অধ্যায়-১ মাইক্রোওয়েভ

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। চারটি মাইক্রোওয়েভ কম্পোনেন্টের নাম লেখ।**

বাকাশিবো - ২০০৬, ১০, ১৬'পরি, ২৩, ২৪'পরি

উত্তর ঃ চারটি মাইক্রোওয়েভ কম্পোনেন্ট নিম্নে হলো ঃ

i) ওয়েভগাইড। ii) ক্যাভিটি রেজোনেটর।

iii) আইসোলেটর। iv) ডিরেকশনাল কাপলার।

***** ২। মাইক্রোওয়েভ বলতে কী বোঝায়?**

বাকাশিবো- ২০০৩, ০৬, ০৯, ১০, ১১, ১২, ১৫'পরি, ১৭, ২২, ২৩, ২৪

উত্তর ঃ মাইক্রোওয়েভ বলতে সাধারণত ক্ষুদ্র তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ইলেকট্রোম্যাগনেটিক সিগন্যালকে বোঝায়।

***** ৩। মাইক্রোওয়েভ ফ্রিকোয়েন্সি রেঞ্জ সাধারণত কত?**

বাকাশিবো- ২০০৬, ১২, ১৩, ১৪, ১৫'পরি, ১৮, ১৮'পরি, ২১, ২৪'পরি

উত্তর ঃ মাইক্রোওয়েভ ফ্রিকোয়েন্সি রেঞ্জ সাধারণত 0.3 - 300 GHz পর্যন্ত হয়, তবে বাস্তব ক্ষেত্রে এটি 100 GHz পর্যন্ত ব্যবহার করা হয়।

**** ৪। মাইক্রোওয়েভে U ব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত?** বাকাশিবো- ২০২০

উত্তর ঃ মাইক্রোওয়েভে U ব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ হলো 0.3 - 3 GHz।

***** ৫। চারটি মাইক্রোওয়েভ অ্যান্টেনার নাম লেখ।** বাকাশিবো- ২০২২

উত্তর ঃ চারটি মাইক্রোওয়েভ অ্যান্টেনা নিম্নে হলো ঃ

i) হর্ন অ্যান্টেনা ii) প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টেনা

iii) ফিড অ্যান্টেনা iv) লেন্স অ্যান্টেনা।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। মাইক্রোওয়েভ-এর উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্যগুলো কী কী?**

বাকাশিবো- ২০০৮, ১১, ১২, ১২'পরি, ১৪'পরি, ১৫, ১৬, ১৭, ১৮, ২২, ২৩, ২৩'পরি, ২৪, ২৪'পরি

উত্তর ঃ মাইক্রোওয়েভ হলো উচ্চ কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট এক ধরনের তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ। এর উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্যগুলো নিচে দেওয়া হলো ঃ

i) মাইক্রোওয়েভের ব্যান্ডউইথ অনেক বেশি হওয়ায় অধিক পরিমাণ তথ্য আদান-প্রদান করতে পারে।

ii) এই তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বেশি হওয়ায় এন্টেনার সাইজ অনেক ছোট হয়। ফলে নির্দিষ্ট দিকে তথ্য পাঠাতে পারে।

iii) এটি লাইন অফ সাইট বা সরাসরি পথে চলাচল করে বলে এতে সিগন্যাল ফেডিং হওয়ার সম্ভাবনা কম থাকে।

iv) মাইক্রোওয়েভ পরিচালনায় অপেক্ষাকৃত কম পাওয়ারের প্রয়োজন হয় । ফলে খুব বেশি রিপিটার স্টেশনের দরকার পড়ে না।

v) এটি নির্দিষ্ট দিকে প্রবাহিত হয় বলে সিগন্যালের অপচয় কম হয় এবং উচ্চ গেইন নিশ্চিত করে।

**** ২। কোন কোন কারণে আল্ট্রা-হাই- ফ্রিকোয়েন্সি আউটপুট হ্রাস পেয়ে থাকে?** বাকাশিবো- ২০০৭, ১১, ১৪'পরি, ১৫, ১৫'পরি, ১৮'পরি

উত্তর ঃ আল্ট্রা-হাই- ফ্রিকোয়েন্সি (UHF) ভ্যাকুয়াম টিউবের দক্ষতা কমে যায় এবং আউটপুট হ্রাস পায়। এর প্রধান কারণগুলো নিচে দেওয়া হলোঃ

i) ইন্টার-ইলেকট্রোড ক্যাপাসিট্যান্সের প্রভাব।

ii) লিড ইন্ডাকট্যান্সের উপস্থিতি।

iii) ইলেকট্রনের ট্রানজিট টাইমের প্রভাব।

iv) ক্যাথোড ইমিশন এবং প্লেট হিট ডিসিপেশন এরিয়া।

v) স্কিন ইফেক্ট, রেডিয়েশন এবং ডাই-ইলেকট্রিক লসের কারণে পাওয়ার লস।

***** ৩। 0.5 গিগাহার্টজ ফ্রিকোয়েন্সি বিশিষ্ট একটি তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত হবে?** বাকাশিবো- ২০০৭, ১০, ১৩, ১৬'পরি, ২৪

উত্তর ঃ দেওয়া আছে,

এখানে,

$v = 3 \times 10^{10}$ সেমি/সে

$f = 0.5$ গিগাহার্টজ $= 0.5 \times 10^{9}$ হার্টজ

$\lambda = ?$

আমরা জানি,

তরঙ্গদৈর্ঘ্য $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^{10}}{0.5 \times 10^{9}} = 60$ সেমি

$\therefore$ তরঙ্গদৈর্ঘ্য 60 সেমি

**** ৪। মাইক্রোওয়েভের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, ফ্রিকুয়েন্সি ও বেগের মাঝে সম্পর্ক কী?** বাকাশিবো- ২০০৯, ১২, ১৫

উত্তর ঃ এখানে,

λ = তরঙ্গদৈর্ঘ্য

f = ফ্রিকোয়েন্সি

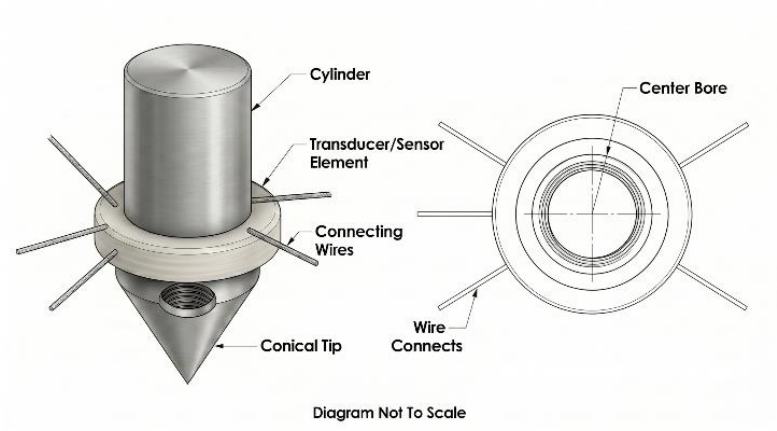
v = ইলেকট্রোম্যাগনেটিক তরঙ্গের বেগ বা আলোর বেগ $= 3 \times 10^{10}$ সেমি/সে

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। চিত্রের সাহায্যে অ্যাকর্ন টিউবের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

বাকাশিবো- ২০১২, ১৯, ২০

উত্তর ঃ চিত্রের সাহায্যে অ্যাকর্ন টিউবের কার্যপ্রণালি নিচে বর্ণনা করা হলোঃ



চিত্র ঃ Acorn Tube

কার্যপ্রণালি ঃ

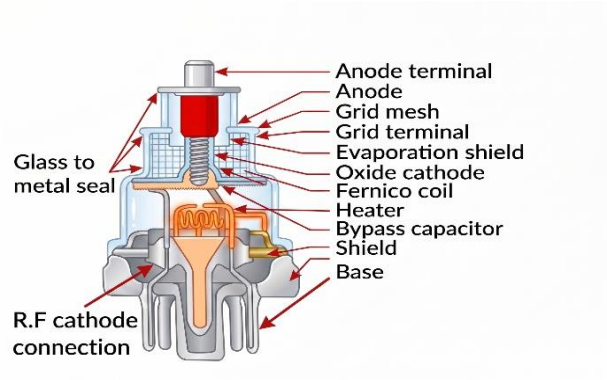
অ্যাকর্ন টিউব হলো খুব ছোট আকৃতির একটি ভ্যাকুয়াম টিউব । উচ্চ ফ্রিকোয়েন্সি সার্কিটে ব্যবহারের জন্য তৈরি করা হয়। এর ইলেকট্রোডগুলোর আকার খুব ছোট থাকে। ফলে প্রচলিত টিউবের তুলনায় অনেক বেশি কার্যকর হয়। অ্যামপ্লিফায়ার এবং কম পাওয়ারের অসিলেটর সার্কিটে এই টিউবটি কাজ করে থাকে। এটি সর্বোচ্চ 1200 মেগাহার্টজ ফ্রিকোয়েন্সি পর্যন্ত সাপোর্ট করতে পারে। এর মূল বিশেষত্ব হলো ইলেকট্রোড বিন্যাস। কিছু ক্ষেত্রে গ্রিড এবং প্লেট লিডগুলো দুই প্রান্ত দিয়ে বের করা থাকে। যার ফলে উচ্চ ফ্রিকোয়েন্সিতে কাজ করার সময় বাড়তি সুবিধা পাওয়া যায়। এভাবে দ্বিপ্রান্তীয় লিড ব্যবহারের ফলে গ্রিড এবং প্লেটের মধ্যকার ইন্টার-ইলেকট্রোড

ক্যাপাসিট্যান্স দুই ভাগে বিভক্ত হয়ে যায়। এই বিভক্তির কারণে সার্কিটে সর্বোচ্চ অসিলেশন ফ্রিকোয়েন্সি অর্জন করা সহজ হয়। সিগন্যালের রেডিয়েশন লস অনেকটা কম হয়। অ্যাকর্ন টিউব যখন বাটারফ্লাই টিউনারের সাথে যুক্ত করা হয়। তখন এটি উচ্চ ইম্পিড্যান্স পয়েন্টে সংযোগ স্থাপনের মাধ্যমে উপযুক্ত ভোল্টেজে কাজ করতে পারে। এতে লিড পাওয়ার অপচয় কম হয় কারণ চার্জিং কারেন্ট অর্ধেক ক্যাপাসিটরের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। এর ক্ষুদ্র আকৃতি এবং উন্নত লিড বিন্যাস এটিকে একটি দক্ষ ফ্রিকোয়েন্সি জেনারেটর বা অসিলেটর হিসেবে কাজ করতে সাহায্য করে।

*** ২। Disk seal tube এর চিত্রসহ বর্ণনা কর।

বাকাশিবো- ২০০৯, ১৬, ২০, ২২

উত্তর ঃ Disk seal tube এর চিত্রসহ নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ Disk seal tube

গঠনপ্রণালি ঃ

ডিস্ক সিল টিউবকে এর বিশেষ আকৃতির কারণে লাইট হাউস টিউবও বলা হয়। এই টিউবের মূল বৈশিষ্ট্য হলো এর ভেতরের ইলেকট্রোডগুলোর

মধ্যকার অত্যন্ত স্বল্প দূরত্ব। ট্রানজিট টাইম প্রভাব কমানোর জন্য এর ভেতরে ক্যাথোড ও গ্রিডের মধ্যে দূরত্ব রাখা হয় মাত্র 0.01 সেন্টিমিটার এবং গ্রিড ও অ্যানোডের মধ্যে দূরত্ব থাকে 0.04 সেন্টিমিটার। টিউবটির গঠনে একটি অক্সাইড ক্যাথোড, হিটার এবং জ.ঋ ক্যাথোড কানেকশন থাকে। এর বাইরের অংশে গ্লাস টু মেটাল সিল ব্যবহার করা হয় যা একে বায়ুরোধ রাখে। এতে একটি গ্রিড মেশ এবং গ্রিড টার্মিনাল থাকে যা অ্যানোডের সাথে সম্পর্কিত। এছাড়া টিউবটিতে ইভাপোরেশন শিল্ড, বাইপাস ক্যাপাসিটর এবং একটি বেস থাকে। এই টিউবের ডিস্কগুলো কোনো সাধারণ ইলেকট্রোড লিড নয়, বরং ডিস্ক এবং ইলেকট্রোড মিলে রেজোন্যান্ট ক্যাভিটির অভ্যন্তরীণ ইলেকট্রোডের চারপাশে একটি রি-এন্ট্রান্ট অংশ হিসেবে কাজ করে।

কার্যপ্রণালি ঃ

এই ধরনের টিউব সাধারণত 3000 মেগাহার্টজ ফ্রিকোয়েন্সি পর্যন্ত কার্যকরভাবে কাজ করতে পারে। এর আউটপুট ক্যাভিটি হতে ইনপুট ক্যাভিটিতে ফিডব্যাকের মাধ্যমে একে একটি অসিলেটর হিসেবে ব্যবহার করা হয়। যখন টিউবটি সচল হয়, তখন গ্রিড-প্লেট ক্যাভিটির সাথে যুক্ত অতিরিক্ত কাপলিং লুপের সাহায্যে কিছু পরিমাণ শক্তি অপসারন করে পুনরায় ইনপুট লুপে প্রয়োগ করা হয়। ক্যাভিটির রেজোন্যান্ট ফ্রিকোয়েন্সি দ্বারা আউটপুট সিগন্যালকে নিয়ন্ত্রণ করা হয়ে থাকে। টিউবটির এই ব্যবস্থাপনা এমনভাবে সাজানো যে একে সূক্ষ্মভাবে অ্যাডজাস্ট করার মাধ্যমে ক্যাভিটিটিকে পরিবর্তনশীল ফ্রিকোয়েন্সিতে ব্যবহার উপযোগী করে টিউন

করা যায়। এভাবে ডিস্ক সিল টিউব উচ্চ ফ্রিকোয়েন্সিতে সংকেত তৈরি বা নিয়ন্ত্রণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

অধ্যায়-২ ওয়েভ গাইড

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। ফেজ গতিবেগ (Phase velocity) বলতে কী বোঝায়?**

