

先月お届けいたしました PD Room No.8 で次号は「IGBT のデットタイムについて」とお知らせを致しましたが今月号でも先月号に引き続きダイオードのリカバリー時(ホール蓄積効果による)の現象について説明いたします。IGBT のデットタイムについては次号とさせていただきますので御了承の程御願いたします。

今月は比較的容量の大きなダイオードで電流が小さく通流幅が狭いときに起きやすい  
**リングング現象**について述べます。

リカバリーの現象については先の号でホール蓄積効果として説明いたしましたが、ダイオードの順方向に電流が流れた後、逆電圧が印可されますと一瞬の間逆方向に電流(リカバリー電流と言う)が流れます。これをリカバリー現象と言いますが、使用条件によってはリカバリー電流が振動することがあります。

これを**リングング**と呼んでいます。このリングングは外部回路および素子内部の挙動によって起こります。

このリングング現象をシュミレーションによって計算してみますと図2のようになります。ここではダイオードの順方向に流れる電流の幅( $t$ )を変えています。

これから判るように  $t$  が短くなるとリングングが激しくなり、ダイオードの逆方向に印可されるピーク電圧が高くなります。この  $t$  とピーク逆電圧の関係を図3に示します。ピーク逆電圧は最大値を持ちます。

この理由を図4および図1を用いて説明いたします。 $t_0$  から  $t_1$  の間に p 層から正孔が注入され導通状態となりますが、 $t_2$  から  $t_3$  までの期間は n 層内に蓄積された正孔が p 層に戻るか再結合して消滅するまで逆方向に電流が流れつづけます。更に正孔が減少すると pn 接合部で空乏層が形成され逆電圧が印可されます。 $t_3$  から  $t_4$  までの期間は残留している正孔が掃き出されるに伴い電流が流れつづけるとともに空乏層がひろがり逆電圧が増大します。逆電圧ピーク値は逆方向電流が 0 に戻るときの  $di/dt$  と配線インダクタンス  $L$  の積による跳ね上がり電圧が発生することになります。

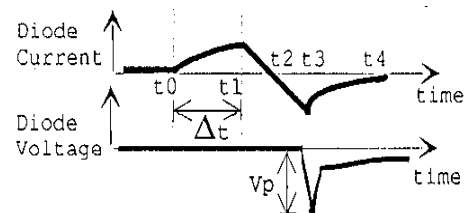


図1.ダイオードのリカバリー

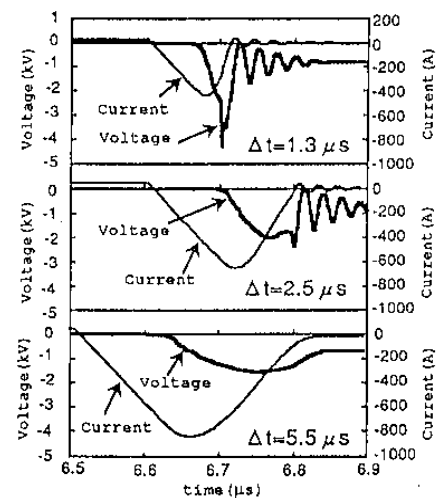


図2.リカバリー波形(シュミレーション)

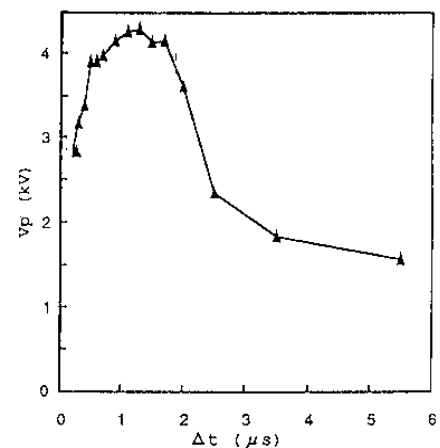


図3.ピーク逆電圧と  $t$  の関係

ここで順電流が小さかったり、 $t$ が短い場合  $n$  層内に蓄積される正孔は少数です。従って  $t_2$  以降の逆方向の電流はわずかとなり、空乏層が急激にひろがり  $t_3$  から  $t_4$  における  $di/dt$  が大きくなり急激なピーク電圧が発生します。

