

«فهرست مطالب»

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: لامپ‌های با میدان متقاطع مایکروویوی (Cross field)
۲	مقدمه
۳	۱- اسیلاتورهای مگنترون
۴	۱-۱- مگنترون‌های استوانه‌ای
۶	۱-۲- مگنترون کواکسیالی
۸	۱-۳- مگنترون با قابلیت تنظیم ولتاژ
۱۰	۱-۴- مگنترون کواکسیالی معکوس
۱۱	۱-۵- مگنترون کواکسیالی Agile - Frequency
۱۳	۱-۶- VANE AND STARP
۱۵	۱-۷- Ruising Sun
۱۶	۱-۸- injection- Locked
۱۶	۱-۹- Beacom مگنترون
۱۷	۲- (Cross Field Ampilifier) CFA
۲۰	۲-۱- اصول عملکرد
۲۵	فصل دوم: لامپ‌های با پرتو خطی (O- Type)
۲۶	مقدمه
۲۶	۱- کلايسترون‌ها
۲۸	۱-۱- تقویت کننده کلايسترون چند حفره‌ای (Multi Cavity)
۲۹	۱-۲- کلايسترون‌های چند پرتوی (MBK)

- ۲۹ ۱-۲-۱- کلاسترون چند پرتوی گیگاواتی (GMBK)
- ۳۰ ۲- لامپ موج رونده (TWT)
- ۳۱ ۲-۱- تاریخچه TWT
- ۳۳ ۲-۲- اجزای یک TWT
- ۳۵ ۲-۳- اساس عملکرد TWT
- ۳۷ ۲-۴- کنترل پرتو
- ۳۸ ۲-۵- تغییر در ساختار موج آهسته
- ۳۹ ۲-۶- لامپ‌های Couped Cavity TWT
- ۴۰ ۲-۶-۱- توصیف فیزیکی
- ۴۱ ۲-۶-۲- اصول کار Couped Cavity TWT
- ۴۳ ۲-۶-۳- تولید Couped Cavity TWT های جدید
- ۴۷ ۲-۷- لامپ‌های Helix TWT
- ۵۶ ۲-۸- TWT های پر قدرت
- ۶۰ ۳- گایروترون‌های پالس طولانی و CW
- ۶۱ ۳-۱- پیشرفت‌های اخیر در تقویت کننده‌های گایروکلاسترون موج میلیمتری در NRL
- ۶۲ ۳-۲- WARLOC رادار جدید پر قدرت ۹۴ ghz

چکیده:

این مقاله تحقیقی در مورد بررسی لامپ‌های پر قدرت مورد استفاده در رادار از نظر پهنای باند، قدرت، بهره، راندمان و غیره می‌باشد.

در فصل اول با مطالعه روی لامپ‌های با میدان متقاطع (M-Type) و توصیف انواع آن پیشرفت‌های اخیر در این زمینه را ارائه نموده است.

در فصل دوم به بررسی لامپ‌های با پرتو خطی (O-Type) و انواع مختلف آن و بررسی عملکرد تک‌تک آنها و آخرین تکنولوژی روز جهان پرداخته شده است.

فصل اول

لامپ‌های با میدان متقاطع

(Cross - Field) میکروویوی (M-Type)

مقدمه

در لامپ‌های با میدان متقاطع (Cross Field) میدان مغناطیسی dc و میدان الکتریکی dc بر یکدیگر عمودند. در همه لامپ‌های CF میدان مغناطیسی dc نقش مستقیمی در فرآیند اندرکنشی RF ایفا می‌کند.

لامپ‌های CF نامشان را از این حقیقت که میدان الکتریکی dc و میدان مغناطیسی dc بر یکدیگر عمودند گرفته‌اند. در لامپ CF الکترونیایی که توسط کاتد ساطع می‌شوند بوسیله میدان الکتریکی شتاب داده می‌شوند و سرعت می‌گیرند. اما همانطور که با ادامه مسیر سرعتشان بیشتر می‌شود توسط میدان مغناطیسی خم می‌شوند. اگر یک میدان RF در مدار آند به کار برده شود الکترون‌هایی که در طی اعمال میدان کاهنده وارد مدار شوند کند می‌شوند و مقداری از انرژی خود را به میدان RF می‌دهند. در نتیجه سرعتشان کاهش می‌یابد و این الکترون‌های با سرعت کمتر در میدان الکتریکی dc که به میزان کافی دور هست تا ضرورتاً همان سرعت قبلی را دوباره بدست بیاورند طی مسیر می‌کنند. بدلیل کنش اندرکنش‌های میدان متقاطع فقط آن الکترون‌هایی که انرژی کافی به میدان RF داده‌اند می‌توانند تمام مسیر تا آند را طی کنند. این خصیصه لامپ‌های CF را نسبتاً مفید می‌سازد. آن الکترونیایی که در طی اعمال میدان شتاب‌دهنده وارد مدار می‌شوند بر حسب دریافت انرژی کافی از میدان RF شتاب داده می‌شوند و به سمت کاتد باز می‌گردند. این بمباران برگشتی در کاتد گرما ایجاد می‌کند و راندمان کار را کاهش می‌دهد.

در این فصل چندین لامپ CF را که عموماً به کار برده می‌شوند مورد مطالعه قرار می‌دهیم.

۱- اسپلاتورهای مگنترون

Hull در سال ۱۹۲۱ مگنترون را اختراع کرد، اما این وسیله تا حدود دهه ۱۹۴۰ تنها یک وسیله آزمایشگاهی جالب بود. در طول جنگ جهانی دوم نیازی فوری به مولدهای ماکروویوی پر قدرت برای فرستنده‌های رادار منجر به توسعه سریع مگنترون شد. همه مگنترون‌ها شامل بعضی اشکال آند و کاتد که در یک میدان مغناطیسی در میان یک میدان الکتریکی بین آند و کاتد کار می‌کنند می‌باشند. به دلیل میدان تقاطع بین آند و کاتد الکترون‌هایی که از کاتد ساطع می‌شوند تحت تأثیر میدان تقاطع مسیرهایی منحنی شکل را طی می‌کنند. اگر میدان مغناطیسی dc به اندازه کافی قوی باشد الکترون‌ها به آند نخواهند رسید ولی در عوض به کاتد باز می‌گردند. در نتیجه جریان آند قطع می‌شود. مگنترون‌ها را می‌توان به سه نوع طبقه‌بندی کرد:

(۱) مگنترون با آند دو نیم شده^۱

این نوع مگنترون از یک مقاومت منفی بین دو قسمت آند استفاده می‌کند.

(۲) مگنترون سیکلوترون فرکانس

این نوع مگنترون تحت تأثیر عمل سنکرون کردن یک جزء متناوب میدان الکتریکی و نوسان پریودیک الکترون‌ها در یک مسیر مستقیم با میدان عمل می‌کند.

(۳) مگنترون موج رونده

این نوع مگنترون به اندرکنش الکترون‌ها با میدان الکترومغناطیسی رونده با سرعت خطی بستگی دارد. این نوع از لامپها به صورت ساده به عنوان مگنترون نامیده می‌شود. مگنترون‌ها با مقاومت منفی معمولاً در فرکانس‌های زیر ناحیه مایکروویوی کار می‌کنند. اگرچه مگنترون‌های سیکلوترون فرکانس در فرکانس ناحیه مایکروویوی کار می‌کنند، قدرت خروجی آنها بسیار کم است (حدود ۱ وات در ۳ GHz) و راندمان آنها بسیار کم است. (حدود

^۱ Split - Anode

۱۰٪ در نوع آند دونیم شده و (۱٪ در نوع تک‌آندی) بنابراین دو نوع اول مگنترون‌ها در این

نوشتار مورد توجه نیستند.

مگنترون‌های استوانه‌ای

دیاگرام شماتیکی اسیلاتور مگنترون استوانه‌ای در شکل زیر نشان داده می‌شود. این نوع

مگنترون، مگنترون قراردادی^۲ نیز نامیده می‌شود.

در مگنترون استوانه‌ای چندین حفره به شکاف‌ها متصل شده‌اند و ولتاژ V_0 dc بین کاتد و

آند اعمال می‌شود. چگالی شار مغناطیسی B_0 در راستای محور Z است. وقتی که ولتاژ dc و

شار مغناطیسی به درستی تنظیم شوند الکترون‌ها مسیره‌های دایروی را در فضای آند-کاتد

تحت نیروی ترکیبی میدان الکتریکی و مغناطیسی طی می‌کند.

^۲ Conventional

برای سالهای بسیار مگنترون ها منابع پر قدرتی در فرکانس هایی به بزرگی 70 GHz بوده اند. رادار نظامی از مگنترون های موج رونده قراردادی برای تولید پالس های RF با پیک قدرت بالا استفاده می کند. هیچ وسیله میکروویوی دیگری نمی تواند همانطور که مگنترون های قراردادی می توانند عمل مگنترون را با همان اندازه، وزن، ولتاژ و محدوده راندمان انجام دهد. در حال حاضر، مگنترون می تواند پیک قدرت خروجی تا 800 KW می رسد. راندمان بسیار بالاست و از ۴۰ تا ۷۰٪ تغییر می کند.

مگنترون کواکسیالی^۳

مگنترون کواکسیالی از ترکیب یک ساختار رزونانسی آند که توسط یک حفره با Q بالا که

در مورد TE₀₁₁ کار می کنند احاطه شده است تشکیل شده است.

