



電気自動車に適した高速・低損失電力用ダイオード

パワー・高周波デバイス研究室 小島崇

Fast and Low-Loss Power Diode Suitable for Electric Vehicles

Takashi Kojima

1. はじめに

近年地球環境保護の立場から電気自動車 (EV) の開発が期待されている。EVでは電池に蓄えた電気エネルギーをインバータで交流に変換してモータを駆動するが、この変換過程で発生する最大数kWの電力損失が問題となっている。この電力損失はインバータを構成する半導体素子 (IGBT, ダイオード) の定常損失とスイッチング損失とが主な要因である。定常損失とスイッチング損失とはトレードオフ関係にあり、この関係を改善することが素子開発の重要課題になっている。一方素子高速化はスイッチング損失低減に効果があるがサージ電圧・スイッチングノイズを増大させる。その結果誤動作・素子破壊を招く可能性が高くなるため、従来素子高速化を安易におこなうことができなかった。

今回我々は低損失・高速性を合せ持ちながらサージ電圧・ノイズを抑制した電力用ダイオード実現を目的に試作・検討をおこなった。

2. 方法

ダイオードが順バイアスから逆バイアスに切り替わるとFig. 1に示すような電流波形になる。スイッチング損失およびサージ電圧・ノイズ低減のためには逆回復時間 t_{rr} 、 dI_{rr}/dt を小さくすることが求められる。従来ダイオード特性を改善するためには電子線をもちいた素子全体にわたるキャリアライフタイム制御が用いられてきたが、この手法では素子全体の蓄積キャリアが減少するため dI_{rr}/dt が大きくなることがシミュレーション

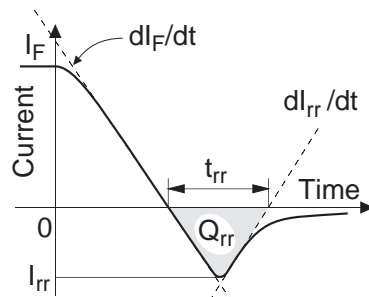


Fig. 1 Typical reverse recovery current waveform of diode.

ン解析で明らかになった。

そこで我々は局所的に制御をおこなうことで I_{rr} 低減に有効な領域の蓄積キャリアを減少させることにより特性を改善できると考え、シミュレーション解析をした。その結果素子表面近くの浅い位置に局所ライフタイム制御をおこなうことが高速化と dI_{rr}/dt 低減との両立に有効であることを見いだした。この局所ライフタイム制御の具体的な方法として高エネルギーHeイオン照射を用いた。

3. 結果

Fig. 2及びTable 1に電子線照射とHeイオン照射の逆回復特性比較を示す。ダイオード (定格600V / 150A) の形状およびプロセスは同じである。また比較を容易にするためオン電圧 V_F が同じものを用いた。この結果から高速性と小さい dI_{rr}/dt 特性とを合わせ持つ優れたダイオードをHeイオン照射による新しいライフタイム制御技術で実現できることが分かった。

本研究はトヨタ自動車(株)と実施し、開発したダイオードは'97年冬にハイブリッド車に採用されている。

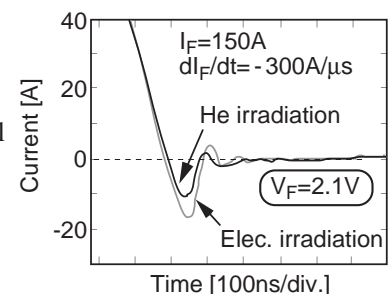


Fig. 2 Experimental results of reverse recovery. Fabricated diodes are 150A / 600V class.

Table 1 Dependence of lifetime control technique on reverse recovery characteristics.

	t_{rr} [ns]	dI_{rr}/dt [A/ μ s]
Elec. irradiation	97	514
He irradiation	82	345