

八尾 勉，小川卓三，宇田啓一
 (日立，日立研究所) (日立，日立工場)

4 ヲツパヤインバータの動作周波数が高周波化されるのにもなつて、優れたスイッチング性能をもつた大電力高速度サイリスタが要求されるようになって来ている。これらの装置では、サイリスタは、それに逆並列なダイオード (feedback diode) と一緒に使用されることが多い。その場合には、サイリスタは逆電圧を阻止する能力を持つ必要がないので、逆導通サイリスタが使用できる。Kokosa¹⁾らは、順方向の阻止電圧の高温特性の向上に着目して、逆導通サイリスタを発表している。しかし、この型のサイリスタは逆方向に大電流を流すと乾流失敗をおこし易くなるので、4 ヲツパヤインバータの feedback diode の役割を兼用させることができない。

この報告は、逆導通サイリスタの高温特性の特長を生かしながら、同時にサイリスタと feedback diode を同一シリコン板に一体化して、順、逆方向にほぼ同程度の大電流が流れ得るようにした新しい電力用複合素子 (ダイオード複合型高速度サイリスタ) について述べる。

図1は複合素子を活用した4 ヲツパ回路の一例と素子の動作状況を示したものである。この回路において、複合素子は装置の小形、軽量化と制御性能の向上の点で極めて有利な特長をもっている。まず第一に、素子に内蔵されるダイオード部分がサイリスタのカソードおよびアノードの両エミッタの短絡部分から構成されているので、逆導通サイリスタの特長である高温での電圧阻止特性やターンオフ特性に優れている。第二は、サイリスタとダイオードが一体化されているので、装置全体の素子数が低減され、回路構成が簡略になり、装置の小形、軽量化が達成される。第三は、feedback diode を外部配線した場合に生ずる配線のインダクタンスの影響を受けて、サイリスタのターンオフ時の逆電圧印加時間が短縮されることが全くないので、主サイリスタの乾流に要する振動電流の幅をサイリスタのターンオフタイム相当にまで短かくすることが可能になる。

複合素子に内蔵されたダイオード領域には、サイリスタ領域とほぼ同程度の電流が流れる。このことは複合化に当って大きな問題となる。実験によれば、サイリスタ部分とダイオード部分とを単に隣接して配置した場合には、電流がダイオード部分に流れたあと、たまたちにサイリスタに順方向の電圧が印加されるとき、ダイオード電流の減少率 $\frac{di}{dt}$ が大きいとサイリスタの順電圧印加の電圧増加率 $\frac{dv}{dt}$ がかなり小さくても、ゲート信号が投入される前にサイリスタがターンオンすることが確か

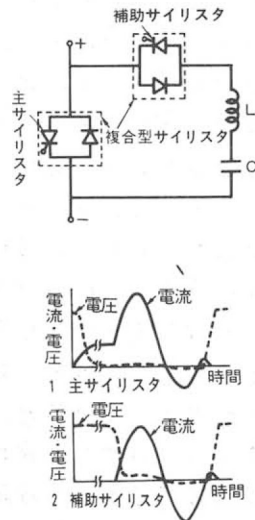


図1 サイリスタ・4 ヲツパ回路と複合型サイリスタの電流、電圧波形。

められた。このようにサイリスタがゲート信号の印加前にターンオンすると、チョップインバクタ回路の転流失敗を招くことになる。サイリスタ部分がターンオフ失敗する原因は、複合化されたダイオードとサイリスタとの間の相互干渉によるものである。すなわち、ダイオード部分に大電流が流れると、この部分のベース領域に多量の少数キャリア（主として n ベース領域に注入される正孔）が注入され、その一部は隣接するサイリスタ部分へ拡散して侵入するため、ダイオード電流通電のあとサイリスタに順方向の電圧が印加されると、この侵入キャリアによってサイリスタが容易にターンオンし、ゲート制御ができなくなる。サイリスタとダイオードを一体化するためには、このような相互干渉を防止する必要がある。

図2はサイリスタとダイオードの分離方法を示したものである。サイリスタ部分とダイオード部分の中間に適当な幅の PnP 三層からなる部分が設置されている。この構造は、ダイオード部分に注入されたキャリアがサイリスタ側へ拡散するのを防止するのに有効であるが、チョップの応用にみられるように数 $10\mu s$ の期間に $1000A$ 以上の大電流パルスが流れる場合の転流失敗を防止するには、かなり大きい幅の隔離領域を設けなければならない。

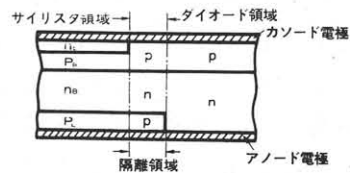


図2. サイリスタ領域とダイオード領域の分離方法。

隔離領域幅を十分小さくするには、この領域のライフタイムを十分に小さくして、ダイオード部分から侵入する少数キャリアのほとんどがこの領域において再結合により消滅するようにすることが有効である。図3はダイオード通電期間におけるキャリアの横方向分布をマイクロ波を用いて測定したものである。Au添加しないときはかなりのキャリアがサイリスタ部分に侵入するが、Au添加によって少数キャリアは PnP 領域の中で完全に消滅している。Auの拡散は複合素子の分離効果とサイリスタのターンオフ・タイムに關与する重要な要素になって来る。また、複合素子のターンオン特性の改善を勧告した適当な配置構造を選ぶ必要がある。これらの点について検討して、阻止電圧 $1200V$ 、平均電流 $400A$ 、ターンオフ・タイム $25\mu s$ 以下、 dI/dt $300A/\mu s$ 、 dV/dt $500V/\mu s$ などの特性をもった複合型高速度サイリスタが得られた。さらに、この複合素子は図4に電流、電圧波形の一例を示す如く、サイリスタの再切加電圧増加率 $300V/\mu s$ 、ダイオード電流減少率 $70A/\mu s$ でも正常に動作することが確かめられた。

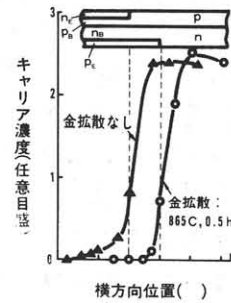


図3 ダイオード通電時のキャリアの横方向分布 (マイクロ波による測定)

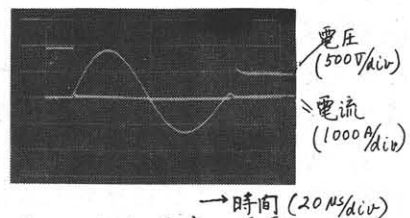


図4. 振動電流を通電したときの、電流、電圧波形

参考文献 1) Kokasa; 1969 IEEE International Convention Digest, pp.204~5; March 1969.