次に、今まで述べたリングングについてアプリケーション上で注意すべき事項につき IGBT を使用したインバータ回路を例に述べます。

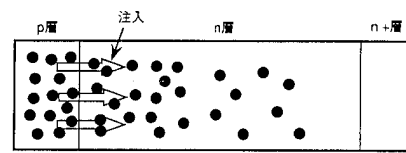
図 5 は IGBT を用いたインバータ回路の一相分を示します。この回路においてフリーホイールダイオードの電流が流れている最中対アーム IGBT がターンオンしたとします。この時フリーホイールダイオードはリカバリしますが、場合によっては非常に短い時間のみフリーホイールダイオードに電流が流れすぐにリカバリすることがあります。(負荷電流が 0 A 付近の場合特にそのようになるケースがあります。)

この場合フリーホイールダイオードがリングングすることが有ります。このリングングによって上下の IGBT のコレクタ・エミッタ間電圧が揺さぶられ、それに伴いゲート電圧も揺さぶられることになり状況によってはゲート回路が誤動作することが有ります。

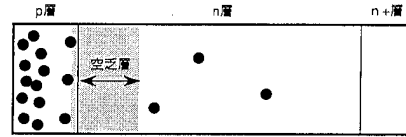
従って上記を防ぐには装置の動作確認を行い (IGBT のコレクタ・エミッタ間電圧およびゲート・エミッタ間電圧を測定する)、振動を極力少なくすようにゲート抵抗やスナバ回路を工夫する必要があります。

以上のほかにスナバダイオードにおいてもリングングが発生することがあります。この場合できるだけリングングが発生しにくいダイオードを選定する必要があります。

**気をつけて頂きたいことは、通流幅が狭く電流値が小さい場合発生する過電圧の値がピーク値を持つ点がでてくる。リングングでゲート回路が誤動作する場合がある。**

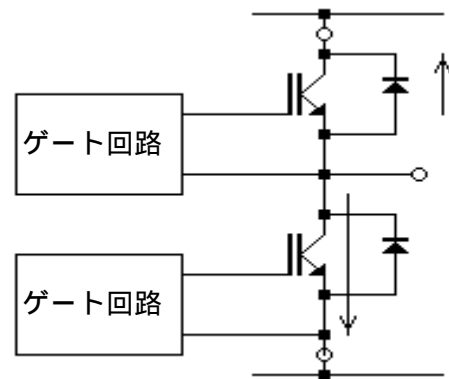


(a) 順バイアス状態の正孔分布



(b) 逆バイアス状態の正孔分布

図 4.ダイオードの正孔分布(模式図)



フリーホイールダイオードに電流が流れる  
IGBT がターンオンしフリーホイールダイオードがリカバリする

図 5.インバーター相分の回路

**安全に関する注意**

製品ご使用の前に個別製品の「安全上のご注意とお願ひ」をよくお読みの上、正しくご使用下さい

**お願ひ**

本資料に記載された情報・製品や回路の使用に起因する損害または著作権その他権利の侵害に関しては株式会社日立製作所は一切の責任を負いません。本資料によって第三者または株式会社日立製作所の著作権その他権利の一部を侵害するものではありません。本資料の一部または全部を当社に無断で転載または複製することを堅くお断りします。本資料に記載された製品(技術)を国際的平和および安全の維持のためとなる使用目的を有する者に再提供したり、またそのような目的に自ら使用したり第三者に使用させたりしないようお願いいたします。なお、輸出などされる場合はお為めの定めるところに従い、必要な手続きをおとりください。

代理店