^۳ Coaxial Magnetron

شیارهایی که در پشت دیواره حفره‌های متناوب ساختار رزوناتوری آند قرار دارند به طور محکمی میدان‌های الکتریکی این رزوناتورها را با حفره احاطه‌کننده کوپل می‌کنند. در عمل مود میدان‌های الکتریکی در همه حفره‌های دیگر هم فاز هستند و بنابراین آنها در جهت یکسان با حفره احاطه‌کننده کوپل می‌شوند. در نتیجه حفره کواکسیالی محیطی مگنترون را در مورد مطلوب تثبیت می‌کند. در مورد TE₀₁₁ مطلوب میدان‌های الکتریکی مسیری دایروی را در داخل حفره طی می‌کنند و در دیواره‌های حفره به صفر کاهش می‌یابند. جریان در مورد TE₀₁₁ در دیواره‌های حفره در مسیرهای دایروی حول محور لامپ جریان دارند. مودهای غیرمطلوب توسط تضعیف‌کننده در داخل استوانه داخلی شیاردار نزدیک انتهاهای شیارهای کوپلینگ میرا می‌شوند. مکانیزم تنظیم ساده و قابل اعتماد است. رزوناتور آند مگنترون کواکسیالی می‌تواند بزرگتر و با پیچیدگی کمتری نسبت به مگنترون قراردادی باشد. بنابراین بارگذاری کاتد کمتر است و شیب‌های ولتاژ کاهش داده می‌شوند.

۱-۲-۱- مگنترون‌های کواکسیالی شرکت Litton

Product Number	Band	Frequency GHz	Peak Power Kw	Duty Cycle
L-4570	C	5.4-5.88	250	0.0013
L-4469	X	8.5-9.6	200	0.001
L-4936	X	7.8-8.5	20	0.0012
L-4972	X	8.5-9.6	20	0.0012
L-4575	X	8.5-9.6	200	0.001
L-4593	X	8.5-9.6	250	0.0005
L-4590	X	8.7-9.4	200	0.001
L-4770	X	9.0-9.16	70	0.00066
L-4791	X	9.0-9.2	80	0.0011
L-4581	X	9.0-9.6	220	0.001
L-4979	X	9.05-10.0	100	0.001

L-4666	X	9.16-9.34	350	0.001
L-4583 A	X	9.2-9.55	200	0.001
L-5190	X	9.24	90	0.001
L-5362 B	X	9.345	10	0.001
L-5274 B	X	9.345	7.5	0.001
L-4652 B	X	9.345	8.7	0.001
L-4704	X	9.345	8.7	0.001

مگنترون با قابلیت تنظیم ولتاژ^۴

مگنترون با قابلیت تنظیم ولتاژ یک اسیلاتور باند وسیع با فرکانس متغیر با تغییر ولتاژ اعمال شده بین آندوسل^۵ است. همانطور که در شکل زیر نشان داده می شود پرتو الکتریکی از یک کاتد استوانه‌ای کوتاه از یک انتهای دستگاه ساطع می شود.

الکترون‌ها توسط میدان‌های الکتریکی مغناطیس به شکل یک پرتو توخالی درمی آیند و سپس به طور اساسی از کاتد به بیرون فرستاده می شود. سپس پرتو الکترونی به ناحیه بین سل و کاتد وارد می شوند. پرتو با سرعتی که توسط میدان مغناطیسی محوری و ولتاژ dc اعمال شده بین آند و سل کنترل می شود حول سل می گردد.

^۴ Volltage - Tunable Magnetron

^۵ Sole

مگنترون با ولتاژ قابل تنظیم از یک رزوناتور با Q کم استفاده می‌کند و پهنای باند آن در سطوح قدرت کم از ۵۰٪ تجاوز می‌کند. در مورد ، فرآیند دسته‌شدن پرتو توخالی در رزوناتور رخ می‌دهد و فرکانس نوسان توسط سرعت چرخشی پرتو الکترونی تعیین می‌شود. به عبارت دیگر فرکانس نوسان را می‌توان با تغییر ولتاژ DC اعمال شده بین آند و سل کنترل کرد. در سطوح قدرت بالا و فرکانس‌های بالا درصد پهنای باند محدود است، در حالیکه در سطوح قدرت کم و فرکانس‌های بالا پهنای باند ممکن است به ۷۰٪ برسد.

۱-۳-۱- مگنترون قابل تنظیم^۶ ساخت شرکت TMD

Duty Cycle Max	Tuning Range MHZ	پیک قدرت KW	فرکانس GHZ
۰/۰۰۱	۱۰۰۰	۲۰۰	۸/۵-۹/۵
۰/۰۰۱۵	۵۰	۱۰۰	۹-۹/۲
۰/۰۰۱۵	۲۰۰	۱۰۰	۹/۱-۹/۵
۰/۰۰۱۵	۲۰۰	۱۰۰	۹/۳-۹/۴

۱-۳-۲- مگنترون با فرکانس ثابت^۷ ساخت شرکت TMD

Duty Cycle Max	پیک قدرت KW	فرکانس GHZ
۰/۰۰۱	۳	۹/۲۱-۹/۲۴
۰/۰۰۱۵	۱۰۰	۹/۲۲-۹/۲۷
۰/۰۰۱	۱۰۰	۹/۳۵-۹/۳۹

^۶ Tunable Magnetron

^۷ FIXD FREWUENCY Magnerton

۰/۰۰۱۵	۵۰	۱۶-۱۷
--------	----	-------

مگنترون کواکسیالی معکوس

مگنترون را می توان با آند و کاتد معکوس ساخت. یعنی اینکه کاتد آند را احاطه کند. در مگنترون کواکسیالی معکوس حفره در داخل یک استوانه شیاردار قرار می گیرد و آرایه پره رزوناتور در خارج آن قرار گرفته است. کاتد یک حلقه حول آند تشکیل می دهد. شکل زیر دیاگرام شماتیکی مگنترون کواکسیالی را نشان می دهد.

مگنترون کواکسیالی Frequency- Agile

مگنترون کواکسیالی Frequency Agile با مگنترون قابل تنظیم استاندارد متفاوت است. Frequency Agility (FA) یک مگنترون کواکسیالی به صورت قابلیت تنظیم فرکانس خروجی رادار با سرعت به اندازه کافی بالا برای ایجاد تغییر فرکانسی پالس به پالس است، به طوری که این تغییر بزرگتر از مقدار لازم موثر برای خنثی کردن وابستگی اکوهای مجاور رادار باشد تعریف می شود.

مگنترون Agile-Frequency به همراه مدارهای مجتمع گیرنده مناسب می تواند جرقه زنی[^] هدف را کاهش می دهد، قابلیت تشخیص هدف را در یک محیط شلوغ افزایش دهد و مقاومت در برابر اقدام های متقابل الکترونیکی (ECM) را افزایش دهد. افزایش جدا سازی فرکانسی پالس به پالس بیشتر، شکل بیشتر در مرکز قرار دادن فرستنده پارازیتی در فرکانس رادار روی خواهد داد که این کار برای تداخل موثر با عملکرد سیستم صورت می گیرد.

۱-۵-۱- مگنترون های Frequency Agile شرکت Litton

Product Number	Band	Frequency GHz	Agility Rate Hz	Agility Range MHz	Peak Power Kw	Duty Cycle
L-4771	X	9.05	25	215	200	0.001
L-4736	X	9.1-9.5	75	30	75	0.001
L-4683	X	9.35	0	250	250	0.001
L-4798	X	9.375	75	40	100	0.001
L-4799	X	9.375	75	40	100	0.001
L-4528	Ku	15.60	0	100	100	0.001
L-4752 B	Ku	16.85	60	80	50	0.0007
L-4525	Ku	16.20	0	250	75	0.0008
L-4770	Ku	16.0-17.0	200	25	55	0.0010
L-4754	Ku	16.0-17.0	200	25	55	0.001
L-4527	Ku	16.50	0	300	65	0.0007

[^] Scintillation

۲-۵-۱- مگنترون های Frequency Agile شرکت TMD

Duty Cycle Max	Tuning Range MKZ	پیک قدرت KW	فرکانس GHZ
۰/۰۰۱۵	۴۵۰	۱۰۰	۸/۵-۹/۵
۰/۰۰۱۳	۴۵۰	۲۰۰	۸/۵-۹/۳
۰/۰۰۱۳	۴۵۰	۲۰۰	۸/۷-۹/۴
۰/۰۰۱۳	۴۵۰	۲۰۰	۸/۷-۹/۵
۰/۰۰۱۱	۱۰۰	۸۰	۸/۹-۹/۵
۰/۰۰۱۵	۴۵۰	۱۰۰	۹-۹/۵
۰/۰۰۱۵	۴۵۰	۱۰۰	۹-۹/۵
۰/۰۰۱۵	۴۵۰	۱۰۰	۹/۱-۹/۳
۰/۰۰۱۳	۲۰۰	۷۰	۱۶-۱۷
۰/۰۰۱۲	*	۸۰	باند Ku

VANE AND STRAP

با برگشت به جنگ جهانی دوم مدار Vane and strap اولین مدار مگنترون مدرن آن روز بود. Vane and strap تعامل بعدی ترتیب حفره و شیار (hole and slot) بود که کارایی کمتری داشت و از مشکلات ناپایداری مد صدمه می دید.

مگنترون Vane and strap همانطور که از اسمش برمی آید، عمل انتخاب مدش را با بستن یا وصل کردن پره های متناوب با تکه سیم های دایروی شکل که نوار^۹ نامیده می شوند انجام می دهد. ساختار رزوناتور شبیه بسیاری از مدارهای رزوناتور نیم موج دارای مدهای نوسانی چندگانه است.