বাকাশিবো- ২০০৬, ০৯, ১৫, ১৭, ১৮'পরি, ২৩'পরি

উত্তর ঃ ওয়েভ গাইডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের ফেজ পরিবর্তনের হারকে ফেজ গতিবেগ বলে। একে V_p দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

***** ২। মোড (Mode) বলতে কী বোঝায়?**

বাকাশিবো- ২০১৩, ১৪'পরি, ১৫, ১৫'পরি, ২২, ২৩

উত্তর ঃ ওয়েভ গাইডের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ যে নির্দিষ্ট জ্যামিতিক প্যাটার্নে প্রবাহিত হয়, তাকে মোড বলে।

**** ৩। ডমিন্যান্ট মোড (Dominant Mode) বলতে কী বোঝায়?**

বাকাশিবো- ২০০৭, ১০, ১৭, ১৯, ২৪'পরি

উত্তর ঃ কোনো ওয়েভ গাইডের মধ্য দিয়ে যে সর্বনিম্ন ফ্রিকোয়েন্সির মোডটি সফলভাবে প্রবাহিত হতে পারে, তাকে ডমিন্যান্ট মোড বলে।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। ওয়েভ গাইড বলতে কী বোঝায়?**

বাকাশিবো- ২০০৪, ০৯, ১০, ১২, ১২'পরি, ১৫'পরি, ১৬, ১৬'পরি, ১৭, ২০, ২৩'পরি

উত্তর ঃ ওয়েভ গাইড হলো একটি ফাঁপা ধাতব টিউব বা নল। ফলে যার মধ্য দিয়ে উচ্চ ফ্রিকোয়েন্সির মাইক্রোওয়েভ সিগন্যাল বা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ এক স্থান থেকে অন্য স্থানে প্রবাহিত হয়।

***** ২।ওয়েভ গাইডের সুবিধাগুলো কী?**

বাকাশিবো- ২০১১, ১৩, ১৩'পরি, ১৫, ১৫'পরি, ১৮, ২০'পরি, ২১, ২৩'পরি, ২৪

উত্তর ঃ ওয়েভ গাইডের সুবিধাগুলো নিচে দেওয়া হলো ঃ

i) ওয়েভ গাইড তৈরি করা তুলনামূলক সহজ।

ii) এর ভেতর ফাঁপা থাকায় কোনো ডাই-ইলেকট্রিক লস হয় না। ফলে ফ্ল্যাশ ওভারের ঝুঁকি কম থাকে।

iii) এতে পাওয়ার স্থানান্তর করার ক্ষমতা অনেক বেশি।

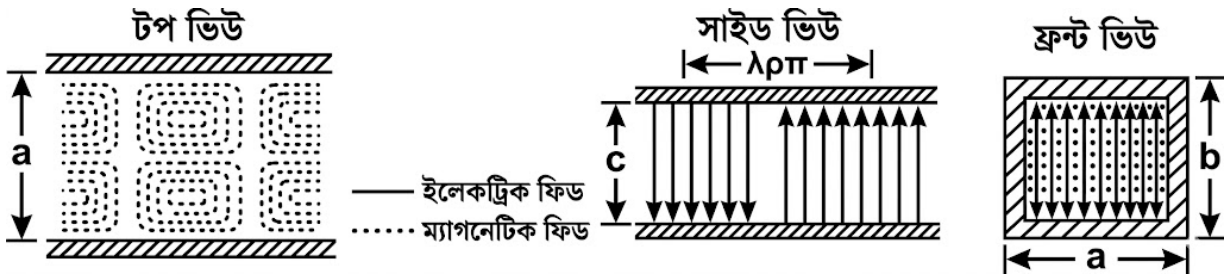
iv) কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের তুলনায় এতে পাওয়ার অপচয় অত্যন্ত কম হয়।

v) সিগন্যাল বা পাওয়ার স্থানান্তরের দক্ষতা (Efficiency) অনেক বেশি।

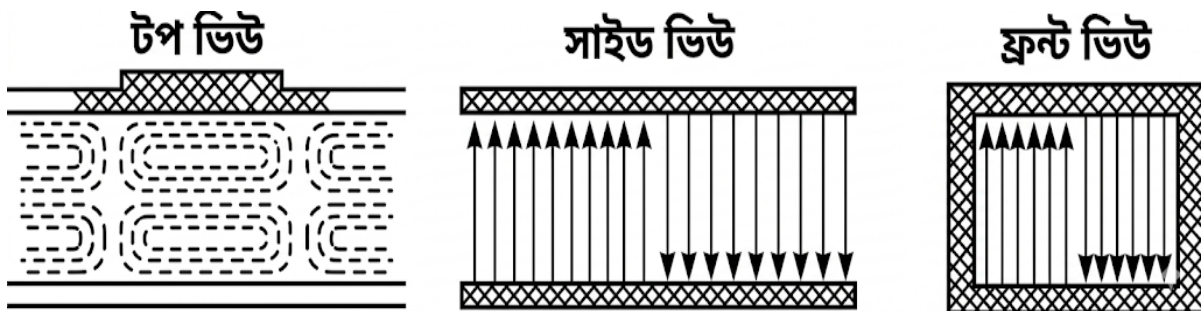
*** ৩। TE_{10} ও TE_{20} মোডের ফিল্ড প্যাটার্ন অঙ্কন কর।

বাকাশিবো- ২০০৬, ০৭, ১২, ১৪, ১৬, ২০, ২০'পরি, ২৩, ২৪'পরি

উত্তর ঃ TE_{10} ও TE_{20} মোডের ফিল্ড প্যাটার্ন নিচে অঙ্কন করা হলো ঃ



চিত্র ঃ TE_{20} মোডে ফিল্ড প্যাটান



চিত্র ঃ TE_{10} মোডে ফিল্ড প্যাটার্ন

** ৪। Wave guide-এর Phase velocity ও Group velocity বলতে কী বোঝায়?

বাকাশিবো- ২০০৬, ০৯, ১০, ১১, ২২, ২৪'পরি

উত্তর ঃ ওয়েভ গাইডের মধ্য দিয়ে যখন ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ দেয়ালে প্রতিফলিত হয়ে সামনের দিকে অগ্রসর হয়, তখন এতে দুই ধরনের গতিবেগ থাকে ঃ

i) ফেজ গতিবেগ (Phase velocity) ঃ ওয়েভ গাইডের ভেতর দিয়ে প্রবাহিত ফেজ পরিবর্তনের হারকে ফেজ গতিবেগ বলে। একে V_p দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ii) গ্রুপ গতিবেগ (Group velocity) ঃ যে গতিবেগে ওয়েভ গাইডের ভেতর দিয়ে এনার্জি (Energy) পরিবাহিত হয়, তাকে গ্রুপ গতিবেগ বলে। একে V_g দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

**** ৫। অনুমোদিত মোডগুলো কী কী?** বাকাশিবো- ২০০৮, ১১, ১৫'পরি, ২৩'পরি

উত্তর ঃ ইনস্টিটিউট অব রেডিও ইঞ্জিনিয়ার্স (IRE) অনুমোদিত মোডগুলো নিম্নে দেওয়া হলো ঃ

i) ট্রান্সভার্স ইলেকট্রিক মোড (TE Mode)

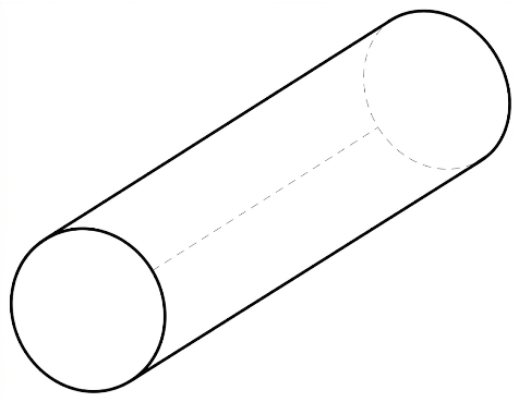
ii) ট্রান্সভার্স ম্যাগনেটিক মোড (TM Mode)

iii) ট্রান্সভার্স ইলেকট্রোম্যাগনেটিক মোড (TEM Mode)

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। বৃত্তাকার ওয়েভ গাইড বর্ণনা কর।** বাকাশিবো- ২০২০, ২৪'পরি

উত্তর ঃ বৃত্তাকার ওয়েভ এর গাইড নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ Circular Web Guide

গঠনপ্রণালি ঃ

বৃত্তাকার ওয়েভ গাইড হলো একটি ফাঁপা ধাতব নল যার প্রস্থচ্ছেদ বা ভেতরের অংশটি বৃত্ত আকৃতির হয়ে থাকে। এটি মাইক্রোওয়েভ শক্তিকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে যেমন ট্রান্সমিটার থেকে অ্যান্টেনায় অথবা অ্যান্টেনা থেকে রিসিভারে দক্ষতার সাথে পৌঁছে দেওয়ার জন্য ব্যবহৃত হয়। এর কার্যপদ্ধতি আয়তাকার ওয়েভ গাইডের মতো হলে এর গাঠনিক আকৃতি ভিন্ন। এই গাইডের মধ্য দিয়ে তরঙ্গ কীভাবে প্রবাহিত হবে তা এর ব্যাসার্ধ এবং ব্যবহৃত উপাদানের উপর নির্ভর করে। এর ভেতরে সাধারণত বায়ু থাকে । গঠনগত দিক থেকে এটি অত্যন্ত মজবুত এবং এর বিশেষ বৃত্তাকার আকৃতির কারণে এটি উচ্চ কম্পাঙ্কের সিগন্যাল পরিবহনে কার্যকর ভূমিকা পালন করে। আয়তাকার ওয়েভ গাইডের তুলনায় এর প্রধান পার্থক্যটি এর কাট-অফ

ওয়েভলেংথ বা তরদৈর্ঘ্য নির্ণয়ের সমীকরণে পরিলক্ষিত হয়। একটি নির্দিষ্ট ব্যাসার্ধের নলাকার ধাতব কাঠামোর মাধ্যমে এই বৃত্তাকার ওয়েভ গাইড গঠিত হয়।

***** ২। Cut-off wave guide length এবং Free space wave length-এর মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।**

বাকাশিবো- ২০০৭, ০৯, ১০, ১১, ১৪'পরি, ১৫, ১৬, ১৯, ২০, ২৩'পরি, ২৪'পরি

উত্তর ঃ Cut-off wave guide length এবং Free space wave length-এর মাঝে সম্পর্ক নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ

আমরা জানি,

$$\lambda_p = \frac{\lambda}{sin\theta} - - - - - - - - - - - (১)$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{cos\theta} - - - - - - - - - - - (২)$$

এখানে,

λ_p = গাইডেড ওয়েভ লেংথ

λ = ফ্রি স্পেস ওয়েভ লেংথ

λ_c = কাট অফ ওয়েভ লেংথ

ওয়েভ গাইডের মধ্যবর্তী দেয়ালের দূরত্ব x হলে ; $x = \frac{y\lambda_c}{2} - - - - - - - - - - - - - (৩)$

(৩) নং সমীকরণ (২) নং হতে λ_c এর মান বসিয়ে পাই; $x = \frac{y}{2})\frac{\lambda}{cos\theta}$

বা, $cos\theta = \frac{y\lambda}{2x}$ – – – – – – – – – – – –(৪)

এখন (১) নং সমীকরণ হতে পাই,

$$\lambda_p = \frac{\lambda}{sin\theta}$$

$$\lambda_p = \lambda/\sqrt{1-\cos^2\theta} \quad [\therefore sin\theta = \sqrt{1-\cos^2\theta}]$$

(৪) নং হতে $cos\theta$ এর মান বসিয়ে পাই,

$$\lambda_p = \frac{\lambda}{\sqrt{1-\left(\frac{y\lambda}{2x}\right)^2}} - - - - - - (৫)$$

কাট অফ অবস্থায় $\lambda = \lambda_c$ হয়, তখন

$$\frac{y\lambda_c}{2x} = 1$$

$$=> \frac{y}{2x} = \frac{1}{\lambda_c}$$

এখন (৫) নং সমীকরণে $\frac{y}{2x}$ এর মান বসিয়ে পাই,

$$\lambda_p = \frac{\lambda}{\sqrt{1-\left(\frac{y\lambda}{2x}\right)^2}}$$

(১) নং সমীকরণ হতে পাই,

$$\lambda_p = \frac{\lambda}{sin\theta}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_p} = \frac{sin\theta}{\lambda}$$

উভয় পক্ষের বর্গ করে পাই;

$$\frac{1}{\lambda_p^2} = \frac{(\sin^2\theta)}{\lambda^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda^2} = \frac{1-\cos^2\theta}{\lambda^2}$$

(২) নং সমীকরণ হতে $cos\theta = \frac{\lambda}{\lambda_c}$ মানটি বসিয়ে পাই;

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_p^2} = \frac{1}{\lambda^2} - \frac{\left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2}{\lambda^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_p^2} = \frac{1}{\lambda^2} - \frac{\lambda^2}{\lambda_c^2.\lambda^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_p^2} = \frac{1}{\lambda^2} - \frac{1}{\lambda_c^2}$$

অধ্যায়-৩ মাইক্রোওয়েভ কম্পোনেন্ট

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। Wave guide Flange কী?** বাকাশিবো- ২০০৭, ১৭, ১৮'পরি, ২০

উত্তর ঃ ওয়েভ গাইড ফ্ল্যাঞ্জ হলো এমন এক ধরণের যান্ত্রিক কাপলিং ডিভাইস যা ওয়েভ গাইড সিস্টেমের বিভিন্ন অংশকে একে অপরের সাথে যুক্ত করে। একাধিক ওয়েভ গাইডকে সঠিকভাবে সংযোগ করে। ফলে এর ভেতর দিয়ে ইলেকট্রিক্যাল সিগন্যাল প্রবাহিত হয় ।

***** ২। আইসোলেটরের কাজ কী?**

বাকাশিবো- ২০০৭, ০৮, ১০, ১১, ১২, ১৪, ১৪'পরি, ১৫, ১৭, ১৮, ২০'পরি, ২৩'পরি, ২৪'পরি

উত্তর ঃ আইসোলেটর হলো একটি দুই-পোর্ট বিশিষ্ট মাইক্রোওয়েভ ডিভাইস যা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক সিগন্যালকে শুধুমাত্র এক অভিমুখে প্রবাহিত হয় । এর প্রধান কাজ হলো সামনের দিকে সিগন্যালকে কোনো বাধা ছাড়াই যেতে দেওয়া কিন্তু বিপরীত দিক থেকে আসা সিগন্যালকে উচ্চ মাত্রার বাধা প্রদানের মাধ্যমে আটকে দেওয়া, যাতে মূল জেনারেটর বা সোর্স সুরক্ষিত থাকে।

