., Ltd. (タイランド)

本ドキュメントは予告なき変更をする場合がございます。  
ご了承下さい。また、本文中に登場する製品及びサービスの  
名称は全て関係各社または個人の各国における商標  
または登録商標です。本原稿に関するお問い合わせは、  
当社にご連絡下さい。

お問い合わせ先)  
[info@bee-tech.com](mailto:info@bee-tech.com)