^۹ Vane

۱-۶-۱- مگنترون های Vane and strap شرکت Litton

Product Number	Band	Frequency GHz	Peak Power Kw	Duty Cycle
L-3858	S	2.45	2.5	CONTINUOUS US
L-4933	S	2.72	480	0
L-4932	S	2.76	480	0.0007
L-4931	S	2.8	480	0.0007
L-4919	S	2.805	4500	0.001
L-4830	S	2.84	480	0.0007
L-4939	S	2.88	480	0.0007
L-4928	S	2.9-3.1	1000	0.001
L-4678	C	3.9-4.1	350	0.001
L-4620	C	4.5-5.1	250	0.00125
L-4727	C	5.4	85	0.0012
7158 B	C	5.45-5.825	250	0.0006
6344 A	C	5.45-5.25	176	0.00085
L-5080	C	5.45-5.825	250	0.001
7156 A	C	5.45-5.825	228	0.0009
L-4701	C	6.8-7.3	300	0.001
L-3108 A	X	8.5-9.6	65	0.001
6543	X	8.5-9.6	65	0.001
6543 A	X	8.5-9.6	85	0.001
L-4193 A	X	8.5-9.6	200	0.001

Rising sun

مدار Rising sun نام خود را از ظاهر مقطع رزوناتور گرفته است. رزوناتورهای متناوباً با یک قطر مشترک داخلی بزرگ و کوچک می‌شوند. این ساختار از طراحی الکتریکی یک سیستم رزوناتوری دوگانه کوپل شده منتج می‌شوند.

اگرچه ساختارهای Rising sun ۴۰ قدمت دارند اما به اندازه مگنترون‌های کواکسیالی و Vane and strap مورد توجه نیستند چون در باندهای میلیمتری تقاضا زیاد نیست. ساختارهای Rising sun هزینه کمی نسبت به مدار Vane and Strap در ۱۰۰ GHz دارند. Q این مدار نسبتاً کم است.

۱-۷-۱- مگنترون‌های Rising sun شرکت Litton

Product Number	Band	Frequency GHz	Peak Power Kw	Duty Cycle
L-4154 B	Ka	24.25	40	0.0003
L-4054 A	Ka	34.85	88	0.0008
	Ka	34.85	124	0.0004
L-4064 E	Ka	34.85	125	0.0004
L-4516 A	Ka	34.7-34.93	70	0.0007
	Ka	34.7-34.93	125	0.0003

Injection - Locked

مگنترون‌های Injectipn - Locked به عنوان جانشین عملی برای TWTها و کلاسترها در کاربردهایی که انسجام مورد نیاز است عمل می‌کنند.

این مگنترون‌ها از نظر هزینه نسبت به لامپ‌های TWT موثرترند. علاوه بر این ترکیب نادر اندازه فشرده و کارایی خوب هم از مزایای این مگنترون‌ها است.

مفهوم Injectipn - Locked نسبتاً ساده است. یک سینگنال با سطح کم به طور

مستقیم به مدار رزونانس یک اسیلاتور پر قدرت Free running داده می‌شود.

اگر فرکانس منبع به اندازه کافی به فرکانس Free running اسیلاتور نزدیک باشد و دامنه

سیگنال به اندازه کافی باشد وسیله پر قدرت در یک پهنای باند معین دارای پایداری فرکانس و

فازی می شود. در مورد یک مگنترون Injectipn - Locked انرژی از طریق یک سیر کولاتور به داخل آند کوچک می شود.

مگنترون های Beacon

مگنترون های Beacon (مگنترون های قراردادی مینیاتوری) پیک قدرت خروجی $3/5$ KW را تولید می کنند، در حالیکه وزن آنها از ۲ پوند است. این وسایل برای استفاده در جاهایی که منابع خیلی فشرده و لتاژ کم قدرت پالسی نیاز است ایده آل هستند. نظیر هواپیمایی، موشک، ماهواره یا سیستم های Doppler. بیشتر مگنترون های Beacon شیفت فرکانسی ناچیزی دارند و کارایی با طول عمر زیاد در سخت ترین شرایط محیطی و دمایی از خود نشان می دهند.

۱-۹-۱- مگنترون های Beacon شرکت Litton

Product Number	Band	Frequency GHz	Peak Power Watts	Duty Cycle
L-4850	C	4.4-4.8	900	0.002
L-4846	C	5.4-5.9	350	0.002
L-4847	C	5.4-5.9	540	0.000
L-4844	C	5.4-5.9	600	0.002
L-4848	C	5.4-5.9	600	0.002
L-4855	C	5.4-5.9	600	0.001
L-4841	C	5.4-5.9	900	0.001
L-4854	C	5.4-5.9	900	0.001
L-4851	C	5.4-5.9	1500	0.000
L-4843	C	5.4-5.9	4500	0.001
L-4832	X	8.8-9.5	400	0.000
L-4834	X	8.8-9.5	475	0.000
L-4839	X	8.8-9.5	400	0.001
L-4833	X	8.8-9.5	700	0.000
L-4831	X	8.8-9.5	500	0.001
L-4837	X	9.2-9.55	560	0.002
L-4766	Ku	16.2-16.3	560	0.000

۲- CFA (Cross Field Amplifier)

تقویت کننده با میدان متقاطع (CFA) پیامد وجود مگنترون است. می توان CFA ها را براساس مد عملکردشان به صورت انواع موج جلورونده و موج و موج عقب رونده گروه بندی کرد و یا براساس منبع جریان الکترونی آنها به صورت انواع emitting sole یا injected-beam طبقه بندی کرد. گروه اول به جهت فاز و سرعت گروه انرژی در مدار مایکروویوی مربوط است. چون جریان الکترون به نیروهای میدان الکترونی RF واکنش می دهد. رفتار

سرعت فاز با فرکانس اولین موضوع مورد علاقه است. گروه دوم بر روشی که با آن الکترون‌ها به ناحیه اندرکنش می‌رسند و چگونه کنترل می‌شوند تاکید می‌کند.

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

در مورد موج پیشرو، اغلب ساختار موج آهسته نوع مارپیچی به عنوان مدار مایکروویوی
برای تقویت کننده با میدان متقاطع انتخاب می شود. در مورد موج عقب رونده خط Strap
یک انتخاب رضایت مندانه را نمایش می دهد. ساختار تقویت کننده با موج متقاطع Strap
در شکل زیر نشان داده می شود.

۱-۲- اصول عملکرد

در لامپ emitting-sole در پاسخ به نیروهای میدان الکتریکی در فضای بین کاتد و آند جریان از کاتد خارج می‌شود. مقدار جریان تابعی از ابعاد، ولتاژ اعمالی و خواص ساطع شدن از کاتد می‌باشد. در لامپ injected-beam پرتو الکترونی در یک تفنگ جداگانه تولید می‌شود و به داخل ناحیه اندرکنش تزریق می‌شود.

شکل‌های اندرکنش مدار- پرتو در لامپ‌های emitting-sole و injected-beam مشابه هستند. الکترون‌های فازی مطلوب به طرف آند که به طور مثبت پلاریزه شده ادامه مسیر می‌دهند تا سرانجام جذب شوند. در حالیکه الکترون‌های فازی غیرمطلوب به طرف الکتروود منفی پلاریزه شده حرکت می‌کنند.

در اندرکنش پرتو خطی همانطور که در لامپ‌های TWT بیان کردیم جریان الکترون ابتدا توسط یک تفنگ الکتریکی شتاب می‌گیرند تا به سرعت dc کامل برسند. سرعت dc تقریباً برابر سرعت فازی محوری میدان RF در ساختار موج آهسته است. بعد از اینکه کنش اندرکنش رخ داد، الکترون باقی‌مانده با یک سرعت با متوسط کم ناحیه اندرکنش را ترک می‌کند. تفاوت سرعت، انرژی RF تولید شده از مدار ماکروویوی را توجیه می‌کند. در CFA الکترون در معرض نیروی میدان الکتریکی، نیروی میدان مغناطیسی و نیروی

میدان الکتریکی میدان RF، حتی در معرض نیروی بار دیگر الکترون‌ها قرار می‌گیرد. آخرین نیرو به دلیل پیچیدگی معمولاً در مطالعات آنالیتیک در نظر گرفته نمی‌شود. تحت تأثیر سه نیرو، الکترون در مسیر حلزونی در جهت‌های هم پتانسیل حرکت می‌کند. شکل زیر طرح جریان الکترونی در CFA را با تکنیک‌های کامپیوتری نشان می‌دهد.

تقویت‌کننده با میدان متقاطع CFA با بهره قدرت کم یا متوسط، پهنای باند متوسط، راندمان بالا، تقویت‌کنندگی اشباع شده، اندازه کوچک و وزن کم مشخص می‌شود. این خواص باعث می‌شوند که از CFA در سیستم‌های الکترونیکی بسیاری از مخابرات فضایی با قدرت کم و قابلیت اطمینان بالا گرفته تا رادار پالسی همزمان با قدرت متوسط بالا در حد چند مگاوات استفاده می‌شود.