***** ৩। ম্যাজিক টী কী?** বাকাশিবো- ২০০৩, ০৭, ০৯, ১০, ১১, ১২, ১৪, ১৪'পরি, ১৫, ১৫'পরি, ১৭, ২১, ২২, ২৩'পরি, ২৩, ২৪'পরি

উত্তর ঃ যে টী (Tee) একটি ই-প্লেন (E-Plane) এবং একটি এইচ-প্লেন (H-Plane) টী-এর সমন্বয়ে গঠিত হয়, তাকে ম্যাজিক টী (Magic Tee) বলে।

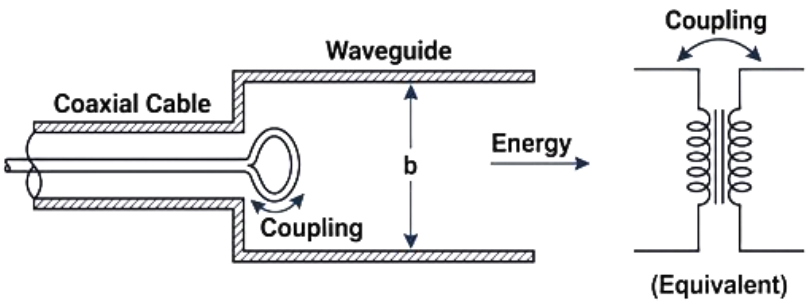
**** ৪। Coupling loop কী?** বাকাশিবো- ২০১৯

উত্তর ঃ কাপলিং লুপ হলো এক ধরনের ম্যাগনেটিক কাপলিং। এটি ওয়েভ গাইডের এমন স্থানে যুক্ত করা হয় যেখানে ম্যাগনেটিক ফিল্ড সর্বোচ্চ থাকে। ফলে ম্যাগনেটিক ফ্লাক্সের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করা হয়।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। Coupling loops-এর গঠন চিত্র অঙ্কন কর।** বাকাশিবো- ২০২৩

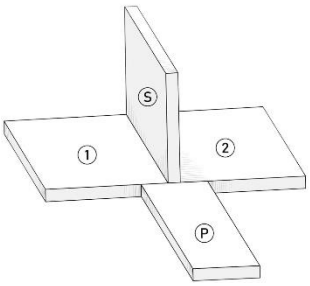
উত্তর ঃ Coupling loops-এর গঠন চিত্র নিচে অঙ্কন করা হলো ঃ



**** ২। Magic Tee-এর গঠন চিত্রসহ বর্ণনা কর।** বাকাশিবো- ২০১৯

উত্তর ঃ Magic Tee-এর গঠন চিত্রসহ নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ

একটি ই-প্লেন (E-plane) টী এবং একটি এইচ-প্লেন (H-plane) টী একত্রে যুক্ত করে ম্যাজিক টী (Magic Tee) তৈরি করা হয়। এটি মূলত একটি 4-পোর্ট হাইব্রিড সার্কিটের (Hybrid circuit) মতো কাজ করে। এর প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো, যদি A বা C পোর্টে পাওয়ার দেওয়া হয়, তবে সেই পাওয়ার B ও D পোর্ট থেকে পাওয়া যায়, কিন্তু A থেকে C বা C থেকে A পোর্টে কোনো পাওয়ার যায় না। একইভাবে, B বা D পোর্টে পাওয়ার দিলে তা A ও C পোর্ট দিয়ে বের হয়, কিন্তু B ও D পোর্টের মধ্যে নিজেদের কোনো পাওয়ার আদান-প্রদান হয় না। ম্যাজিক টী মূলত এই হাইব্রিড সার্কিটের নীতি মেনেই কাজ করে।



চিত্র ঃ ম্যাজিক টী

চিত্র ঃ হাইব্রিড সার্কিট

***** ৩। Coupling Probes এবং Coupling Loop-এর মাঝে পার্থক্য লেখ।** বাকাশিবো- ২০০৭, ১০, ১১, ১৪, ১৬'পরি, ১৭, ২৩'পরি, ২৪'পরি

উত্তর ঃ নিচে Coupling probes এবং Coupling loop-এর মাঝে প্রধান পার্থক্যগুলো দেওয়া হলো ঃ

কাপলিং প্রোব (Coupling probes)	কাপলিং লুপ (Coupling loop)
১। ওয়েভ গাইডের সাথে কো-এক্সিয়াল (Co-axial) ক্যাবল যুক্ত করতে কাপলিং প্রোব ব্যবহৃত হয়।	১। মাইক্রোওয়েভ সিস্টেমে ওয়েভ গাইড সংযোগ দিতে কাপলিং লুপ ব্যবহৃত হয়।
২। এটি মূলত কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের ভেতরের দিকের তারের একটি বর্ধিত অংশ।	২। এটি মূলত এক ধরনের ম্যাগনেটিক কাপলিং (Magnetic coupling)।
৩। ওয়েভ গাইডের দুটি দেয়ালের ঠিক মাঝখান পর্যন্ত প্রবেশ করানো হয়।	৩। ওয়েভ গাইডের এমন স্থানে বসানো হয় যেখানে ম্যাগনেটিক ফিল্ড সবচেয়ে বেশি থাকে।
৪। এর প্রোবের দৈর্ঘ্য এবং অবস্থান একেবারে সঠিক হওয়া আবশ্যক।	৪। এর লুপের তলটিকে ম্যাগনেটিক ফিল্ডের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করতে হয়।

**** ৪। Magic Tee-এর 4টি ব্যবহার লেখ।**

বাকাশিবো- ২০০৬, ০৮, ০৯, ১০, ১১, ১২, ১২'পরি, ১৩, ১৫'পরি, ১৬, ১৭

উত্তর ঃ মাইক্রোওয়েভ সিস্টেমে ম্যাজিক টী (Magic Tee)-এর প্রধান চারটি ব্যবহার নিম্নে দেওয়া হলো ঃ

i) আইসোলেটর (Isolator) হিসেবে।

ii) ম্যাচিং ডিভাইস (Matching device) হিসেবে।

iii) ফেজ শিফটার (Phase shifter) তৈরি করতে।

iv) ট্রান্স-রিসিভারের (Transceiver) T/R সুইচ হিসেবে।

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। চিত্রসহ ওয়েভ মিটারের (Wave meter) কার্যনীতি বর্ণনা কর।**

বাকাশিবো- ২০১০, ১৬, ১৯

উত্তর ঃ ওয়েভ মিটার এর কার্যপ্রণালী নিচে দেওয়া হলো ঃ

চিত্র ঃ Wave meter

কার্যপ্রণালি ঃ

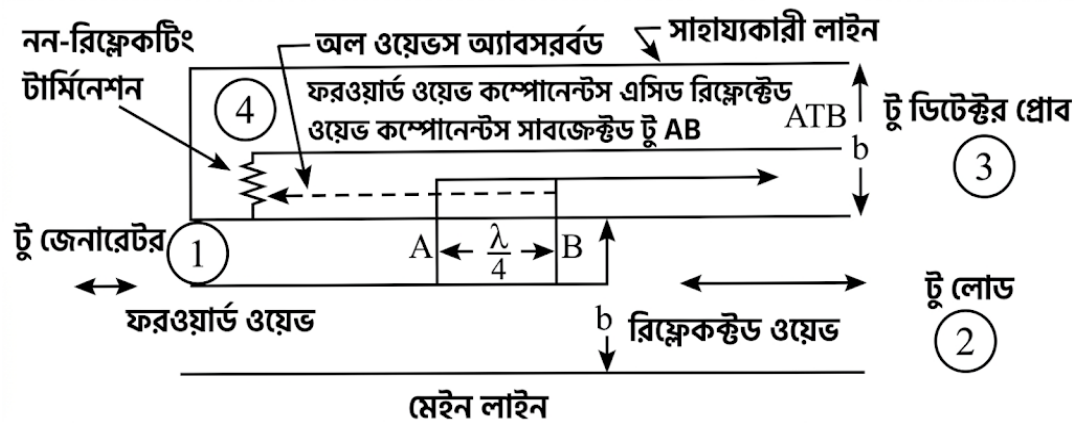
ওয়েভ মিটার রেজন্যান্স (Resonance) নীতিতে কাজ করে। এটি জেনারেটর এবং লোডের মাঝখানে অবস্থান করে। যখন জেনারেটর থেকে সিগন্যাল প্রবাহিত করা হয়। তখন ক্যাভিটির ভেতরের আয়তন পরিবর্তন

করে একে নির্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সিতে টিউন করা হয়। যখন জেনারেটর এর সিগন্যাল ফ্রিকোয়েন্সি এবং ক্যাভিটির রেজন্যান্ট ফ্রিকোয়েন্সি সমান হয়। তখন ক্যাভিটির ভেতর সর্বোচ্চ শক্তি সঞ্চারিত হয়। রেজন্যান্স অবস্থায় সিস্টেমের বাধা সর্বনিম্ন থাকে। ফলে জেনারেটর থেকে সর্বোচ্চ পাওয়ার লোডে সরবরাহ হয়। এই সর্বোচ্চ পাওয়ার এর উপস্থিতি ডিটেক্টরের সাথে যুক্ত ইন্ডিকেটরে দেখা যায়। ফলে সর্বোচ্চ পাঠ (Peak reading) প্রদর্শন করে। ঠিক সেই মুহূর্তে মিটারের স্কেল থেকে সরাসরি নিখুঁত ফ্রিকোয়েন্সির মান সংগ্রহ করা হয়। সর্বোচ্চ পাঠের বিন্দু হলো সিগন্যালের সঠিক ফ্রিকোয়েন্সি।

***** ২। চিত্রসহ ডাইরেকশনাল কাপলার (Directional Coupler) এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা করো।**

বাকাশিবো- ২০০৪,০৬,১৫,১৬,১৮,২০'পরি,২১,২২,২৩'পরি,২৪'পরি

উত্তর ঃ ডাইরেকশনাল কাপলার এর গঠন ও কার্যপ্রণালি নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ Directional Coupler

গঠন প্রণালি ঃ

ডাইরেকশনাল কাপলার একটি প্রধান ট্রান্সমিশন লাইন (Main Line) এবং সাহায্যকারী লাইনের (Auxiliary Line) সমন্বয়ে গঠিত। এই দুটি লাইন একে অপরের সমান্তরালে থাকে এবং এদের মাঝে দুটি প্রোব থাকে। এই প্রোব দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব সুনির্দিষ্টভাবে $\frac{\lambda}{4}$ রাখা হয়। সাহায্যকারী লাইনের এক প্রান্তে (পোর্ট ৪) একটি নন-রিফ্লেক্টিং টার্মিনেশন বা রেজিস্টভ লোড থাকে। যা তরঙ্গ শোষণ করে নেয়। অন্য প্রান্তটি (পোর্ট ৩) পাওয়ার পরিমাপের জন্য ডিটেক্টর প্রোবের সাথে যুক্ত থাকে। মেইন লাইনের এক প্রান্তকে ইনপুট (পোর্ট ১) এবং অন্য প্রান্তকে লোড (পোর্ট ২) হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

কার্যপ্রণালি ঃ

যখন মেইন লাইন দিয়ে ফরোয়ার্ড ওয়েভ প্রবাহিত হয়। তখন ছিদ্র দুটির মাধ্যমে শক্তির একটি ক্ষুদ্র অংশ সাহায্যকারী লাইনে প্রবেশ করে। এই শক্তি ডিটেক্টর প্রান্তের (পোর্ট ৩) দিকে যাওয়ার সময় একই দশায় থাকে। ফলে তারা একত্রে যুক্ত হয়ে ডিটেক্টরে দেখা যায়। কিন্তু বিপরীত দিকে টার্মিনেশন প্রান্তের (পোর্ট ৪) দিকে যাওয়ার সময় ছিদ্র দুটির দূরত্বের কারণে তরঙ্গগুলোর মধ্যে 180° দশা পার্থক্য তৈরি হয়। ফলে তারা একে অপরকে বাতিল করে দেয় এবং সেখানে কোনো শক্তি পৌঁছায় না। এইভাবে ডাইরেকশনাল কাপলার মেইন লাইনের মূল প্রবাহে বিঘ্ন না ঘটিয়ে শুধুমাত্র একমুখী তরঙ্গের পাওয়ার নিখুঁতভাবে পরিমাপ করতে পারে।

প্রয়োজনীয় সূত্র ঃ

১। কাপলিং ফ্যাক্টও $c = 10\, log_{10} \frac{P_i}{P_f}$

২। ডাইরেক্টিভিটি $D = 10 \log_{10} \frac{P_f}{P_b}$

অধ্যায়-৪ ক্লাইস্ট্রন, ম্যাগনেট্রন এবং ট্রাভেলিং ওয়েভ টিউব

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। Reflex klystron tube কী?** বাকাশিবো- ২০১৯, ২০'পরি

উত্তর ঃ রিফ্লেক্স ক্লাইস্ট্রন হলো একক ক্যাভিটি বিশিষ্ট ডিজাইন টিউব। ফলে মাইক্রোওয়েভ অসিলেটর হিসেবে কাজ করে। এতে ক্যাভিটি থেকে নির্দিষ্ট দূরত্বে একটি প্রতিফলক ইলেকট্রোড থাকে।

***** ২। Klystron tube কী কাজে ব্যবহৃত হয়?** বাকাশিবো- ২০২২

উত্তর ঃ ক্লাইস্ট্রন টিউব মাইক্রোওয়েভ সিগন্যাল অ্যামপ্লিফায়ার এবং অসিলেটর হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

***** ৩। Klystron tube-এর রিপেলার (Repeller) কী?**

বাকাশিবো- ২০২৪'পরি

উত্তর ঃ রিপেলার হলো ক্লাইস্ট্রন টিউবের একটি ঋণাত্মক ভোল্টেজযুক্ত ইলেকট্রোড, যার প্রধান কাজ হলো ইলেকট্রন বিমকে বাধা দিয়ে পুনরায় ক্যাভিটির দিকে ফিরিয়ে দেওয়া।

