

論文審査の結果の要旨

氏名 田村 文彦

本論文は8章からなり、第1章は序論、第2章は高電力マイクロウェーブスイッチの設計手法、第3章はスケーリング則、第4章はPIN/NIP ダイオードアレイ能動窓の設計とその詳細、第5章は低電力測定、第6章は高電力実験、第7章は将来の課題について述べてあり、第8章は結論である。

第1章では、リニアコライダーの全体構成についての簡単な説明があり、その高周波システムにおいて高周波のパルス圧縮がいかに重要であるかが強調されている。パルス圧縮技術のなかには、エネルギー貯蔵空洞あるいはラインを用いた方式(いわゆる SLED 方式)、BPC(Binary Pulse Compression)、および DLDS(Delay Line Distribution System)があるが、いずれの方式において本研究のテーマである能動的スイッチを(Active Switch)用いることが有効である。本章ではこれら各方式についての比較と能動スイッチのこれまで行われた研究についても簡単にまとめられている。

第2章では、高電力マイクロウェーブスイッチの設計手法が述べられている。これらより、高電力マイクロウェーブスイッチとして2つの能動素子と2つの3dBハイブリッドを基本とする複数のシステムとし、それぞれの電力を分散して負荷を軽くすべきこと、各能動素子是对称 T 結合素子とショート板及び能動窓から構成されること、そして能動窓での反射位相の制御を記述する S 行列を求め、これにより能動素子として SPST 及びカスケード位相シフターそれぞれの方式について、その最大電場と全損失が評価された。

第3章では、能動素子の個数とそれらが扱える電力との関係についてのスケーリング則を導き、これにより、SPST 方式がカスケード位相シフター方式より優れていることを明らかにした。また、素子の個数は窓の最大電場の平方根に逆比例し、これが実際の能動窓を構成する物質・構造を選択するうえで重要であることを示した。さらにシリコンを用いた能動窓では、100MW 級の X バンド RF 信号を制御するための SPST アレイには21素子必要であることが示された。

第4章では、新方式の PIN/NIP ダイオード能動窓の設計と製作されたモデルについて述べられている。具体的には、直径 1.299 インチの円形の厚さ 225 ミクロンのシリコンウェーハの両面に PIN/NIP ダイオードアレイを形成したもので、それぞれ 400 のドープラインと金属ラインから構成されている。この窓は円形の TE₀₁ モードには透過型となる。ダイオードアレイは通常の IC プロセスで本人自らにより製作された。バイアス電流は順方向で 120A、また、逆バイアス電圧は 130V であった。

第5章では、製作した能動窓を用いた RF スwitch の低電力試験結果であり、基本的性能は設計どおりであることが確認された。Switch として 18dB の RF 透過変動が確認された。また、電力損失は 11.5%であった。スイッチング時間は-120V の逆バイアス電圧を印可することで 50ms から 20ms に早くできることを示した。

第6章は、高電力での実験結果である。実験は SLAC の高出力 X バンドクライストロンと SLED-II パルス圧縮システムを用いて行った。バイアス無しでは 5MW の高電力においても放電等の問題はなくこの種の RF 窓としてはかつてない高い電力での使用に耐えることを示した。さらにバイアス有りにおいては 1MW レベルで 10dB のスイッチング特性が得られることが示された。これらにより、マルチメガワットの RF レベルでこの方式のシリコン能動窓が動作することが明らかとなった。

第7章は、将来の改良すべき点とその方策についてまとめている。スイッチング速度を早めるには外部回路の工夫と接触抵抗の軽減が重要であること、3D 構造による高出力化が図られること、さらに表面に絶縁物をコーティングすることで表面での放電を低減できること等が述べられている。

第8章は要約である。

なお本論文は、Sami G. Tantawi 氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び実験を行ったものであり博士論文として十分と認められる。

したがって、博士(理学)の学位を授与できるものと認める。