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

۲-۲- CFA های شرکت Litton

پهنای باند %	راندمان %	Nominal Gain dB	Duty cycle	پیک قدرت KW	فرکانس GHZ
۵۵	۶/۵	۱۳/۵	۰/۰۳۲	۱۰۰	۱/۲۵-۱/۳۵
۴۲	۶/۷	۱۲/۷	۰/۰۰۲۴	۵۵۰	۱/۲۵-۱/۳۵
۵۴	۶/۲	۱۱/۲	۰/۰۰۱	۵۳۰۰	۱/۲۸-۱/۳۵
۴۴	۶/۵	۱۰	۰/۰۰۵	۱۵۰	باند L
۴۹	۶/۵	۱۰	۰/۰۰۴	۱۲۵۰	باند L
۶۰	۶/۷	۱۶	۰/۰۲۸	۶۰	۲/۹-۳/۱
۴۵	۶/۷	۱۶	۰/۰۲۸	۶۰	۲/۹-۳/۱
۴۲	۶/۷	۹/۷	۰/۰۰۳	۱۴۰	۲/۹-۳/۱
۶۰	۶/۷	۱۰/۷	۱/۰۰۱۲۵ ۰/۰۲۵	۵۲۵/۲۲۰۰	۲/۹-۳/۱
۶۰	۶/۷	۱۱	۰/۰۱۴۸	۶۶۶	۲/۹-۳/۱
۶۶	۶/۷	۱۱	۰/۱۵۰	۶۶۶	۲/۹-۳/۱
۶۰	۶/۷	۷	۰/۰۰۵۶	۲۲۰۰	۲/۹-۳/۱
۶۰	۶/۷	۷	۰/۰۰۵۳	۲۶۰۰	۲/۹-۳/۱
۴۰	۱۳	۱۴	۰/۰۱۶	۱۲۵	۳/۹۹-۳/۵۱
۵۰	۱۲/۷	۱۰	۰/۰۲۵	۱۲۰۰	۳/۰۹-۳/۵۱
۴۰	۱۲/۱	۱۶	۱۲۵	۱۲۵	۳/۱-۳/۵
۵۶	۱۰	۱۰	۵۰۰	۵۰۰	-۵۷۵۵ ۵۲۵۵
۶۰	۱۰	۱۰/۲/۷	۶۳۰/۱۲۵۰	۶۳۰/۱۲۵۰	۵/۴-۵/۹
۴۵	۱/۲	۱۴	۳۰۰	۳۰۰	۹-۹/۲

۴۵	۳/۱	۱۳/۵	۱۰۰	۱۰۰	-۹۸۰۰ ۹۵۰۰
۳۹	۵/۱	۱۲	۵۰۰	۵۰۰	۹/۵-۱۰

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

فصل دوم
لامپ با پرتو خطی (O-Type)

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

مقدمه:

در یک لامپ با پرتو خطی یک میدان مغناطیسی که محور آن بر محور پرتو الکترونی منطبق است برای اینکه پرتو را هنگامیکه طول لامپ را می پیماید به هم پیوسته حفظ کند به کار برده می شود. در این لامپ ها الکترون ها قبل از اینکه ناحیه اندر کنش میکروویوی برسند انرژی پتانسیل را از پرتو ولتاژ DC دریافت می کنند و این انرژی به انرژی جنبشی تبدیل می شود. در ناحیه اندر کنش میکروویوی الکترون ها توسط میدان میکروویوی یا شتاب می گیرند یا حرکتشان کند می شود و سپس در حالیکه به انتهای لامپ رانده می شوند یک دسته می شوند. الکترون های دسته شده به ترتیب جریانی را در ساختار خروجی القا می کنند. الکترون ها سپس انرژی جنبشی خود را به میدان های میکروویوی می دهند و توسط کلکتور جمع می شوند. لامپهای با پرتو خطی برای تقویت کنندگی مناسب هستند. در حال حاضر تقویت کننده های کلایسترون و TWT می توانند پیک قدرت خروجی تا 30MW را در فرکانس 10GHZ و ولتاژ 100KV فراهم کنند. قدرت خروجی متوسط تا 700KW می رسد. به همراه این لامپ ها از ۳۰ تا ۷۰ متغیر است و راندمان آن از ۱۵ تا ۶۰ در صورت پهنای باند کلایسترون ۱ تا ۸ درصد و در مورد TWT از ۱۰ تا ۱۵ درصد می باشد.

۱- کلایسترون ها:

کلایسترونها لامپهای با پرتو خطی هستند با چندین حفره رزونانس که باتیوپهای drift نازک از هم جدا شده اند. قطر این تیوبها بسیار کمتر از یک طول موج است بنابراین هیچ کوپلینگ بین حفره ای وجود ندارد. حفره ورودی به سیگنالی که تقویت می شود متصل می شود و حفره خروجی به بار متصل است. کلایسترونها لامپهای بینهایت محکمی هستند. برخی مدلهای قدرت متوسط بزرگ و موج پیوسته با راندمان خیلی بالا تولید می کنند. به عنوان مثال در موج پیوسته قدرت 1300KW در فرکانس 350MHZ و قدرت 600KW در فرکانس 3.7GHZ انواع دیگر کلایسترونها پیک قدرت بسیاری بالایی دارند. 45MW برای $4/5 \mu s$ یا ۱۵۰MW برای $1 \mu s$ بهره عموماً حدود ۴۵ تا ۵۰dB است.

پرتو الکترونی توسط میدان الکترو مغناطیسی متمرکز می شود. کلکتورها در دو مرحله موثر سرد می شوند (مایع بخار) یک پمپ یونی بهترین خلا نیاز برای عمر طولانی لامپ را فراهم کند. این کلاسترها در شمار زیادی از وسایل غیر نظامی و نظامی به کار برده می شود. چون این لامپها قادرند پهنای باند بزرگی که در برخی موارد بزرگتر از ۱۰ درصد است ارائه دهند.

کلاسترون دو حفره ای (Two-Cavity) تقویت کننده مایکروویوی است که به طور وسیعی به کار برده می شود و بر اساس اصول مدولاسیون سرعت و جریان کار می کند. همه الکترونیهای که از کاتد وارد شده اند با سرعت یکنواخت به اولین حفره می رسند. الکترون هایی که از اولین شکاف حفره در ولتاژ شکاف صفر (یا ولتاژ سیگنال صفر) عبور می کنند از حفره بدون تغییر سرعت عبور می کنند. الکترون هایی که در نیم سیکل مثبت ولتاژ شکاف عبور می کنند دستخوش افزایش سرعت می شوند. الکترونیهای که در نیم سیکل های منفی ولتاژ شکاف عبور می کنند به کاهش سرعت تن در میدهند در نتیجه این رفتارها، الکترونها به تدریج در حالیکه به طرف انتهای فضای drift حرکت می کنند دسته می شوند تغییر سرعت الکترون در فضای drift مدولاسیون سرعت نامیده می شود. چگالی الکترون ها در حفره دوم به طور متناوب با زمان تغییر می کند.

پرتو الکترونی شامل یا جزء ac می شود و این طور نامیده می شود که مدولاسیون جریان صورت گرفته است.

حداکثر دسته شدن باید در طی کند کردن فاز آن تقریباً در نیمه راه بین شبکه های حفره دوم صورت گیرد بنابراین انرژی جنبشی از الکترون ها به میدان حفره دوم انتقال می یابد. سپس الکترون ها به سرعت کاهش یافته از حفره دوم خارج می شوند و سرانجام در کلکتور جذب می شوند مشخصات تقویت کننده کلاسترون دو حفره ای به شرح زیر است.

۱- راندمان حدود ۴۰ درصد ۲- قدرت خروجی: در فرکانس 10GHZ قدرت متوسط (موج پیوسته CW) تا 500KW و برای قدرت موج پالسی تا 30MW می رسد)

۱-۱- تقویت کننده کلاسترون چند حفره ای (Multi Carity)

بهره قدرت تقویت کننده کلاسترون دو حفره ای حدود C.dB است برای بدست آوردن بمهره بالاتر یک راه این است که چندین لامپ دو حفره ای را به صورت Cascade به هم متصل

کنیم و خروجی هر کدام از لامپ ها را به ورودی لامپ بعدی وصل کنیم. در کلایسرون چند حفره ای هر کدام از حفره های میانی به فاصله پارامتر دسته بندی X ، ۱/۸۴ دورتر از حفره قبلی قرار گرفته است که به عنوان دسته کننده عمل می کند و به پرتو الکترونی عبوری ولتاژ RF بیشتری نسبت به حفره قبلی القا می کند که به نوبت مدولاسیون سرعت را افزایش می دهند.

۲-۱- کلایسترون های چند پرتوی (MBK)

در کلایسترون های چند پرتوی انتشار جریان که بوسیله بردن چندین کاتد صورت می گیرد (در روسیه معمول است) لامپ MBK مدل روسی برای کاربرد در رادار مناسب است. این منبع میکروویوی پیشنهادی بر اساس تمرکز مغناطیسی تناوبی (PPM) است این لامپ ها به دلیل اقتصادی باید با مغناطیس های دائمی متمرکز شوند. به عنوان مثال یک GMBK ده پرتوی شامل ده پرتو است که از ۴ حفره عمومی و ده حفره هارمونیک ثنوی تکمی که راندمان را افزایش می دهند عبور می کند.

قدرت خروجی 2GW	فرکانس 1GHZ	جریان 6700A	
طول پالسی 1Ny	ولتاژ 600KV	بهره 30dB	راندمان ۵۰٪

چون دستگاه در یک فرکانس ثابت کار خواهد کرد نیازی به منبع جداگانه برای به کار انداختن آن نیاز در عوض از حفره سوم برای تحریک حفره اول استفاده می شود و لامپ رادار به نوسان کردن می شود.

۲- لامپ موج رونده (TWT)

از سالهای دهه ۱۹۶۰ این طور پیش بینی می شد که وسایل Solid - state مایکروویوی جایگزین لامپهای TWT خواهند شد . اما این جایگزینی فقط در سیستمهای الکترونیکی کم قدرت رخ داد .

لامپهای قدرت مایکروویوی همچنان به عنوان تنها انتخاب برای فرستنده های پر قدرت هستند و انتظار می رود که این موقعیت را همچنان حفظ کنند . تکنیکهای مایکروویوی به طور فزاینده ای با بسیاری از سیستم های الکترونیکی تطبیق شده است . نظیر سیستمهای رادار هوایی ، دفاع نظامی فضایی سیستمهای هدایت موشک و سیستمهای مخابرات فضایی .

لامپ موج رونده (TWT) یک لامپ الکترونیکی است که برای تقویت کنندگی در فرکانسهای مایکروویوی - که عموماً به صورت فرکانسهای بین ۵۰۰ MHZ و ۳۰۰ GHZ یا طول موجهای از ۳۰ cm تا ۱ mm شناخته می شوند - به کار می رود . قابلیت تولید قدرت از چند وات تا چند کیلو وات تغییر می کند . برای helix TWT پهنای باند ممکن است به بزرگی ۲ اکتا و یا بیشتر باشد و سطوح قدرت از ده ها وات تا صد وات برسد . برای Couplel Cavity TWT پهنای باندها در محدوده ۲۰٪ - ۱۰ معمول هستند و سطوح قدرت در سطوح مگاوات است .