**** ৪। ক্যাভিটি কাকে বলে?** বাকাশিবো- ২০০৯, ১০, ১৬, ২১

উত্তর ঃ ক্যাভিটি হলো ক্লাইস্ট্রন টিউবের অভ্যন্তরে থাকা একটি ফাঁপা স্থান যা গ্লাস বা ধাতব আবরণে ঢাকা থাকে। এর গ্যাপ বা ছিদ্রপথের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রন বিম প্রবাহিত হয়।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। রিফ্লেক্স ক্লাইস্ট্রনের মূলনীতি লেখ।**

বাকাশিবো- ২০০৮,০৯, ১০, ১১, ১২, ১৪, ১৬, ১৭, ২০, ২১, ২৩'পরি

উত্তর ঃ রিফ্লেক্স ক্লাইস্ট্রন হলো একটি সিঙ্গেল ক্যাভিটি মাইক্রোওয়েভ টিউব যা অসিলেটর হিসেবে কাজ করে। এর মূলনীতি হলো ভেলোসিটি মডুলেশন (Velocity Modulation)। যখন ইলেকট্রন বিম ক্যাভিটি গ্যাপ অতিক্রম করে। তখন সিগন্যালের বেগের পরিবর্তন ঘটে। এরপর রিপেলার ইলেকট্রোড ইলেকট্রনগুলোকে বিকর্ষণ করে পুনরায় ক্যাভিটির দিকে ফিরিয়ে আনে। যার ফলে ইলেকট্রনগুলো গুচ্ছ বাঞ্চ গঠন করে এবং অসিলেশন বজায় রাখে।

***** ২। Traveling wave tube (TWT)-এর ব্যবহার লেখ।**

বাকাশিবো- ২০০৬, ১১, ১২, ১৫, ১৬'পরি, ১৭, ১৮'পরি, ২৩'পরি, ২৪'পরি

উত্তর ঃ TWT প্রধানত রাডার সিস্টেমে ব্রডব্যান্ড মাইক্রোওয়েভ অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহৃত হয়। দীর্ঘ দূরত্বের যোগাযোগ ব্যবস্থায়

রিপিটার অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে এবং স্যাটেলাইট কমিউনিকেশনে উচ্চ গেইন সম্পন্ন সিগন্যাল বর্ধক হিসেবে ব্যবহৃত হয় ।

***** ৩। Multicavity klystron tube-এর সুবিধা লেখ।**

বাকাশিবো- ২০১৯, ২২, ২৩

উত্তর ঃ মাল্টি-ক্যাভিটি ক্লাইস্ট্রন টিউবের প্রধান সুবিধাগুলো নিচে দেওয়া হলো ঃ

i) এটি খুব উচ্চ গতিসম্পন্ন ইলেকট্রন বিম তৈরি করতে সক্ষম।

ii) ক্যাভিটির সংখ্যা বৃদ্ধির মাধ্যমে এর আউটপুট পাওয়ার অনেকগুণ বৃদ্ধি করা যায়।

iii) দক্ষতা (Efficiency) অন্যান্য সাধারণ টিউবের তুলনায় অনেক বেশি।

**** ৪। Magnetron Tube কী?** বাকাশিবো- ২০১১, ১৫, ২০, ২০'পরি, ২৪'পরি

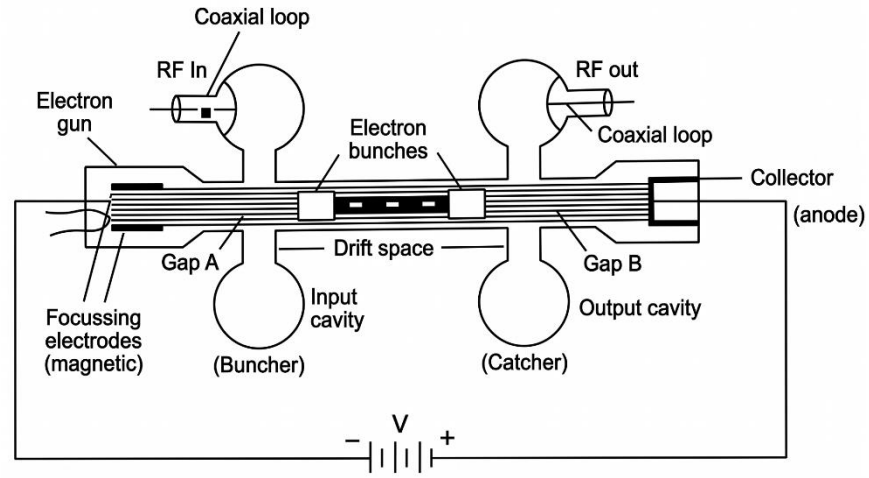
উত্তর ঃ ম্যাগনেট্রন হলো একটি উচ্চ ক্ষমতার মাল্টি-ক্যাভিটি বিশিষ্ট ভ্যাকুয়াম টিউব। যা ইলেকট্রিক এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ডের পারস্পরিক ক্রিয়ার মাধ্যমে খুব উচ্চ মানের মাইক্রোওয়েভ অসিলেশন তৈরি করে। এটি রাডার এবং মাইক্রোওয়েভ ওভেনে শক্তি উৎপাদক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

*** ১। দুই-ক্যাভিটি ক্লাইস্ট্রনের গঠন ও কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।

বাকাশিবো- ২০০৬,০৭,১০,১১,১২, ১৩, ১৫'পরি, ১৭, ১৯, ২০'পরি, ২১, ২২, ২৩, ২৩'পরি, ২৪'পরি

উত্তর ঃ দুই-ক্যাভিটি ক্লাইস্ট্রনের গঠন ও কার্যপদ্ধতি নিচে বর্ণনা করা হলোঃ



চিত্র ঃ Two-cavity klystron

গঠনপ্রণালি ঃ

টু-ক্যাভিটি ক্লাইস্ট্রন মূলত একটি গ্লাস টিউবের ভেতরে তৈরি করা হয় যা সম্পূর্ণ বায়ুশূন্য থাকে। এই টিউবের শুরুতে থাকে ক্যাথোড যা থেকে ইলেকট্রন বিচ্ছুরণ ঘটানো হয়। এই বিচ্ছুরণ প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ উভয় পদ্ধতিতে হতে পারে। ক্যাথোডের ঠিক পরেই থাকে ফোকাসিং ইলেকট্রোড যার কাজ হলো নির্গত ইলেকট্রনগুলোকে একত্রিত করে বিম গঠনে কাজ করে। টিউবের মাঝখানে দুটি ক্যাভিটি থাকে যার মধ্যে প্রথমটিকে বলা হয় বাঞ্চার ক্যাভিটি এবং দ্বিতীয়টিকে বলা হয় ক্যাচার ক্যাভিটি। প্রতিটি ক্যাভিটির ভেতরে দুটি গ্রিড সামান্য দূরত্বে স্থাপন করা থাকে এবং এই দুই গ্রিডের মধ্যবর্তী ফাঁকা স্থানকে গ্যাপ বলা হয়। বাঞ্চার ক্যাভিটির গ্যাপকে

গ্যাপ-অ এবং ক্যাচার ক্যাভিটির গ্যাপকে গ্যাপ-ই নামে চিহ্নিত করা হয়। এই দুই ক্যাভিটির মধ্যবর্তী দীর্ঘ ফাঁকা অংশটিকে বলা হয় ড্রিফট স্পেস। সবশেষে টিউবের অপর প্রান্তে থাকে কালেক্টর যা উচ্চ মানের ধনাত্মক সরবরাহের মাধ্যমে ক্যাথোড হতে আসা ইলেকট্রনগুলোকে সংগ্রহ করে।

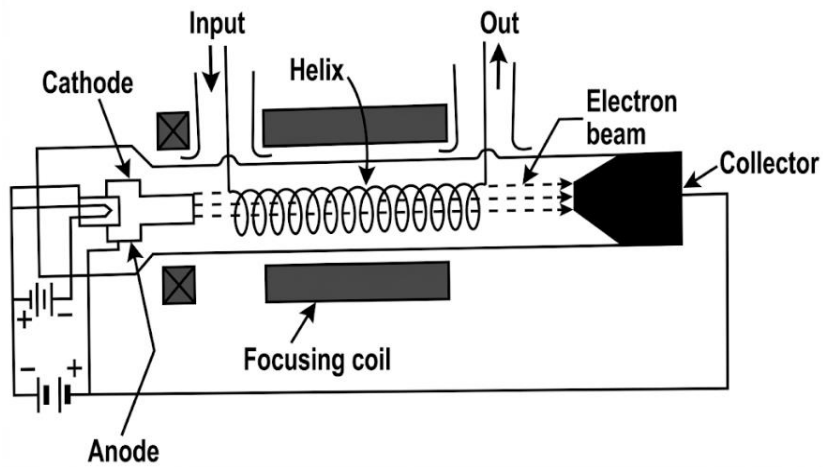
কার্যপ্রণালি ঃ

টু-ক্যাভিটি ক্লাইস্ট্রন মূলত মাইক্রোওয়েভ অ্যামপ্লিফায়ার এবং অসিলেটর হিসেবে কাজ করে। ক্যাথোড হতে নির্গত ইলেকট্রনসমূহকে ফোকাসিং করে একটি উচ্চ গতিসম্পন্ন ইলেকট্রন বিম গঠন করা হয়। এই বিমকে দীর্ঘ টিউবের মধ্য দিয়ে কালেক্টরের দিকে প্রেরণ করা হয়। কালেক্টরে ক্যাথোডের তুলনায় উচ্চ মানের ধনাত্মক সরবরাহ থাকায় এটি ইলেকট্রনগুলোকে আকর্ষণ করে সংগ্রহ করে। যে RF সিগন্যালকে বর্ধিত করা হয় তাকে বাঞ্চার ক্যাভিটিতে প্রয়োগ করা হয়। ইলেকট্রন বিম যখন বাঞ্চার ক্যাভিটির গ্যাপ-অ অতিক্রম করে, তখন সেটি RF সিগন্যাল দ্বারা প্রভাবিত হয়। গ্যাপ-ই এর মধ্যে কোনো ফিল্ড না থাকায় বিমটি শুরুতে স্বাধীনভাবে চলাচল করলে RF সিগন্যালের কারণে গ্যাপ-অ তে একটি ফিল্ড সৃষ্টি হয়। এই ফিল্ডের পরিবর্তনের সাথে সাথে ইলেকট্রনগুলোর গতিও পরিবর্তিত হয়। গতির এই হ্রাস-বৃদ্ধিকে এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করা হয় যাতে ইলেকট্রনগুলো ড্রিফট স্পেস দিয়ে যাওয়ার সময় নির্দিষ্ট স্থানে একই সময়ে একত্রিত হয়ে ছোট ছোট বাঞ্চ গঠন করে। এই ইলেকট্রন গুচ্ছগুলো যখন উচ্চ গতিতে ক্যাচার ক্যাভিটির গ্যাপ-ই অতিক্রম করে, তখন সেখানে শক্তিশালী অসিলেশন তৈরি হয় এবং

এর ফলে আউটপুটে অনেক উচ্চ মানের সিগন্যাল পাওয়া যায়। সবশেষে বিমটি কালেক্টরের মাধ্যমে সংগৃহীত হয়। এই পুরো প্রক্রিয়ায় জঝ ওয়েভের বিভিন্ন অবস্থার উপর নির্ভর করে ইলেকট্রনের গতির হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে।

***** ২। ট্রাভেলিং ওয়েভ টিউব (TWT) এর গঠন ও কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।** বাকাশিবো- ২০০৩, ০৪, ০৮, ০৯, ১০, ১১, ১২, ১৪'পরি, ১৫, ১৫'পরি, ১৬'পরি, ১৭, ১৮, ১৮'পরি, ২০, ২৩'পরি, ২৪'পরি, ২৪

উত্তর ঃ ট্রাভেলিং ওয়েভ টিউব (TWT) এর গঠন ও কার্যপ্রণালী নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ Traveling Wave Tube

গঠনপ্রণালি ঃ

ট্রাভেলিং ওয়েভ টিউব একটি শক্তিশালী মাইক্রোওয়েভ অ্যাম্প্লিফায়ার। এর ভেতরে একটি ইলেকট্রন গান থাকে। যা সরু ইলেকট্রন বিম তৈরি করে। এই বিমটি একটি দীর্ঘ প্যাঁচানো পথের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। টিউবের শুরুতে একটি ক্যাথোড এবং শেষে একটি কালেক্টর থাকে। ফলে যেখানে

কালেক্টরকে উচ্চ ধনাত্মক চার্জে রাখা হয়। হেলিক্সের চারপাশে একটি ফোকাসিং কয়েল থাকে। যা ইলেকট্রন বিমকে নির্দিষ্ট পথে সোজা রাখতে সাহায্য করে। সিগন্যাল আদান-প্রদানের জন্য এতে ইনপুট ও আউটপুট প্রান্ত যুক্ত থাকে।

কার্যপ্রণালি ঃ

ইলেকট্রন গান থেকে নির্গত বিমটি যখন হেলিক্সের ভেতর দিয়ে যায়। তখন ইনপুট প্রান্ত দিয়ে আরএফ (RF) সিগন্যাল প্রবেশ করানো হয়। হেলিক্সের বিশেষ গঠনের কারণে (RF) সিগন্যালের গতি কমে ইলেকট্রন বিমের গতির সমান হয়। ফলে সিগন্যাল ও ইলেকট্রন বিমের মধ্যে দীর্ঘ সময় ধরে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া চলে । ফলে ইলেকট্রন বিমের শক্তি সিগন্যালে স্থানান্তরিত হয়। এর ফলে সিগন্যালটি বহুগুণ শক্তিশালী হয়ে আউটপুট প্রান্ত দিয়ে বেরিয়ে আসে। ফলে অবশিষ্ট ইলেকট্রনগুলো কালেক্টরে গিয়ে জমা হয়।

***** ৩। ম্যাগনেট্রন টিউব এর চিত্রসহ বর্ণনা করো।**

বাকাশিবো- ২০১৬,২০, ২০'পরি, ২৪'পরি

উত্তর ঃ ম্যাগনেট্রন টিউব এর চিত্রসহ নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ

চিত্র ঃ **Magnetron tube**

A cut section of anode block of a Magnetron Cross section of a hole and slot magnetron

গঠন প্রণালি ঃ

ক্যাভিটি ম্যাগনেট্রন হলো একটি উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন মাইক্রোওয়েভ অসিলেটর। এর কেন্দ্রে চোঙাকৃতির ক্যাথোড থাকে। একে ঘিরে একটি বড় তামার ব্লক থাকে যা অ্যানোড ব্লক হিসেবে পরিচিত। অ্যানোড ব্লকের ভেতরে ছোট ছোট বৃত্তাকার ফাঁকা স্থান থাকে, যা অ্যানোড ক্যাভিটি বলা হয়। ক্যাথোড এবং অ্যানোড এর মধ্যবর্তী ফাঁকা অংশটিকে বলা হয় ইন্টার-অ্যাকশন স্পেস। উৎপন্ন মাইক্রোওয়েভ শক্তি বের করে নেওয়ার জন্য একটি আউটপুট কাপলিং লুপ যুক্ত থাকে।

কার্যপ্রণালী ঃ

ম্যাগনেট্রনের কার্যপ্রণালি মূলত ইলেকট্রিক ও ম্যাগনেটিক ফিল্ডের (যৌথ প্রভাবের) উপর নির্ভরশীল। যখন ক্যাথোড উত্তপ্ত হয়। তখন এটি থেকে ইলেকট্রন নির্গত হয়ে বাইরের অ্যানোড ব্লকের দিকে যাওয়ার চেষ্টা করে। এই সময় ক্যাথোড এবং অ্যানোডের মধ্যে প্রয়োগ করা উচ্চ ডিসি ভোল্টেজ ইলেকট্রনগুলোকে ত্বরান্বিত করে। তবে টিউবের অক্ষ বরাবর শক্তিশালী ম্যাগনেটিক ফিল্ড থাকায় ইলেকট্রনগুলো সোজা পথে না গিয়ে বক্রপথে ঘুরতে থাকে এর ইন্টার-অ্যাকশন স্পেসের ভেতর দিয়ে চক্রাকারে প্রবাহিত হয়। এই ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনগুলো যখন অ্যানোড ক্যাভিটির মুখ দিয়ে অতিক্রম করে, তখন সেখানে আরএফ (RF) অসিলেশন তৈরি হয়। এই প্রক্রিয়ায়

ইলেকট্রন গুলো শক্তি মাইক্রোওয়েভ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এই রূপান্তরিত শক্তিশালী আরএফ (RF) এনার্জি বা সিগন্যাল আউটপুট কাপলি লুপের মাধ্যমে সংগ্রহ করা হয়।

অধ্যায়-৫ মাইক্রোওয়েভ পরিমাপ

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। প্রতিস্থাপন পদ্ধতি কখন ব্যবহৃত হয়?** বাকাশিবো- ২০২৪

উত্তর ঃ যদি কোনো নেটওয়ার্কের অ্যাটেন্যুয়েশন অনেক বেশি হয় এবং ইনপুট পাওয়ারের পরিমাণ খুব কম থাকে। তখন এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

***** ২। বলোমিটার কেন ব্যবহৃত হয়?**

বাকাশিবো- ২০০৪, ১১, ১৫'পরি, ১৮'পরি, ২৪

উত্তর ঃ বলোমিটার মাইক্রোওয়েভ পাওয়ার পরিমাপ করার জন্য ব্যবহৃত হয়। এটি সার্কিটের তাপমাত্রার পরিবর্তনের উপর ভিত্তি করে সূক্ষ্মভাবে পাওয়ার নির্ণয় করতে পারে।

**** ৩। Bolometer কী?** বাকাশিবো- ২০১৬, ২০, ২২

উত্তর ঃ বলোমিটার হলো এমন সার্কিট উপাদান। যার বৈদ্যুতিক রোধ (Resistance) তাপমাত্রার পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তিত হয়।

***** ৪। SWR বলতে কী বুঝায়?** বাকাশিবো- ২০০৮, ১১, ১২, ১৪, ১৮, ২৩'পরি

উত্তর ঃ Standing Wave Ratio (SWR) হলো একটি ট্রান্সমিশন লাইনে তৈরি হওয়া স্ট্যান্ডিং ওয়েভের সর্বোচ্চ ভোল্টেজ এবং সর্বনিম্ন ভোল্টেজের অনুপাত।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। ব্যারেটার ও থার্মিস্টারের মাঝে পার্থক্যগুলো লেখ।**

বাকাশিবো- ২০১৫, ১৭, ২৪'পরি

উত্তর ঃ ব্যারেটার এবং থার্মিস্টারের মধ্যে পার্থক্য নিম্নে হলো ঃ

ব্যারেটার (Barretter)	থার্মিস্টর (Thermistor)
১। এটি ধনাত্মক তাপমাত্রা সহগ (PTC) বিশিষ্ট ডিভাইস।	১। এটি ঋণাত্মক তাপমাত্রা সহগ (NTC) বিশিষ্ট ডিভাইস।
২। তাপমাত্রা বাড়লে এর বৈদ্যুতিক রোধ বৃদ্ধি পায়।	২। তাপমাত্রা বাড়লে এর বৈদ্যুতিক রোধ হ্রাস পায়।
৩। এটি সাধারণত টাংস্টেন জাতীয় ধাতব তার দিয়ে তৈরি।	৩। এটি বিভিন্ন সেমিকন্ডাক্টর অক্সাইড বা সিরামিক মিশ্রণ দিয়ে তৈরি।
৪। এটি থার্মিস্টারের তুলনায় কম সংবেদনশীল।	৪। এটি অত্যন্ত সংবেদনশীল

***** ২। VSWR কী?**

বাকাশিবো- ২০০৩, ০৬, ০৯, ১০, ১১, ১৭, ১৮'পরি, ২০'পরি, ২১, ২৪'পরি

উত্তর ঃ ভোল্টেজ স্ট্যান্ডিং ওয়েভ রেশিও (VSWR) হলো একটি ট্রান্সমিশন লাইনে তৈরি হওয়া স্ট্যান্ডিং ওয়েভের সর্বোচ্চ ভোল্টেজ এবং সর্বনিম্ন ভোল্টেজের অনুপাত।

$$\text{VSWR} = \frac{\text{স্ট্যান্ডিং ওয়েভের সর্বোচ্চ ভোল্টেজ মান}}{\text{স্ট্যান্ডিং ওয়েভের সর্বনিম্ন ভোল্টেজ মান}}$$

**** ৩। থার্মোকাপল দ্বারা কীভাবে মাইক্রোওয়েভ পাওয়ার পরিমাপ করা যায়?**

বাকাশিবো- ২০১১, ১৬, ২২

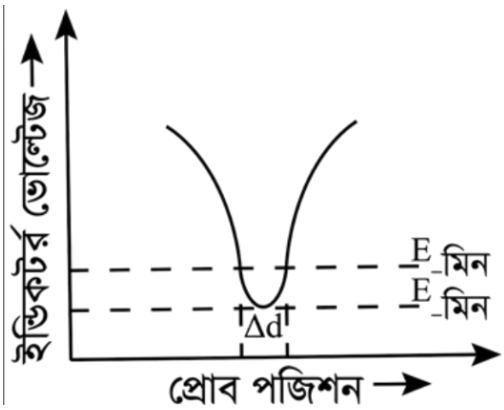
উত্তর ঃ থার্মোকাপল পদ্ধতিতে মাইক্রোওয়েভ পাওয়ারকে প্রথমে তাপে রূপান্তর করা হয়। যা থার্মোকাপলে একটি ক্ষুদ্র ভোল্টেজ উৎপন্ন করে। এই উৎপন্ন ভোল্টেজ প্রয়োগকৃত মাইক্রোওয়েভ পাওয়ারের সমানুপাতিক হয়। ফলে ভোল্টমিটারের রিডিং থেকে সরাসরি পাওয়ারের মান পরিমাপ করা যায়।

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। স্ট্যান্ডার্ড ওয়েভ রেশিও পরিমাপ পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

বাকাশিবো- ২০০৬, ১৬, ২১

উত্তর ঃ স্ট্যান্ডার্ড ওয়েভ রেশিও পরিমাপ পদ্ধতি বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ মিনিমাম প্রশস্ততা পদ্ধতিতে উচচ ঝডজ পরিমাপ।

উচ্চমানের SWR পরিমাপ পদ্ধতি ঃ

উচ্চমানের SWR পরিমাপের ক্ষেত্রে সর্বনিম্ন ভোল্টেজের মান অনেক কম হওয়ায় তা সরাসরি নির্ণয় করা কঠিন। এই সমস্যা সমাধানে 'মিনিমাম প্রশস্ততা পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। যেখানে সর্বোচ্চ ভোল্টেজ পরিমাপের প্রয়োজন পড়ে না। এই পদ্ধতিতে ডিটেক্টরের আউটপুট ভোল্টেজ সর্বনিম্ন বিন্দুর কাছে একটি প্যারাবোলা তৈরি করে। ফলে যা SWR এর মান নির্দেশ করে। শুরুতে প্রোবটিকে ওয়েভগাইডের গভীরে প্রবেশ করিয়ে ভোল্টেজ মিনিমাম অবস্থান শনাক্ত করা হয়। এরপর প্রোবটিকে ডানে ও বামে সরিয়ে এমন দুটি বিন্দু খুঁজে বের করা হয়। যেখানে ভোল্টেজের মান সর্বনিম্ন

ভোল্টেজের তুলনায় $\sqrt{2}$ গুণ বেশি। এই দুই বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব Δ_d অত্যন্ত সূক্ষ্মভাবে পরিমাপ করা হয়। প্রোপ্রাগেশন ওয়েভলেংথ (λ_p) এবং পরিমাপকৃত দূরত্ব (Δd) ব্যবহার করে।

SWR নির্ণয় করার সূত্র ঃ

$$\text{SWR} = \frac{\lambda_p}{\pi \Delta d}$$

এই পদ্ধতিটি ভোল্টেজ ম্যাক্সিমাম পরিমাপের জটিলতা এড়িয়ে নির্ভুলভাবে উচ্চ SWR মান পরিমাপ করে।

অধ্যায়-৬ মাইক্রোওয়েভ অ্যান্টেনা ও সেমিকন্ডাক্টর মাইক্রোওয়েভ ডিভাইস

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

*** ১। MASER বলতে কী বুঝায় কী?

বাকাশিবো- ২০১২, ১৫'পরি, ১৮, ১৮'পরি, ২৩'পরি, ২২

উত্তর ঃ MASER একটি অতি সংবেদনশীল এবং লো-নয়েজ অ্যামপ্লিফায়ার যা মাইক্রোওয়েভ সিগন্যালকে শক্তিশালী করে।

MASER এর পূর্ণরূপ হলো ঃ Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

*** ২। হর্ন অ্যান্টেনা (Horn Antenna) এর কাজ লেখ।

বাকাশিবো- ২০০৮, ১০, ১১, ১২, ১৭, ১৮'পরি, ২৪'পরি, ২৩

উত্তর ঃ ওয়েভগাইডের এক প্রান্ত খোলা রেখে তাকে হর্ন বা চোঙার মতো আকৃতি দেওয়া হয়, তাকে হর্ন অ্যান্টেনা বলে। এটি ওয়েভগাইড এবং মুক্ত আকাশের মধ্যে ইম্পিডেন্স ম্যাচিং ঘটিয়ে সিগন্যালকে বিকিরণ করতে সাহায্য করে।

** ৩। প্যারামেট্রিক অ্যামপ্লিফায়ার (Parametric Amplifier) কী?

বাকাশিবো- ২০১৯, ২৩

উত্তর ঃ যে অ্যামপ্লিফায়ারে কোনো সক্রিয় ডিভাইসের রিয়্যাকট্যান্স (যেমন ঃ ভ্যারাকটর ডায়োড) পরিবর্তনের মাধ্যমে সিগন্যালকে শক্তিশালী করা হয়, তাকে প্যারামেট্রিক অ্যামপ্লিফায়ার বলে। এটি খুব কম নয়েজ উৎপন্ন করে।

**** ৪। মাইক্রোওয়েভ ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে কোন ধরনের সেমিকন্ডাক্টর বেশি ব্যবহৃত হয়?** বাকাশিবো- ২০১৪'পরি, ১২, ২২

উত্তর ঃ মাইক্রোওয়েভ ট্রানজিস্টর তৈরির ক্ষেত্রে সিলিকন সেমিকন্ডাক্টর বেশি ব্যবহৃত হয় । কিছু উচ্চ মাইক্রোওয়েবে ক্ষেত্রে গ্যালিয়াম আর্সেনাইড সব থেকে কার্যকর ভাবে ব্যবহৃত হয়।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। প্যারামেট্রিক (Parametric) অ্যামপ্লিফায়ারের মূলনীতি লেখ।**

বাকাশিবো- ২০১৩, ১৪, ১৬, ১৮, ২০'পরি, ২১, ২৪'পরি

উত্তর ঃ প্যারামেট্রিক (Parametric) অ্যামপ্লিফায়ারের মূলনীতি নিম্নে দেওয়া হলো ঃ

প্যারামেট্রিক অ্যামপ্লিফায়ার ভ্যারাক্টর ডায়েড ব্যবহার করে কাজ করে। অ্যামপ্লিফিকেশনের জন্য ডিভাইসের একটি ক্যাপাসিট্যান্স পরিবর্তন করা। যখন ভ্যারাক্টর ডায়েডের ক্যাপাসিট্যান্সকে পাম্প ফ্রিকোয়েন্সির সাহায্যে ইনপুট সিগন্যাল ফ্রিকোয়েন্সির তুলনায় অনেক বেশি ফ্রিকোয়েন্সিতে পরিবর্তন করা হয়। তখন পাম্প সোর্স থেকে শক্তি ইনপুট সিগন্যালে স্থানান্তরিত হয়। ফলে সিগন্যালটি শক্তিশালী হয়। এটি নয়েজ কমানোর জন্য ব্যবহৃত হয়।