کاربردهای TWT ها متغیر است . TWT به عنوان تقویت کننده نهایی در تقریباً همه ماهواره های مخابراتی به کار می رود . در بسیاری از سیستمهای رادار تعداد یک یا بیشتر TWT به عنوان تقویت کننده پر قدرت که پالس RF ارسالی را تولید می کند که به کار برده می شوند . در موارد دیگر ممکن است یک TWT به عنوان درایور برای بعضی از تقویت کننده های RF پر قدرت دیگر نظیر تقویت کننده میدان متقاطع (CFA) به کار برده می شود .

مشکل است که دوران امروز تکنولوژی مایکروویوی را بدون TWT و تقویت کننده TWT (TWTA) متصور می شویم . هیچ وسیله دیگری نمی تواند ترکیب پهنای باند ، قدرت

خروجی و بهره را با هم مثل TWT تطبیق دهد. برای الکترونیکی، اکتشاف فضا، تقویت سیگنالهای home - video، TWT افق میکروویوی را گسترش داده است.

۱-۲- تاریخچه TWT

تاریخچه تکنولوژی میکروویوی، تاریخچه ای از پیشرفتهای پیاپی در تکنولوژی های به کار برده شده برای تولید، تقویت و پردازش سیگنالها در فرکانسهای میکروویوی است. عمل کردن در آستانه ناحیه میکروویوی بوسیله تریودهایی^۱ که ساختار بخصوصی برای مینیمم کردن اثرات زمان عبور^۲ دارند فراهم شد. این کار تریود توسط مگنترون و دیگر ادوات میدان متقاطع^۳ ادامه یافت و سپس توسط کلایسترون دنبال شد. امروزه نیز TWT این راه را ادامه می دهد.

TWT یک وسیله جدید نیست. قابل توجه است که قابلیتها و برخی کاربردهای بالقوه آن نزدیک ۶۰ سال شناخته شده بوده است. TWT در طی اواخر جنگ جهانی دوم توسط مهاجری استرالیایی دکتر Rudolf Kompfner هنگامی که برای نیروی دریایی بریتانیا^۴ روی لامپهای میکروویوی کار می کرد اختراع شد.

TWT در طی جنگ استفاده نشد و به عنوان یک وسیله تحقیقاتی آزمایشگاهی باقی ماند تا اینکه اولین لامپ عملی توسط J.R.Pirce، L.M.Field در آزمایشگاههای تلفن بل^۱ (BTL) در سال ۱۹۴۵ توسعه یافت. نتایج اولیه در IRE Transactions در فوریه ۱۹۴۷ چاپ شد.

در این بین سرویسهای نظامی کاربردهای بالقوه ای در ذهن داشتند نظیر رادار و ECM^۲. توسعه رادار در طی جنگ جهانی دوم به سرعت با توسعه تکنیکها ECM برای فریب دادن و پارازیت دادن به رادار دنبال شد. بسیاری از این تکنولوژی های پیشرفته در Aircraft Hughes Company انجام شد. در اواخر سالهای دهه ۱۹۵۰ در حالیکه مطمئن بودند که در آینده TWT جزء کلیدی تعدادی از کاربردها خواهند بود گروه کوچکی از دانشمندان،

1. Triode

2. Transit

3. Croos - field

4. British Admirality

1. Bell Telephone Labratories

2. Electronic Counter Measure

مهندسان و تکنسینهای مجرب که در تحقیقات TWT شرکت کردند این شرکت به یک
تشکیلات تبدیل شد. این تشکیلات بعداً (EDD) Electron Dynamic Devices
نامیده شد و شهرتی تثبیت شده به عنوان رهبر توسعه و تولید TWT های نظامی و تجاری و
TWTA ها و زیر سیستمهای وابسته دارد .

علاوه بر کاربردهای راداری ، برخی از موفقیتهای TWT های Hughes ، کاربردهای فضایی
بود .

TWT های فضایی Hughes در تحقیقات علمی و کاربردهای مخابراتی به کار برده می شوند

۲-۲- اجزای یک TWT

همه TWT ها دارای چهار قسمت اصلی هستند .

- تفنگ الکترونی که پرتو الکترونی پر تراکم تولید می کند .
- مدار مایکروویوی موج آهسته^۱ که انرژی الکترو مغناطیسی موج رونده را که با آن پرتو الکترونی می تواند اندرکنش کند پشتیبانی می کند .
- کلکتور که پرتو الکترونی باقی مانده را که از مدار موج آهسته بوجود می آید جمع می کند

1. Slow - Wave

- جعبه TWT که نقاط اتصال به سیستم مورد استفاده را فراهم می کند ، TWT را به خاطر قدرت هدر رفته در آن سرد می کند . و در بعضی موارد یا قسمتی از ساختار تمرکز پرتو را احاطه می کند .

طراحی TWT از نیازمندیهایی برای فراهم کردن مقادیر معین بهره و قدرت در یک باند فرکانس معین سرچشمه می گیرد . طراحی نهایی TWT معمولاً از یک آنالیز مقایسه ای منتج می شود که این آنالیز شامل ملاحظات است که شامل منبع تغذیه (power supply) و اتصال TWT و سیستم به کار رفته می باشد . این ملاحظات منجر به بده بستانهایی می شود که بر هر یک از زیر قسمتهای اصلی TWT اثر می گذارد . این ملاحظات به شرح زیر هستند :

- نوع مدار موج آهسته به کار برده شده در مواجهه با نیازمندیهای قدرت و پهنای باند شامل انتخاب ولتاژ و جریان کاتد به کار برده شده در مواجهه با آن نیازمندیها .

مهم است که متذکر شویم که اندازه دمای بالاتر و قابلیت قدرت خروجی بزرگتر از مقدار فراهم از TWT های که مدار helix دارند باعث می شود که اندازه و وزن افزایش یابد .

- روش به کار گرفته شده برای متمرکز کردن پرتو الکترونی

- روش به کار رفته برای تغییر جریان پرتو شامل روش به کار رفته برای روشن و خاموش کردن TWT و هر مدولاسیون مورد نیاز در طی عملکرد TWT .

- نیازمندیهای طول عمر کاری .

- شرایط محیطی که تحت آن TWT کار خواهد کرد . (فشار محیط ، دمای محیط ، سطوح شوک و ارتعاش و غیره)

- نوع سرمزایی

- محدودیتهای اندازه و وزن

- هزینه

۳-۲- اساس عملکرد TWT

به خاطر اینکه مفاهیم آشنایی تئوریک مدار در فرکانسهای میکروویوی پاسخگو نمی باشد لازم است که شرح دادن میدانهای الکتریکی و مغناطیسی که در امواج الکترومغناطیسی وجود دارند

از تئوری الکترومغناطیسی استفاده شود. ریزموجها^۱ بسیاری از خواص نور مرئی را از خود نشان می دهند: (۱) این امواج در راستای مستقیم با سرعت نور حرکت می کنند و فقط به مقدار اندکی توسط اتمسفر زمین منکسر می شوند و (۲) این امواج می توانند به صورت پرتوهای باریک متمرکز شوند که این پرتوها وقتی به یک سطح هادی برخورد می کنند به طور کامل منعکس می شوند. این خواص باعث می شوند که ریز موج برای رادار و سیستمهای مخابراتی مفید هستند. از زمان اختراع TWT شکل اصلی آن کم تغییر کرده است، اگر چه کاربرد این ابزار امروزه بسیار بهتر است.

تقویت کنندگی TWT با فرستادن یک موج RF الکترومغناطیسی به داخل یک ساختار منتشر کننده که در مجاورت یک پرتو الکترونی قرار دارد بدست می آید.

در سمت چپ شکل بالا یک تفنگ الکترونی وجود دارد. وقتی کاتد گرم می شود یک جریان الکترونی پیوسته ساعت می کند. این الکترونها به یک دهانه در آند کشیده می شوند و سپس توسط یک میدان مغناطیسی به صورت یک پرتو دیواره استوانه ای متمرکز می شوند. بدین طریق پرتو در داخل ساختار موج آهسته حرکت می کند^۱. سرانجام الکترونها جمع شده و انرژی جنبشی آنها به شکل گرما در کلکتور تلف می شود.

در همین زمان که پرتو الکترونی استوانه ای شکل در طول محور لامپ حرکت می کند. سیگنال RF برای تقویت شدن به داخل ساختار موج آهسته که در این مورد سیم مارپیچی که helix نامیده می شود، است تغذیه می شود. انرژی RF در طول سیم helix با سرعت نور

1. Microwaves
1. Slow – Wave Structure

حرکت می کند . با این وجود ، به دلیل مسیر مارپیچی انرژی را که در طول محور لامپ با سرعتی به طور چشمگیر کمتر پیش می رود می توان به طور مقدماتی با محیط و قطر helix تعیین کرد .

سرعت فاز موج RF (سرعتی که به نظر می رسد با آن جبهه فاز انرژی در طول لامپ حرکت می کند) کمی آهسته تر از سرعت پرتو الکترونی است . این سنکرونیسم نزدیک از اندرکنش پیوسته بین پرتو الکترونی و سیگنال RF منتج می شوند . برخی از الکترونها در پرتو توسط میدان RF آهسته می شوند در حالیکه دیگر الکترونها شتاب می گیرند .

همانطور که الکترونیایی که مدولاسیون سرعت شده اند از helix پایین می روند دسته هایی را شکل می دهند . این دسته ها به نوبت سبقت می گیرند و با موج RF آهسته تر helix اندرکنش می کنند و انرژی جنبشی را به موج در helix تحویل می دهند . نتیجه این کار تقویت فزاینده سیگنال RF است . TWT های تکی با بهره قدرتی بیشتر از ۱۰۰۰۰۰۰ (dB) ۷۰ ساخته شده اند .