***** ২। একটি মাইক্রোওয়েভ অ্যান্টেনার বৈশিষ্ট্যসমূহ লেখ।**

বাকাশিবো- ২০০৩, ০৯, ১১, ১২, ১৪, ১৮'পরি, ২১, ২৪'পরি

উত্তর ঃ মাইক্রোওয়েভ অ্যান্টেনার প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলো নিচে দেওয়া হলো ঃ

i) মাইক্রোওয়েভ রিসিভারগুলো সাধারণ রিসিভারের তুলনায় অনেক বেশি শব্দ তৈরি করে।

ii) এই সিগন্যাল সবদিকে ছড়িয়ে পড়ে না। ফলে সবদিকে কাজ করে এমন অ্যান্টেনার প্রয়োজন হয় না।

iii) ফ্রিকোয়েন্সি যত বাড়ে, অ্যান্টেনার আকার তত ছোট হয়। ফলে ডিভাইসের পাওয়ার খরচ ও পাওয়ার বহন করার ক্ষমতা কমে যায়।

iv) মাইক্রোওয়েভ অ্যান্টেনা খুব বেশি দিক নির্ভরশীল হয়। ফলে নির্দিষ্ট দিকে সিগন্যাল পাঠাতে দক্ষ।

v) মাইক্রোওয়েভ সিগন্যালের তরঙ্গদৈর্ঘ্য (wavelength) খুব কম হওয়ার অ্যান্টেনাগুলোর আকার ছোট হয়।

**** ৩। মাইক্রোওয়েভ ট্রানজিস্টরের প্রয়োগ ক্ষেত্র লেখ।**

বাকাশিবো- ২০১১, ১৫'পরি, ২১

উত্তর ঃ মাইক্রোওয়েভ ট্রানজিস্টর উচ্চ ফ্রিকোয়েন্সিতে কাজ করার জন্য তৈরি করা হয়। মাইক্রোওয়েভ ট্রানজিস্টরের প্রয়োগ ক্ষেত্র নিচে দেওয়া হলো ঃ

i) রেডিওটেলিমেট্রি রিসিভার।

ii) ওয়াইড ব্যান্ড মাইক্রোওয়েভ লিংক।

iii) রেডিও ত্রস্ট্রোনমি রিসিভার।

iv) ট্রপোস্ফেরিক স্ক্যাটার রিসিভারে।

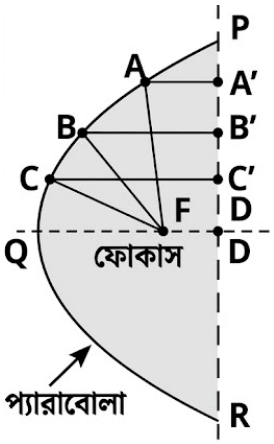
v) রাডার ও স্যাটেলাইট যোগাযোগে।

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

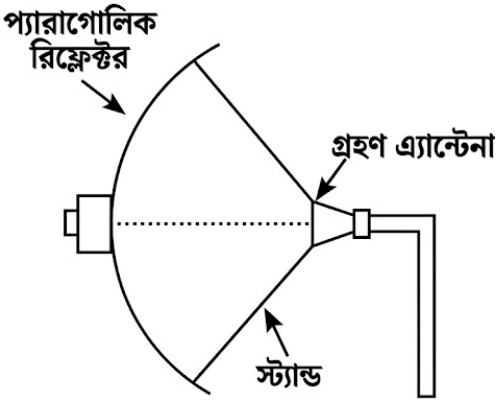
১। চিত্রসহ প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টেনার গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

বাকাশিবো- ২০০৬, ০৮, ০৯, ১০, ১১, ১২, ১৪, ১৫'পরি, ১৬'পরি, ১৭, ১৮'পরি, ১৯, ২১, ২২, ২৩'পরি, ২৪'পরি, ২৪

উত্তর ঃ প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টেনার গঠন এবং কার্যপ্রণালি নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ Parabola



চিত্র ঃ Customer dish antenna

গঠনপ্রণালি ঃ প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টেনা জ্যামিতিক আকৃতির প্রতিফলক পৃষ্ঠ থাকে তাকে প্যারাবোলিক রিফ্লেক্টর বলা হয়। এই পৃষ্ঠটি তিন মাত্রার একটি বক্রতলের কাজ করে। যা ধাতব পদার্থ দিয়ে তৈরি। এই অ্যান্টেনার গঠনের প্রধান অংশ হলো ফোকাস বিন্দু বা ডিশের সামনে নির্দিষ্ট দূরত্বে বিন্দুটি অবস্থান। যেখানে মাইক্রোওয়েভ কেন্দ্রীভূত হয়। এই ফোকাস

বিন্দুতে একটি গ্রাহক অ্যান্টেনা স্থাপন করার জন্য একটি স্ট্যান্ড থাকে। সমগ্র ডিশটি এমনভাবে ডিজাইন করা হয় যাতে এর পৃষ্ঠের জ্যামিতিক গঠন সব সময় আগত তরঙ্গকে নির্দিষ্ট বিন্দুতে পাঠাতে পারে।

কার্যপ্রণালি ঃ প্যারাবোলিক অ্যান্টেনার কাজ করার পদ্ধতি অত্যন্ত চমৎকার ও বিজ্ঞানসম্মত। যখন কোনো তরঙ্গ গ্রহণ করে তখন ডিশের অক্ষের সমান্তরালে আসা সকল মাইক্রোওয়েভ সিগন্যাল ডিশের প্রতিফলক তলে বাধা পায়। প্যারাবোলার বিশেষ ধর্মের কারণে এই প্রতিফলিত তরঙ্গগুলো ভিন্ন ভিন্ন দিকে না গিয়ে সরাসরি ফোকাস বিন্দুতে এসে মিলিত হয়। এর ফলে ফোকাস বিন্দুতে থাকা গ্রাহক অ্যান্টেনা খুব শক্তিশালী সিগন্যাল গ্রহণ করতে পারে। যা সিগন্যালের মান বাড়িয়ে দেয়। একইভাবে যখন একে ট্রান্সমিটার হিসেবে ব্যবহার করা হয়। তখন ফোকাস বিন্দু থেকে উৎপন্ন তরঙ্গ ডিশে প্রতিফলিত হয়ে একটি সমান্তরাল ও শক্তিশালী বিম হিসেবে বহুদূর পর্যন্ত ছড়িয়ে পড়ে। তরঙ্গের এই কেন্দ্রীভবন এবং নির্দিষ্ট দিকে প্রেরণের ক্ষমতার কারণে এটি তথ্য আদান-প্রদানে অত্যন্ত কার্যকর।

অধ্যায়-৭ রাডার

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। Radar-এর Frequency রেঞ্জ কত?**

বাকাশিবো- ২০০৮, ১১, ১২, ২৪'পরি

উত্তর ঃ রাডার রিসিভারের ক্ষেত্রে 30 থেকে 60 মেগাহার্টজ (MHz) রেঞ্জের ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকোয়েন্সি (IF) ব্যবহার করা হয়।

***** ২। পূর্ণনাম লেখ ঃ RADAR and IMPATT?**

বাকাশিবো- ২০০৩, ০৪, ০৬, ০৯, ১০, ১২, ১৬, ১৭, ২১

উত্তর ঃ

i) Radar-এর পূর্ণ অর্থ হলোঃ Radio Detection and Ranging

ii) IMPATT-এর পূর্ণনাম হলোঃ Impact Ionization Avalanche Transit Time

***** ৩। MASER কী?**

বাকাশিবো- ২০২৪'পরি

উত্তর ঃ MASER হলো একটি লো-নয়েজ মাইক্রোওয়েভ অ্যামপ্লিফায়ার। এটি রাডার রিসিভারে অ্যান্টেনা প্রাপ্ত দুর্বল ইকো সিগন্যালকে খুব কম নয়েজসহ বর্ধিত করে রিসিভারের সেনসিটিভিটি বৃদ্ধি করার কাজে ব্যবহৃত হয়।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

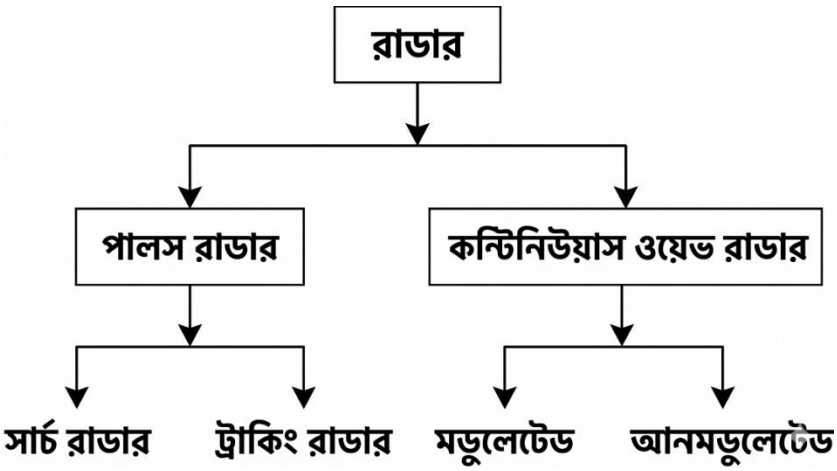
***** ১। Radar কী?** বাকাশিবো- ২০১৯, ২০'পরি, ২৪'পরি, ২৩

উত্তর ঃ রাডার হলো যার মাধ্যমে নির্দিষ্ট দূরত্বে অবস্থিত কোনো অবজেক্টে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক সিগন্যাল প্রেরণ করা হয়। ফলে অবজেক্টে বাধা পেয়ে ফিরে আসা ইকো (Echo) সিগন্যাল বিশ্লেষণ করে অবজেক্টের অবস্থান, দূরত্ব ও গতিবিধি নির্ণয় করা যায়।

***** ২। রাডার কত প্রকার ও কী কী?**

বাকাশিবো- ২০১২, ১৪, ১৫, ১৭, ২১, ২২, ২৪'পরি

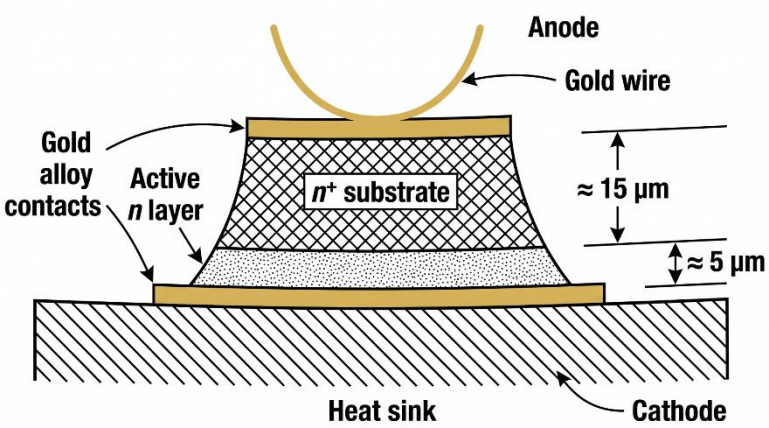
উত্তর ঃ রাডার কত প্রকা ভেদ নিম্নে দেওয়া হলো ঃ



***** ৩। Gunn diode-এর গঠন বর্ণনা দাও।**

বাকাশিবো- ২০০৯, ১০, ১১, ১৬'পরি, ১৭, ২৩'পরি, ২৩

উত্তর ঃ Gunn diode-এর গঠন নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ Gunn diode

গঠনপ্রণালি ঃ গ্যালিয়াম আর্সেনাইড (GaAs) বা ইন্ডিয়াম ফসফাইড (InP)-এর একটি পাতলা এন-টাইপ (n-type) স্তরের দুই পাশে দুটি ভারী ডোপিং করা স্তর যুক্ত করে গান ডায়োড তৈরি করা হয়। যার নেগেটিভ রেজিস্ট্যান্স কাজ করে। ফলে মাইক্রোওয়েভ ফ্রিকোয়েন্সিতে সিগন্যাল তৈরি হয়। উচ্চ ভোল্টেজ গ্রেডিয়েন্ট প্রয়োগ করলে এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রনের গতি বৃদ্ধি পায় ।যা অসিলেটর হিসেবে কাজ করে।

**** ৪। ডুপ্লেক্সার কী?** বাকাশিবো- ২০০৪, ০৬, ০৭, ০৯, ১০, ১১, ১২, ১৪, ১৯, ২২

উত্তর ঃ ডুপ্লেক্সার হলো একটি ইলেকট্রনিক ডিভাইস যা একই অ্যান্টেনা ব্যবহার করে সিগন্যাল ট্রান্সমিট (প্রেরণ) এবং রিসিভ (গ্রহণ) করার সুযোগ করে দেয়। এটি নির্দিষ্ট সময় মাল্টিপ্লেক্সিং-এর মাধ্যমে অন্টেনাকে পর্যায়ক্রমে প্রেরক ও গ্রাহক হিসেবে কাজ করে।

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

১। রাডার রেঞ্জ সমীকরণ প্রতিপাদন কর। বাকাশিবো- ২০০৬, ০৭, ০৯, ১০, ১১, ১২, ১৩, ১৬, ১৬'পরি, ১৭, ১৮, ১৮'পরি, ২০, ২০'পরি, ২১, ২৩, ২৪, ২৪'পরি

উত্তর ঃ রাডার রেঞ্জ সমীকরণ প্রতিপাদন নিচে দেওয়া হলো ঃ

ব্যবহৃত সংকেতসমূহ ঃ

P_T = প্রেরিত পাওয়ার (Transmitted Power)

P_R = গৃহীত পাওয়ার (Received Power)

G_T = প্রেরক অ্যান্টেনার গেইন

G_R = গ্রাহক অ্যান্টেসার গেইন

S = টার্গেটের ক্ষেত্রফল(Radar Cross-Section)

d = টার্গেটের দূরত্ব(Distance)

A = অ্যান্টেনার কার্যকর ক্ষেত্রফল (Effective Aperture)

λ = তরঙ্গ দৈর্ঘ্য (Wavelength)

গাণিতিক প্রমাণ ঃ

d দূরত্বে প্রেরিত পাওয়ার ঘনত্ব ঃ $Power\ Density = \frac{P_T G_T}{4\pi d^2}$

টার্গেট দ্বারা প্রাপ্ত পাওয়ার ঃ $P_{target} = \frac{P_T\ G_T S}{4\pi d^2}$

গ্রাহক অ্যান্টেনার কাছে প্রতিফলিত পাওয়ারের ঘনত্ব ঃ

$$Reflected\ Power\ Density = \frac{P_T G_T S}{(4\pi d^2)^2}$$

মোট গৃহীত পাওয়ার (P_R) ঃ $P_R = \frac{P_T G_T S}{(4\pi d^2)^2} A$

আমরা জানি, অ্যান্টেনা গেইন এবং ক্ষেত্রফলের সম্পর্ক ঃ

$$G_R = \frac{4\pi A}{\lambda^2} \Rightarrow A = \frac{\lambda^2 G_R}{4\pi}$$

A- এর মান উপরের প্রাপ্ত P_R এর সমীকরণে বসিয়ে পাই ঃ

$$P_R = \frac{P_T)G_T)S}{(4\pi d^2)^2})\frac{\lambda^2 G_R}{4\pi}$$

বা, $P_R = \frac{P_T G_T\ G_R S\lambda^2 S}{(4\pi)^3 d^4}$

দূরত্বের সমীকরণ (d) ঃ $d^4 = \frac{P_T G_T G_R\ \lambda^2 S}{(4\pi)^3)P_R}$

বা, $d = \left[\frac{p_T G_t G_R \lambda^2 S}{(4\pi)^3 P_R}\right]^{\frac{1}{4}}$

সর্বোচ্চ রাডার রেঞ্জ (d_{max})-এর ক্ষেত্রে, যদি সর্বনিম্ন সিগন্যাল

p_{Rmin} হয়; $d_{max} = \left[\frac{P_T\ G_T G_R \lambda^2 S}{(4\pi)^3\ P_{Rmin}}\right]^{\frac{1}{4}}$

এই সমীকরণটি সর্বোচ্চ রাডার রেঞ্জ নির্ণয়ের সমীকরণ হিসাবে ব্যবহৃত হয়

অধ্যায়-৮ রাডার সিস্টেম

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১।পূর্ণনাম লেখ ঃ ATR and MTI** বাকাশিবো- ২০০৭, ১৩

উত্তর ঃ i) ATR-এর পূর্ণ অর্থ হলোঃ Anti-Transmit Receiver অথবা Anti-Transmit Receive.

ii) MTI-এর পূর্ণ অর্থ হলোঃ Moving Target Indicator

***** ২। FM-CW Radar কী?** বাকাশিবো- ২০১৮'পরি, ২০

উত্তর ঃ যে রাডার কন্টিনিউয়াস ওয়েভ সিগন্যালকে ফিকোয়েন্সি মডুলেশনের মাধ্যমে ব্যবহার করে নিখুঁতভাবে টার্গেটের দূরত্ব বা রেঞ্জ নির্ণয় করতে পারে, তাকে FM-CW Radar বলে।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। Doppler effect বা প্রতিক্রিয়া কী?**

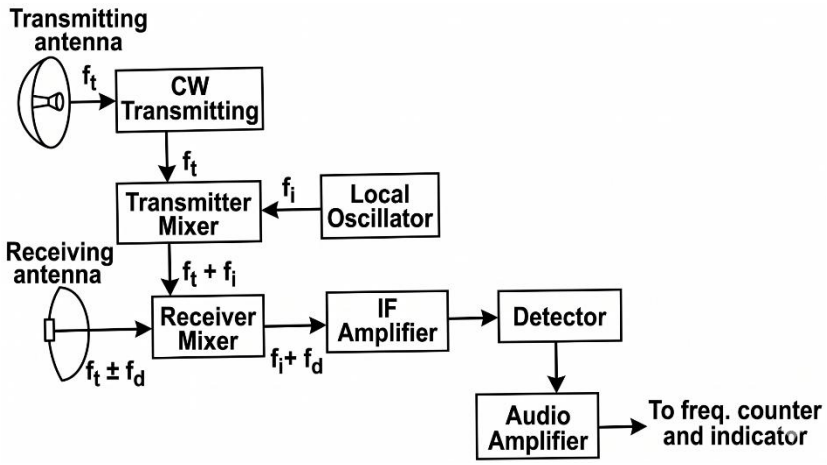
বাকাশিবো- ২০০৬, ২০'পরি, ২১, ২৩, ২৪'পরি

উত্তর ঃ তরঙ্গের উৎস এবং শ্রোতার মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকে, তবে শ্রোতার কাছে তরঙ্গের তীক্ষ্ণতার যে পরিবর্তন অনুভূত হয়, তাকে ডপলার ইফেক্ট বা ডপলার ক্রিয়া বলা হয়। উৎস কাছে আসলে তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বেড়ে যায় এবং দূরে গেলে কমে যায়।

** ২। CW Radar-এর ব্লক চিত্র আঁক।

বাকাশিবো- ২০০৮, ১০, ১১, ১২, ১৮, ২৩'পরি

উত্তর ঃ CW Radar-এর ব্লক চিত্র নিচে দেওয়া হলো ঃ



চিত্র ঃ **Block diagram of CW Doppler radar**

*** ৩। Duplexer-এর কাজ কী? এটি কীভাবে গঠিত হয়?

বাকাশিবো- ২০০৪, ০৬, ০৯, ১১, ১২, ১৪'পরি, ১৫, ১৬, ১৭, ১৮, ১৮'পরি, ২৩'পরি, ২৪'পরি

উত্তর ঃ ডুপ্লেক্সার হলো এমন একটি সার্কিট যার মাধ্যমে একটি মাত্র অ্যান্টিনাকে একই সাথে ট্রান্সমিটার (প্রেরক) এবং রিসিভার (গ্রাহক) হিসেবে ব্যবহার করা যায়। এটি দ্রুতগতিসম্পন্ন TR (Transmit Receive) সুইচ এবং একটি ATR (Anti-Transmit Receive) ব্লকের সমন্বয়ে গঠিত।

*** ৪। Duplexer-এর মূলনীতি লেখ।

বাকাশিবো- ২০২০'পরি, ২৩

উত্তর ঃ ডুপ্লেক্সার এমনভাবে কাজ করে যেন উচ্চ শক্তির ট্রান্সমিশন পালস সেনসিটিভ রিসিভারকে ক্ষতিগ্রস্ত করতে না পারে। এর TR ব্লকের গ্যাস ভর্তি

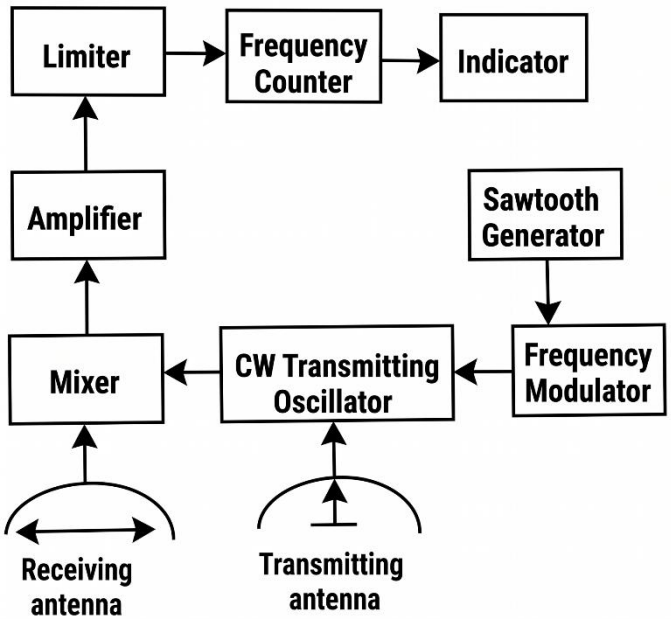
টিউব যখন ট্রান্সমিশন পালস পায়। তখন গ্যাস আয়োনাইজড হয়ে পথটি সুগম করে দেয় যা সিগন্যাল অ্যান্টিনায় পৌঁছায়। অন্যদিকে ATR ব্লকটি আউটপুটহীন সুইচের মতো কাজ করে যা ট্রান্সমিশনের সময় রিসিভারকে বিচ্ছিন্ন রাখে। যা সিগন্যাল গ্রহণ করার সময় রিসিভারকে অ্যান্টিনার সাথে যুক্ত করে। গ্যাস টিউব আয়োনাইজড হওয়া বা না হওয়ার উপর ভিত্তি করে এটি ওপেন ও শর্ট সার্কিটের মতো আচরণ করে সুইচিং সম্পন্ন করে।

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। FMCW রাডারের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।**

বাকাশিবো- ২০০৯, ১০, ১১, ১২, ১৬, ১৮'পরি, ২৩, ২৪

উত্তর ঃ FMCW রাডারের কার্যপদ্ধতি নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ Block diagram of FM CW radar

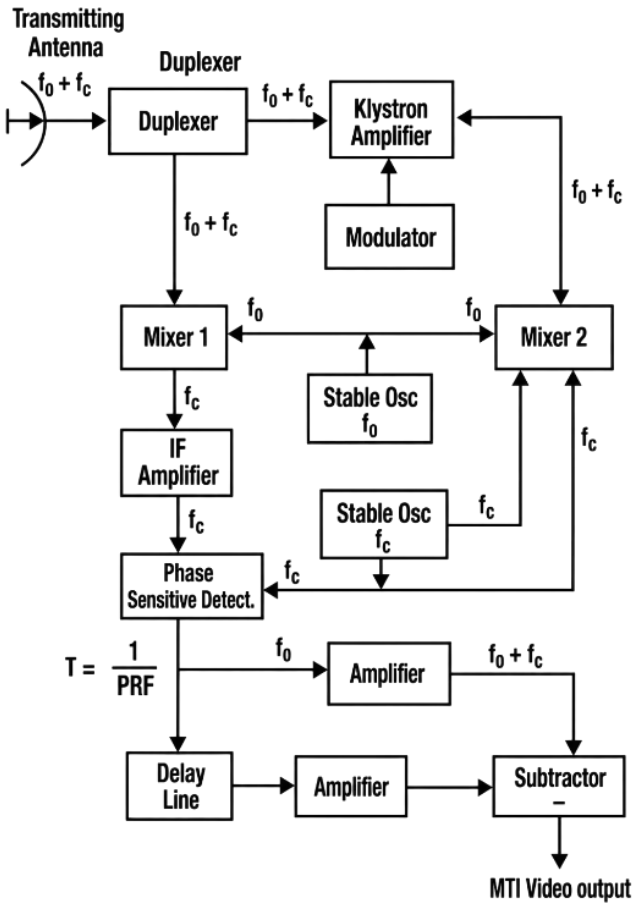
কার্যপ্রণালি ঃ সটুথ জেনারেটর ও মডুলেটর-এর সাহায্যে প্রেরিত সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি সময়ের সাথে পরিবর্তন করা হয়। যখন ট্রান্সমিটিং অ্যান্টেনা দিয়ে

এই পরিবর্তনশীল ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যাল পাঠানো হয়। তখন সেটি লক্ষ্যবস্তুতে বাধা পেয়ে প্রতিফলিত হয়ে ফিরে আসতে সময় নেয়। এই সময়ের ব্যবধানে ট্রান্সমিটারের বর্তমান ফ্রিকুয়েন্সি আগের চেয়ে বদলে যায়।রিসিভিং অ্যান্টেনা সেই প্রতিফলিত সিগন্যালটি গ্রহণ করে মিক্সার-এ পাঠায়। মিক্সার তখন প্রেরিত সিগন্যাল ও ফিরে আসা সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সির পার্থক্য বের করে। এই পার্থক্যের পরিমাণ লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব নির্দেশ করে। এরপর সিগন্যালটিকে অ্যামপ্লিফায়ার দিয়ে শক্তিশালী করে। ফলে লিমিটার দিয়ে নয়েজ মুক্ত করে ফ্রিকুয়েন্সি কাউন্টার-এ পাঠানো হয়। সবশেষে ইন্ডিকেটর বা ডিসপ্লে ইউনিটে লক্ষ্যবস্তুর সঠিক দূরত্বটি ভেসে উঠে। এভাবে সহজ ও নির্ভুলভাবে FM-CW রাডার কাজ করে থাকে। CW রাডারে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব নির্ণয় করা যায় না বলে FM-CW রাডার ব্যবহার করা হয়।

*** ২। MTI রাডারের ব্লকচিত্র অঙ্কন করে বিভিন্ন অংশের বর্ণনা দাও।

বাকাশিবো- ২০০৬, ০৮, ০৯, ১০, ১১, ১২, ১৫,১৬, ১৬'পরি, ২০'পরি, ২৪'পরি

উত্তর ঃ MTI রাডারের ব্লকচিত্র অঙ্কন করে বিভিন্ন অংশ নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ Block diagram of MTI radar

কার্যপ্রণালি ঃ MTI রাডার চলমান লক্ষ্যবস্তু শনাক্ত করার জন্য ডপলার প্রভাব ব্যবহার করে। এর শুরুতে স্ট্যাবল অসিলেটর (fo) এবং কো-হ্যারেন্ট অসিলেটর (fc) থেকে প্রাপ্ত সিগন্যাল মিক্সার-2 এ একত্রিত হয়ে উচ্চ কম্পাঙ্কের সিগন্যাল তৈরি করে। এই সিগন্যালটি ক্লাইস্ট্রন অ্যাম্পলিফায়ারের মাধ্যমে শক্তিশালী হয়ে ডুপ্লেক্সার ও অ্যান্টেনার সাহায্যে প্রেরিত হয়। লক্ষ্যবস্তু

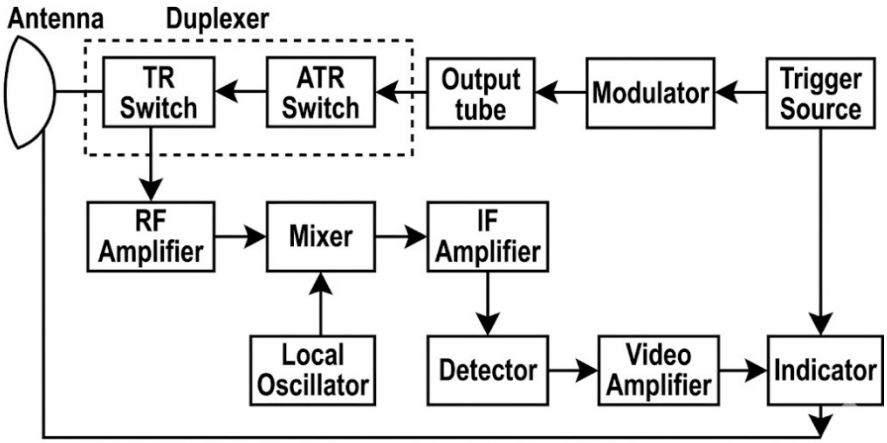
থেকে প্রতিফলিত হয়ে ফিরে আসা সিগন্যাল পুনরায় অ্যান্টেনা দ্বারা গৃহীত হয়ে মিক্সার-1 এ আসে। ফলে যেখানে এটি থেকে fo বাদ দিয়ে ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি (fc) আলাদা করা হয়।