۲-۴- کنترل پرتو

تفنگ الکترونی تا اندازه ای شبیه لنز پروژکتور عمل می کند . هدف بدست آوردن جریان الکترونی هر چه بیشتر در حد امکان است که در داخل پرتو متمرکز شده بدون اغوجاج جاری می شوند . طراحی خوب تفنگ بینهایت مهم است چون تفنگ منبع الکترونیهای پرتو است . بسیاری از تفنگهای TWT همچنین شامل شبکه های کنترل یا الکترودهای کنترل هستند که اینها پرتو الکترونی را به سرعت شروع یا قطع می کنند . مدولاسیون پرتو ولتاژ بسیار کمتری نیاز دارد نسبت به اینکه تنها ولتاژ کاتد مدوله شود .

تفنگ با شبکه کنترل شش قسمت اصلی دارد :

- بدنه تفنگ یا ساختار حمایت کننده که معمولاً سرامیک یا سرامیک با فاز لحیم شده است

- گرم کننده

- کاتد یا فرستنده الکترون

- شبکه کنترل

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

- الکتروود کانونی برای کمک به تشکیل درست پرتو الکترونی
- آند که به طور مؤثرتری میدان شتاب دهنده الکترونها را فراهم می کند .

شکل بالا یک تفنگ را به طور مقطعی نشان می دهد . طول عمر و قابلیت اعتماد تولیدات به مقدار زیادی وابسته به طراحی و نوع ماده به کار رفته در کاتد است . انواع مختلفی از مواد کاتدی به عنوان ساع کننده های الکترون به کار برده می شوند . اما عموماً دو نوع استاندارد دارند . اولین ماده یک نوع اکسید است که از نیکل و روکش باریوم / استرانسیوم تشکیل شده است . نوع دوم نوع پخش کننده است که یک بدنه که از ماده تنگستن منفذدار تشکیل شده است با مخلوط باریوم ، کلسیم و ترکیبات آلومینیوم پر شده است .

مواد پر شده به سطح ساع شدن می روند ، باریوم و دیگر مواد فعال پخش می شوند تا ماده ای که در طول عملیات تبخیر از دست رفته است دوباره تکمیل شود .

۵-۲- تغییر در ساختار موج آهسته

اگر چه انواع زیادی ساختار موج آهسته وجود دارد بیشترشان بر پایه طراحی اصلی helix توسط komphner می باشد . Helix هنوز بر پهنای باندترین ساختار در دسترس است . شکل زیر قسمتهای اصلی helix TWT از جنس فلز - سرامیک را نشان می دهد .

1. Slow – Wave Structure

www.kandoo.cn.com

www.kandooon.com

۲-۶- لامپهای TWT - Cavity - Coupled

www.kandooon.com

www.kandooon.com

ساختار TWT - Cavity - Coupled که در بالا نشان داده شد ، زوج حفره های رزونانسی را برای آهسته کردن مؤثر انرژی RF به کار می برد . ساختارهای Coupled - Cavity اصلی پهنای باندهای فرکانسی ۱۰ تا ۱۵ درصد را فراهم می کند . روشهایی برای افزایش پهنای باند ۴۰ درصد و بیشتر بوجود آمده است . TWT هایی که از این مدار استفاده می کنند چند صد کیلو وات پیک قدرت در باند S تا باند Ku با بهره ۶۰ dB تولید می کنند .

۲-۶-۱- توصیف فیزیکی

کلمه Coupled - Cavity به این معناست که عمل Coupling با یک شیار بلند که قویاً موج مغناطیسی را در حفره های کناری کوپل می کند انجام می شود ، به طوریکه باند عبور مدار اساساً تابعی از یک متغیر است . شکل زیر دو مدار Coupled Cavity را نشان می دهد که بیشتر در لامپهای TWT مورد استفاده قرار می گیرند .

www.kandooon.com

دو نوع مدار $Coupled - Cavity$ در TWT ها وجود دارد . نوع اول شامل مدارهای $Forward - wave$ است که به طور طبیعی برای کاربردهای پالسی که حداقل نیم مگاوات پیک قدرت نیاز است به کار برده می شود . این مدارهای $Coupled - Cavity$ اندوکتانس کاپلینگ متقابل منفی در بین حفره ها از خود نشان می دهند و نوع دوم اولین مدار $Space - harmonic$ است که کاپلینگ متقابل بین حفره ها مثبت است این مدارها با اولین هارمونیک فاصله ای کار می کنند و عموماً برای کاربردهای پالسی یا موج پیوسته (CW) با قدرت خروجی از یک تا چند صد کیلو وات استفاده می شود .

۲-۶-۲- اصول کار $Coupled - Cavity$ TWT

$Coupled - Cavity$ مشخصه اش مثل فیلتر میان گذر است . وقتی که زاویه شیار (θ) شکل زیر بزرگتر از 180° شود باند عبور به حدود عملی خود نزدیکتر می شود .

لامپ drift توسط قسمت reentrant حفره تشکیل می شود همانطور که در مورد کلایسترون داشتیم در طی اندرکنش میدان RF و پرتو الکترونی در TWT تغییر فازی بین حفره ها اتفاق می افتد که به صورت تابعی از فرکانس است. اگر اندوکتانس متقابل شیپار کوپلینگ مثبت باشد مشخصه فاز کاهش می یابد در حالیکه اگر اندوکتانس متقابل شیپار منفی باشد مشخصه فاز افزایش می یابد.

مدار معادل Coupled - Cavity توسط Curnow طرح شده است که در شکل زیر نمایش داده شده است.

در این شکل اندوکتانسها برای نشان دادن جریان و خازنها برای نشان دادن میدانهای الکتریکی حفره ها به کار برده شده است. این مدار را می توان ساده تر کرد. تلفات در حفره ها را می توان تقریباً با اضافه کردن مقاومت به طور سری با اندوکتانس مدار محاسبه کرد.

۳-۶-۲- تولید Coupled - Cavity TWT های جدید

Coupled - Cavity TWT راه حل تکنولوژیکی ایده آل برای سیستمهایی است که به پیک قدرت و قدرت متوسط RF در پهنای باند ۵ تا ۱۰٪ نیاز دارند. این نوع تقویت کننده

RF در اغلب رادارهای سطح زمین و هوایی و همچنین در سیستمهای مخابرات موج میلیمتری پر قدرت مورد نیاز است. بر اساس اینکه فرکانس کار و محدوده قدرت چه مقدار است انواع مختلفی از ساختارهای RF، ۱۰۰٪ فلزی به کار برده می شود.

تولیدات TED^۱ طیف فرکانسی از ۳ GHZ (باند S) تا ۹۴ GHZ (باند W) را پوشش می دهند. در مد عمل پالسی برای کاربردهای راداری لامپهای شرکت TED به قدرت MW ۱ و قدرت متوسط ۲۰ KW در باند S، پیک قدرت ۱ KW و قدرت متوسط ۳۰۰ W در باند Ka و پیک قدرت ۱ KW و قدرت میانگین ۱۰ W در باند W رسیده است. پهنای باند از ۲ تا ۱۲٪ تغییر می کند. برای موج پیوسته (کاربرد مخابراتی) شرکت TED تقویت کننده هایی تولید کرده است که در باند Q (۴۳/۵ تا ۴۵/۵ GHZ) ۲۵۰ تا ۴۰۰ وات قدرت دارد.

Coupled – Cavity TWT ساختار بی نهایت نیرومندی دارد که نشان از قابلیت اطمینان فوق العاده حتی در شدیدترین محیطهای مکانیکی و آب و هوایی است. به عنوان مثال لامپهای شرکت TED در رادارهای Mirago 2000، جنگنده های EFA، Refale، سیستمهای دفاع هوایی Arabel و Goalkeeper روی ناوهای محافظ^۲ و ناوهای هواپیمابر و جوینده ها در باند Ku، Ka برای موشکها مورد استفاده قرار گرفته است.

1. Thales Electron Devices
2. Frigate

۱-۳-۲- Coupled – Cavity TWT های شرکت TMD

	حد اقل بهره	Duty cycle	پیک قدرت	فرکانس
	dB	Max	KW	GHZ
(Forced Air Cooking)	۵۰	۰/۰۲۳	۵۰	۲/۷ – ۳/۱
(Liquid Cooling)	۵۰	۰/۰۳۷	۱۲۵	۲/۷ – ۳/۱
(Liquid Cooking)	۵۰	۰/۰۲	۵۰	۵/۴ – ۵/۹
(Liquid Cooking)	۵۰	۰/۰۱	۵۰	۹/۶ – ۹/۸
(Forced Air Cooking)	۵۶	۰/۰۲	۱۵	۹/۶ – ۹/۹

TED -۲-۶-۳-۲ Coupled - Cavity TWT های شرکت

باند	فرکانس	پیک قدرت	بهره اشباع حداقل	Duty cycle
	GHZ	خروجی حداقل	dB	
		KW		
X	۸/۹ - ۹/۵	۳۰	۵۸	۰/۰۰۸۴
X	۹ - ۹/۲	۳۰	۶۰	۰/۰۰۸۴
X	مشخصات طبقه	مشخصات طبقه	۴۶	مشخصات طبقه
X	۹/۶ - ۸/۵	شد ۱۰۵	۵۲ بندي شد ۵	۰/۰۳۳
Ka	۳۴ - ۳۶	۰/۹	۴۰	۰/۱۲

Litton -۲-۶-۳-۳ Coupled - Cavity TWT های شرکت

CC TWT های شرکت Litton شامل لامپهای پالسی و موج پیوسته می شوند که قادرند تا چندین کیلو وات قدرت میکروویوی برای رادار تقویت کنند.

CC TWT های این شرکت هم اکنون در کاربردهای هوایی، دریایی و زمینی شامل، F15، F14، GPN-22، P-3، S-3، B-IB، F16 مورد استفاده قرار می گیرند.

محدوده فرکانسی تا ۲۰ GHZ

پهنای باندهای گسسته ۲٪ تا ۵۰٪

قدرت خروجی ۱ KW تا ۲۰۰ KW

فرکانس	حداقل پیک قدرت	Duty cycle	بهره اشباع
GHZ	KW	Max %	dB

۵۱	۱/۶	۱۷/۵	۸/۸ - ۹/۳
۴۷	۵	۱۵	۹/۵ - ۱۰/۱
۳۵	۵۰	۱/۵	۹/۵ - ۹/۱
۵۹	۳	۴۰	۹/۸ - ۱۰/۳
۲۹	۲۴	۴	۹/۹ - ۱۰/۲
۵۰	۱/۵	۲۵	۹/۴ - ۱۰
۵۷	۳/۵	۱۵	۹/۵ - ۹/۹
۵۳	۱	۵۰	۹/۴ - ۱۰
۵۸	۱/۵	۲۰	۹/۷ - ۹/۹
۵۷	۶	۲۰	۹/۶ - ۱۰/۲
۵۴	۱	۵۰	۹/۴ - ۱۰
۴۹	۵	۱۵	۱۳/۴ - ۱۴
۵۰	۲۵	۳/۵	۱۶/۲ - ۱۶/۷
۵۴	۰/۱۳	۴۵	۱۶/۱ - ۱۶/۹

۴-۳-۶-۲- یکی از تولیدات CC TWT شرکت TMD

این لامپ یک تقویت کننده در باند S است. پیک قدرت ۵۰ KW با ۲/۴% duty cycle و حداقل بهره dB دارد. این لامپ در محدوده فرکانسی ۳۰۵۰ - ۲۷۵۰ کار می کند.

۷ - ۲ - لامپهای Helix TWT

چون Kompfner لامپ مارپیچی را در سال ۱۹۴۴ اختراع کرد مدار اصلی کمی تغییر کرده است. برای کاربردهای باند وسیع، لامپ مارپیچی تقریباً منحصرأ مورد استفاده قرار می گیرد. قبل از شروع به شرح TWT مناسب است که اصول عملکرد بنیادی TWT و کلاسترون را مقایسه کنیم. در مورد TWT، مدار میکروویوی غیر نوسانی است و موج با همان سرعتی که الکترونها در پرتو دارند منتشر می شود. اثر اولیه روی پرتو، اعمال کم مدولاسیون سرعت است که توسط میدانهای الکتریکی ضعیف که در TWT وجود دارند صورت می گیرد. در حالیکه در کلاسترون این مدولاسیون سرعت بعداً به مدولاسیون جریان تبدیل می شود که سپس جریان RF را در مدار القا می کند که باعث تقویت کنندگی می شود.

در هر حال چند تفاوت مهم بین TWT و کلاسترون وجود دارد:

(۱) اندرکنش پرتو الکترونی و میدان RF در TWT در بقیه طول مدار ثابت است اما اندرکنش در کلاسترون فقط در شکافهای چند حفره رزونانسی اتفاق می افتد.

(۲) موج در TWT یک موج منتشر شونده است اما در کلاسترون این طور نیست.

(۳) در CC TWT یک اثر کوپلینگ^۱ بین حفره ها وجود دارد در حالیکه هر حفره در کلاسترون به طور مستقل عمل می کند.

Helix شامل یک پرتو الکترونی است و یک ساختار موج آهسته. پرتو الکترونی توسط یک میدان مغناطیسی ثابت که در طول پرتو الکترونی و ساختار موج آهسته اعمال می شود متمرکز می شود.

ساختار موج آهسته یا به صورت خط مارپیچی است یا به صورت خط تا خورده. سیگنال در اطراف دورهای helix منتشر می شوند و یک میدان الکتریکی در مرکز helix تولید می کنند که در راستای محور helix است. میدان الکتریکی محوری با سرعتی که بسیار نزدیک

1. Coupling

به حاصلضرب سرعت نور در نسبت فاصله مارپیچ به محیط دایره آن می باشد پیش می رود . وقتی که الکترونها وارد لامپ مارپیچی می شوند اندرکنشی بین میدان الکتریکی محوری متحرک و الکترونهای در حال حرکت رخ می دهد . به طور متوسط ، الکترونها انرژی را به موج در helix تبدیل می کنند . این اندرکنش باعث می شود که موج سیگنال تحت تأثیر قرار نمی گیرند ، آن الکترونها می که در میدان تند شونده وارد helix شوند شتاب می گیرند و آنهایی که در میدان کند شونده وارد مارپیچ شوند حرکتشان کند می شود . همانطور که الکترونها بیشتر در طول مارپیچ حرکت می کنند در کلکتور دسته می شوند . عمل دسته شدن فاز را به اندازه 2π / شیفیت می دهد . هر الکترون در دسته با یک میدان کاهنده قوی تری روبرو می شود . سپس انرژی میکروویوی الکترونها توسط دسته الکترون به موج داخل helix تحویل داده می شود . تقویت موج سیگنال انجام شده است .

شرکت های سازنده Helix TWT بر پایه تکنولوژی اثبات شده در همه اجزای TWT نیازمندیهای کلیدی این کاربردها را فراهم کرده اند نظیر وزن سبک ، پهنای باند وسیع ، قدرت فراهم در باند ، اعوجاج RF کم ، راندمان بالا ، طول عمر زیاد و قابلیت اعتماد در تحت همه شرایط . در آخرین TWT های فضایی مبادلات گرمایی پیشرفت کرده است بدین وسیله که کلکتورها با استفاده از تابش گرما در فضا سرد می شوند . این لامپها طیف فرکانسی از باند L تا

V را پوشش می دهند و در مخابرات سخن پراکنی و ماهواره های مشاهده زمینی و همچنین در فضا به کار برده می شوند .

۱-۷-۲- Helix TWT های شرکت TED

Duty cycle	بهره اشباع	پیک قدرت خروجی	فرکانس	باند
Max	min.dB	min. KW	GHZ	
۰/۳۰	۴۷	۶	۲/۸۵ - ۳/۴	S
۰/۰۳	۴۷	مشخصات طبقه بندی شده	مشخصات طبقه بندی شده	S
CW	۴۰	۰/۲۵	۴/۷۵ - ۵/۲۵	C
۰/۰۱۵	۴۶	مشخصات طبقه بندی شده	مشخصات طبقه بندی شده	C
۰/۰۷۵ (سرد	۵۶	۲	۱۶-۱۷	Ku
شده با مایع)				
۰/۰۶ (سرد	۵۶	۴	۱۵-۱۷	Ku
شده با هدایت)				
۰/۰۳	۶۲	۲	۱۵ - ۱۶	Ku
۰/۰۴	۴۰	۱/۲۵	۱۵/۱۸	Ku
۰/۴	۴۷	۰/۱۴	۳۳/۵ - ۳۵	Ka
		پیک قدرت		باند
Duty cycle	بهره اشباع	قدرت متوسط	خروجی min.	فرکانس
%Max	min. dB	W	KW	GHZ

۳	۴۲	۶۰۰	۲۰	۵/۴ - ۵/۹	C
۴	۴۳	۸۰۰	۲۰	۸/۵ - ۱۰/۵	X
۵	۴۰	۴۰۰	۸	۹ - ۱۰/۳	X
۶/۲۵	۳۵	۲۲۰	۳/۵	مشخصات طبقه	X

بندی شده

۲-۷-۲ Helix TWT های شرکت Litton

۲-۷-۲-۱ Helix Pulsed TWT

فرکانس GHZ	قدرت KW	Duty cycle %	بهره dB
---------------	------------	-----------------	------------

۷/۵-۱۸	۱	۶	۵۰
--------	---	---	----

۶/۵-۱۸	۱/۵	۶	۴۵
--------	-----	---	----

۸/۵ - ۱۰/۵	۲	۶	۶۰
------------	---	---	----

۹ - ۱۰	۸	۵	۶۰
--------	---	---	----

۷/۵ - ۱۶/۵	۱/۳	۴	۴۵
------------	-----	---	----

۹ - ۱۰	۴	۶	۵۰
--------	---	---	----

۱۲/۵ - ۱۳	۱۲	۰/۵	۵۰
-----------	----	-----	----

۶ - ۱۸	۱۰۰۰ W	۵	۴۰
--------	--------	---	----

۱۶ - ۱۷	۳	۵	۶۰
---------	---	---	----

۲-۷-۲-۲ Helix Ring Loop TWT

فرکانس	قدرت	Duty cycle	بهره
--------	------	------------	------

dB	%	KW	GHZ
۴۶	۰/۰۱	۲۰	۲/۱ - ۲/۶
۶۰	۳/۵	۸	۸/۷ - ۹/۴
۵۰	۴	۵	۱/۲ - ۱/۴
۴۰	۴	۲	۳/۱ - ۳/۵

Helix Continuous wave TWT -۲-۷-۲-۳

به‌ره dB	قدرت W	فرکانس GHZ
۳۰	۵۰۰	۱/۸ - ۳/۶
۳۸	۵۰۰	۲/۵ - ۷/۵
۴۰	۱۲۵	۷/۵ - ۱۸
۴۰	۱۵۰	۶/۵ - ۱۸

High Power RING - LOOP TWT -۲-۸

تقویت کنندگی
تا چندین کیلو وات
محدوده فرکانسی
از باند D تا J
پیک قدرت
۳ تا ۲۰ کیلو وات
Duty cycle
۳/۵٪ تا ۱۵٪

بهره Min.dB	Duty cycle Max	پیک قدرت KW	فرکانس GHZ
۶۰	۰/۰۲	۸	۸/۵ - ۹/۵
۶۰	۰/۰۶	۳	۸/۵ - ۹/۶
۶۰	۰/۰۴	۳/۷۵	۸/۵ - ۹/۹۵
۶۰	۰/۰۳۵	۶	۸/۶ - ۹/۶
۶۰	۰/۰۶۵	۳	۹/۵ - ۱۰/۵

Pulsed TWT -۲-۹

Duty cycle	قدرت KW	فرکانس GHZ
۴	۱	۱-۲
۶	۱/۵	۲-۴
۶	۲	۴-۸
۶	۱/۵	۸-۱۲
۶	۲	۱۲-۱۸
۵۰ - cm	۰/۲	۰/۸ - ۲/۸
۵۰ - cm	۰/۲	۲-۸
۵۰ - cm	۰/۲	۸-۱۸
۶	۱	۱-۲/۵
۶	۱/۵	۲-۸
۶	۱/۵	۶/۵-۱۸
۲	۵	۱/۲-۱/۴

۲/۵	۱۰	۳-۴
۰/۳	۴۰	۹/۲-۹/۹
۱۰	۴	۹-۱۰
۵	۸	۹-۱۰
۱۰۰	۲۰	۳۳-۳۶

۱۰-۲- CRIDDED – CONTROL های پر قدرت

لامپهای COUPLED – Cavity موج رونده ادواتی هستند که بیشترین کاربرد را در تقویت کننده های فرکانسهای مایکروویو با بهره بالا ، قدرت بالا ، کارایی بالا و پهنای باند بالا دارند .

TWT های پر قدرت چهار قسمت اصلی دارند : تفنگ الکترونی برای انتشار الکترون ، ساختار موج آهسته برای بر هم کنش مؤثر پرتو ، مدار مغناطیسی برای متمرکز کردن پرتو و ساختار کلکتور برای جمع کردن پرتوهای الکترونی و از بین بردن انرژی گرمایی .

اجرای فیزیکی یک لامپ Coupled Cavity موج رونده شامل یک گسیلگر الکترون ، یک شبکه سایه ای ، یک شبکه کنترل ، یک آند مدوله کننده ، یک مدار Coupled Cavity ، یک مدار مغناطیسی سلونوئیدی و یک ساختار جمع کننده می باشد .

بعد از اینکه الکترون ها از کاتد گسیل می شوند به دلیل نیروی دافعه الکترونی، پرتو الکترونی تمایل دارد که پراکنده شود. به عبارت دیگر، پرتو الکترون باید برای اندرکنش مؤثر با مدار موج آهسته به اندازه کافی کوچک باشد. معمولاً قطر پرتو الکترونی کمتر از یک دهم طول موج سیگنال می باشد. لامپهای پر قدرت **Coupled Cavity** موج رونده برای کنترل کردن پرتو الکترون از تکنیک شبکه ای سایه ای استفاده می کنند. بنابراین این وسیله لامپ شبکه ای موج رونده یعنی **GTWT**¹ نامیده می شود. همانطور که در شکل نشان داده شده است گسیلگر الکترون **GTWT** دو الکتروود کنترلی دارد: یک شبکه سایه ای نزدیک کاتد و یک شبکه کنترلی که کمی دورتر از کاتد قرار دارد. شبکه سایه ای که در پتانسیل کاتدی قرار دارد و بین کاتد و شبکه کنترلی قرار گرفته است از انتشار الکترونی از قسمتهایی از کاتد که ممکن است **interception** در شبکه کنترلی را افزایش دهند جلوگیری می کند. شبکه کنترلی که در پتانسیل مثبت قرار دارد پرتو الکترونی را کنترل می کند. این شبکه ها می توانند قدرت زیاد پرتو را، بیشتر از آنچه که در حالت دیگر ممکن است کنترل کنند.

1. Gridded Traveling Wave Tube

به طور عمومی ، یک تکنیک مدولاسیون آندی معمولاً در لامپهای پر قدرت به کار می رود تا پالس ولتاژ کمتر پرتو ناپایدار را حذف کند و نیازهای قدرت مدولاتور را برای خروجی پالس پر قدرت کاهش دهد . در لامپهای شبکه ای موج رونده مدولاتور با یک ولتاژ رگوله شده شبکه مثبت نسبت به کاتد به کار افتد و پرتو الکترونی را برای تقویت RF ایجاد کند . ولتاژ بایاس رگوله نشده منفی شبکه نسبت به کاتد برای قطع کردن پرتو الکترونی به کار می رود . بنابراین مدولاتور آند به صورت یک سوئیچ پالس برای پرتو الکترونی لامپ شبکه ای موج رونده عمل می کند .

آند تفنگ الکترونی در ولتاژی بالاتر از ولتاژ ساختار موج آهسته کار می کند تا اینکه از یونهای مثبت که توسط پرتو الکترونی در ناحیه ساختار موج آهسته تشکیل شده اند در حرکت به سمت کاتد کم توان شوند و آن را بمباران کنند جلوگیری شود .

۳- گایروترونهای پالس طولانی و CW

گایروترونها در فرکانس خیلی بالا کار می کنند . این اسیلاتورهای پر قدرت در اصل برای کاربردهای علمی به کار برده می شوند . اگر چه از نظر تکنولوژی به کلایسترونها شبیه هستند اما از الکترومگنتهای ابر رسانا می کنند همچنین قسمت خروجی مخصوصی دارند (دیسک دو گانه ، سرد کننده مایع نیتروژن ...) چون پیشرفت اولیه این لامپها در اوایل دهه ۱۹۸۰ بود با فهمیدن چگونگی فرایند ساخت گایروترون و تکنولوژی تست کردن آن پیشرفتهای قابل ملاحظه ای صورت گرفته است . به عنوان مثال در فرکانس ۸ GHZ گایروترونهای شرکت TED پالسهای با قدرت ۱ MW در ۱ ثانیه دارند و امروز گایروترون TH1506 قادر است قدرت ۵۰۰ KW را در فرکانس ۱۱۸ GHZ برای یک دوره از ۵ ثانیه تا چندین دقیقه ارائه

دهد. گایروترونها استفاده از یک مدار موج سریع^۱ که در آن میدانهای الکتریکی می توانند حتی در فاصله های زیاد از ساختار مدار کاملاً بزرگ باشند و چون از مدهای مرتبه بالاتر استفاده می کند اندازه ساختار مدار می تواند به طور قابل ملاحظه ای بزرگتر از طول موج موج تولید شده باشد. این ساختار به گایروترون باید با میدان الکتریکی موج سریع که بر راستایی که پرتو و موج حرکت می کنند عمود است اندرکنش کند. برای ممکن ساختن این عمل یک میدان مغناطیسی dc به سیستم داده می شود. که باعث می شود الکترونها در مسیرهای مارپیچی جریان پیدا کنند. فرکانس حرکت دورانی الکترون با میدان مغناطیسی متناسب است و یک وابستگی نسبی به سرعت الکترون دارد. در نتیجه اگر فرکانس سیکلوترون^۱ الکترون به فرکانس مد حفره رزونانسی نزدیک باشد.

دسته شدن عمودی پرتو رخ می دهد. با دسته شدن پرتو مقدار قابل توجهی انرژی از پرتو الکترونی به مد تحریک شده منتقل می شود.

گایروترونها به صورت اسیلاتورها به کار برده می شوند اگر چه از گایروترونها در ترکیب با کلاسترون و مدار TWT استفاده شده که تقویت کننده های گایروکلاسترون و گایرو TWT بوجود آمده است.

کاربردهایی که نیاز به فرکانسهای بالا و سطوح قدرت بالا دارند ممکن است از قابلیت های گایروترون سود ببرند.

۱-۳- پیشرفت های اخیر در تقویت کننده های گایروکلاسترون^۲ موج میلیمتری در NRL^۳ تقویت کننده هایی که بر اساس رزونانس سیکلوترونی الکترونی یا اندرکنش گایروترونی کار می کنند قادر هستند که پیک قدرت بالا و قدرت متوسط بالا در باند موج میلیمتری تولید کنند. این وسایل برای انواع کاربردها در رادارهای موج میلیمتری و به عنوان

1. Fast Wave
1. Cyclotron
2. Gyroklystron
3. Naval Reserch Labrarory

درایور شتاب دهنده های RF فرکانس بالا مورد توجه هستند . در فرکانس ۳۵ GHZ یک وسیله دو حفره ای تا پیک قدرت ۲۱۰ KW را با راندمان ۳۷٪ و پهنای باند ۰/۶٪ تولید می کند . در فرکانس ۹۳ GHZ گایرو کلايسترونهای چهار حفره ای قدرت ۶۷ KW را با پهنای باد ۴۶۰ MHZ قدرت ۶۰ KW را با پهنای باند ۶۴۰ MHZ تولید می کند .

۳-۲- WARLOC رادار جدید پر قدرت ۹۴ GHZ

این رادار به عنوان یک رادار قابل حمل و نقل یعنی سیستمی که روی دریا ، یا روی زمین قابل کاربرد است می باشد . این رادار با استفاده از یک گایروکلايسترون پر قدرت ، خط انتقال شبه نوری و اجزاء دوپلکسر ، یک آنتن Cassegrain ، گیرنده و پردازشگر سیگنال ساخته شده است .

در مقایسه با سیستمهایی که در فرکانسهای مادون قرمز یا مرئی کار می کنند رادار مرئی کار می کند رادار موج میلیمتری دارای فایده ارزشمند برای عمل در هوای ابری ، مهی ، و دودی می باشد .

WARLOC پارامترهای مهم رادار

فرکانس ۹۳-۹۵ GHZ

پهنای باند ۶۰۰ MHZ

پیک قدرت ۸۰ KW

قدرت متوسط ۱۰ KW