তারপর IF অ্যাম্পলিফায়ার সিগন্যালটিকে বর্ধিত করে ফেজ সেনসিটিভ ডিটেক্টরে পাঠানো হয়। এখানে আগত সিগন্যালের সাথে রেফারেন্স সিগন্যালের তুলনা করে ফেজ পার্থক্য নির্ণয় করা হয়। ডিটেক্টর থেকে বের হওয়া আউটপুটটি দুটি পথে ভাগ হয়ে সাবট্রাক্টরে যায়। একটি পথ সরাসরি যায়। অন্যটি ডিলে লাইনের মাধ্যমে নির্দিষ্ট সময় $T = \frac{1}{PRF}$ দেরি করে পৌঁছায়। স্থির বস্তু থেকে আসা পরপর দুটি পালসের মধ্যে কোনো পার্থক্য না থাকায় সাবট্রাক্টরে বিয়োগফল শূন্য হয়। ফলে সেগুলো পর্দা থেকে মুছে যায়। চলমান বস্তুর ক্ষেত্রে ফেজ পার্থক্য থাকায় একটি নির্দিষ্ট আউটপুট পাওয়া যায়। যা MTI ভিডিও আউটপুট হিসেবে স্ক্রিনে ফুটে উঠে। এভাবে স্থির চিত্র বাদ দিয়ে শুধুমাত্র চলমান লক্ষ্যবস্তুকে শনাক্ত করা হয়।

**** ৩। ব্লক চিত্রের সাহায্যে পালস রাডারের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।**

বাকাশিবো- ২০০৯, ১৮, ১৯, ২২

উত্তর ঃ ব্লক চিত্রের সাহায্যে পালস রাডারের কার্যপদ্ধতি নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ **Block diagram of Pulse radar**

কার্যপ্রণালি ঃ ট্রিগার সোর্স নির্দিষ্ট সময় পর পর পালস তৈরি করে সিস্টেমের সময় নিয়ন্ত্রণ করে। যা মডুলেটরে গিয়ে উচ্চ ভোল্টেজের আয়তাকার পালসে পরিণত হয়। এই পালসটি আউটপুট টিউবে পৌঁছালে শক্তিশালী রেডিও ফিকোয়েন্সি সিগন্যাল তৈরি করে। ডুপ্লেক্সার এই সিগন্যালকে সরাসরি অ্যান্টেনায় পাঠায়। অ্যান্টেনা সেটি আকাশে ছড়িয়ে দেয়। কোনো বস্তুতে বাধা পেয়ে ফিরে আসা দুর্বল ইকো সিগন্যালটি অ্যান্টেনা পুনরায় গ্রহণ করে ডুপ্লেক্সার তা রিসিভারের দিকে পাঠিয়ে দেয়। রিসিভার অংশে থাকা RF অ্যামপ্লিফায়ার সিগন্যালটিকে শক্তিশালী করে। মিক্সার ও লোকাল অসিলেটর মিলে সহজবোধ্য IF সিগন্যালে রূপান্তর করে। এই সিগন্যাল IF অ্যামপ্লিফায়ার আরও বর্ধিত হয়ে ডিটক্টরে পৌঁছায়। ফলে যেখানে সিগন্যাল থেকে তথ্য বা ভিডিও পালস আলাদা করা হয়। ভিডিও অ্যামপ্লিফায়ার সেই

সিগন্যালটিকে আরও স্পষ্ট করে ইন্ডিকেটর বা ডিসপ্লেতে পাঠায়। যার ফলে মাধ্যমে আমরা পর্দায় লক্ষ্যবস্তুর অবস্থান ও দূরত্ব দেখতে পাই।

অধ্যায়-৯ রাডারের ট্র্যাকিং এবং ইমেজিং

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। ট্র্যাকিং রাডার কী?** বাকাশিবো- ২০১৮

উত্তর ঃ যে রাডার কোনো নির্দিষ্ট লক্ষ্যবস্তু শনাক্ত করে তার অবস্থান নির্ধারণ করে এবং লক্ষ্যবস্তুটির গতিপথ সম্পর্কে আগাম ধারণা দিতে পারে তাকে ট্র্যাকিং রাডার বলা হয়।

***** ২। ইমেজিং রাডার বলতে কী বুঝায়?** বাকাশিবো- ২০২৪

উত্তর ঃ ইমেজিং রাডার হলো এমন এক ধরনের রাডার যা দ্বিমাত্রিক চিত্র তৈরি করতে ব্যবহৃত হয়। এটি কোনো অঞ্চলের প্রাকৃতিক দৃশ্য বা বস্তুর ছবি রেকর্ড করার কাজে ব্যবহৃত হয়। এই প্রক্রিয়ায় একটি অ্যান্টেনা এবং ডিজিটাল কম্পিউটার স্টোরেজ ব্যবহার করা হয়।

**** ৩। পূর্ণরূপ লেখঃ SAR and ADTR**

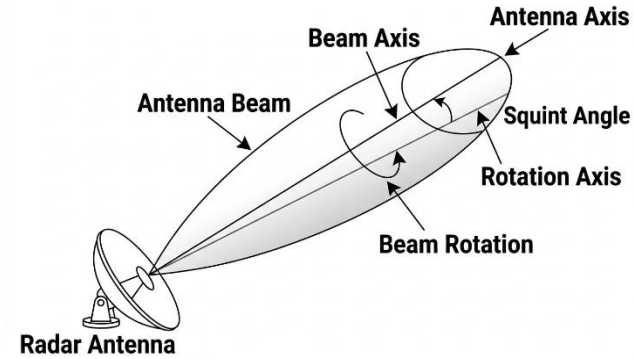
উত্তর ঃ i) SAR-এর পূর্ণরূপ হলোঃ Synthetic Aperture Radar

ii) ADTR-এর পূর্ণরূপ হলোঃ Automatic Detection and Tracking Radar

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। কনিক্যাল স্ক্যান ব্যাখ্যা কর।** বাকাশিবো- ২০১৮, ২৪'পরি

উত্তর ঃ কনিক্যাল স্ক্যান এর ব্যাখ্যা নিচে দেওয়া হলো ঃ



চিত্র ঃ Conical

কার্যপ্রণালি ঃ যখন কোনো লক্ষ্যবস্তুকে ট্র্যাক করার জন্য অ্যান্টেনা বিমকে ক্রমাগত ঘোরানো হয় তখন তাকে কনিক্যাল স্ক্যান বলা হয়। কোনো লক্ষ্যবস্তু খোঁজার কাজে কনিক্যাল স্ক্যান অত্যন্ত কার্যকর। ফলে Squint angle টি বিম অক্ষ এবং ঘূর্ণমান অক্ষের মধ্যস্থলে অবস্থান করে। যখন লক্ষ্যবস্তু থেকে ফিরে আসা ইকো সিগন্যাল ফিকোয়েন্সি এবং মডুলেটেড ফিকোয়েন্সি সমান হয়ে যায় তখন অ্যান্টেনা বিম ঘুরতে শুরু করে। চিত্রের লক্ষ্য এবং ঘূর্ণন অক্ষের কোণটি মূলত সংশোধিত সংকেতের প্রশস্ততা নির্ধারণ করে থাকে।

***** ২। Tracking Radar-এর কাজ লেখ।** বাকাশিবো- ২৩, ২৪'পরি, ২৪

উত্তর ঃ ট্র্যাকিং রাডারের প্রধান কাজগুলো নিচে দেওয়া হলোঃ

i) লক্ষ্যবস্তু শনাক্ত করা।

ii) লক্ষ্যবস্তুর অবস্থান নিখুঁতভাবে নির্ধারণ করা।

iii) লক্ষ্যবস্তুর গতিপথের পূর্বাভাস দেওয়া।

iv) ডপলার ফিকোয়েন্সি শিফট খুঁজে বের করা।

অধ্যায়-১০

রাডার ডিসপ্লে

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। Radar display কী?** বাকাশিবো- ২০২৪'পরি, ২৪

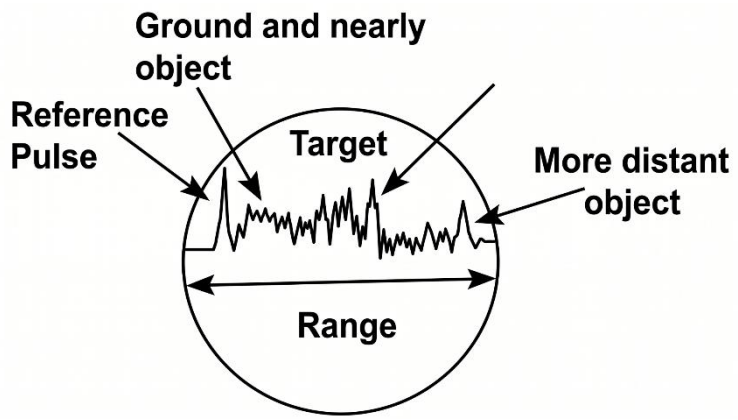
উত্তর ঃ রাডার ডিসপ্লে হলো একটি ইলেকট্রনিক আউটপুট ডিভাইস যা একজন অপারেটরকে রাডার থেকে প্রাপ্ত তথ্য দৃশ্যমানভাবে উপস্থাপন করে। এটি রাডার সিস্টেমের মাধ্যমে সংগৃহীত লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, অবস্থান এবং গতিবেগ ইলেকট্রনিক সিগন্যালের সাহায্যে স্ক্রিনে ফুটিয়ে তোলে।

**** ২। PPI-এর পূর্ণরূপ কী?** বাকাশিবো- ২০২০'পরি, ২৪

উত্তর ঃ PPI Display-এর পূর্ণরূপ হলো ঃ Plan Position Indicator Display।

**** ৩। স্কোপ ডিসপ্লে চিত্র অঙ্কন কর।** বাকাশিবো- ২০২৪

উত্তর ঃ স্কোপ ডিসপ্লে চিত্র অঙ্কন নিম্নে করা হলো ঃ



চিত্র ঃ Scope display

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। এ-স্কোপ এবং বি-স্কোপের বর্ণনা দাও।** বাকাশিবো- ২০১৯, ২০, ২৪'পরি

উত্তর ঃ রাডার সিস্টেমে বিভিন্ন ধরনের ডিসপ্লে ব্যবহৃত হয় যার মধ্যে এ-স্কোপ এবং বি-স্কোপ।

এ-স্কোপ ঃ এটি একটি দ্বি-মাত্রিক রাডার ডিসপ্লে যা ডিফ্লেকশন মডুলেশন পদ্ধতিতে কাজ করে। এতে লক্ষ্যবস্তুর পাল্লা বা দূরত্ব প্রদর্শিত হয় এবং রাডার ট্র্যাকিং কাজে বেশি ব্যবহৃত হয়।

বি-স্কোপ ঃ এটি একটি দ্বি-মাত্রিক ডিসপ্লে তবে এটি ইনটেনসিটি মডুলেশন পদ্ধতিতে কাজ করে। এর অনুভূমিক রেখায় আজিমুথ (Azimuth) কোণ এবং উলম্ব রেখায় লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব দেখানো হয়। যা সামরিক রাডারে বেশি ব্যবহৃত হয়।

**** ২। A-scope, B-scope এবং C-Scope-এর সীমাবদ্ধতাগুলো লেখ।** বাকাশিবো- ২০২২, ২৪'পরি

উত্তর ঃ A-scope, B-scope এবং C-Scope-এর সীমাবদ্ধতাগুলো নিচে দেওয়া হলো ঃ

i) সর্বোচ্চ পাওয়ার প্রেরণে সীমাবদ্ধতা থাকায় লক্ষ্যবস্তুর সীমা অনেক সময় কমে যায়।

ii) স্ক্রিনে একসঙ্গে অনেকগুলো টার্গেট থাকলে সঠিকটি শনাক্ত করতে বিভ্রান্তি হতে পারে।

iii) নিখুঁতভাবে টার্গেট রেঞ্জ নির্ধারণে ব্যর্থ হওয়া এদের একটি বড় সীমাবদ্ধতা।

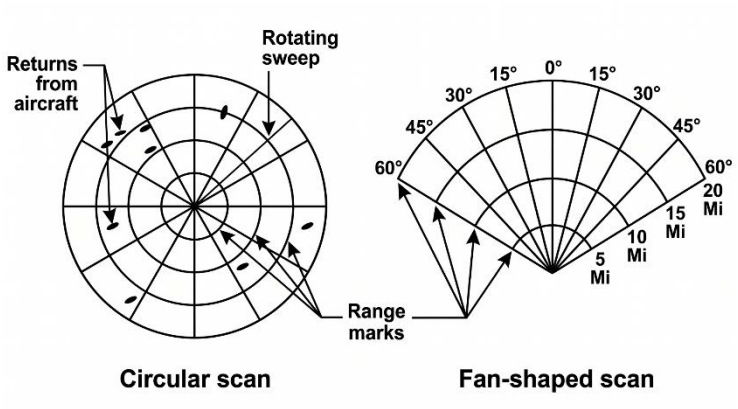
iv) এদের সিগন্যালগুলো সাধারণত 200 মিটারের মতো সীমিত পরিসরে কার্যকর থাকে।

v) কোনো লক্ষ্যবস্তু 1 mm/second-এর বেশি দ্রুত সরে যায়, তবে সেটিকে ট্র্যাক করা কঠিন হয়ে পড়ে।

vi) লক্ষ্যবস্তু রিসিভার থেকে বেশি দূরে অবস্থান করলে RF সিগন্যাল গ্রহণ করতে সমস্যা হয়।

***** ৩। PPI display সংক্ষেপে বর্ণনা কর।** বাকাশিবো- ২০১৯, ২২, ২৪'পরি

উত্তর ঃ PPI display সংক্ষেপে বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ PPI display

কার্যপ্রণালি ঃ প্ল্যান পজিশন ইন্ডিকেটর বা PPI হলো রাডার ডিসপ্লের সবচেয়ে জনপ্রিয় পদ্ধতি। এই ডিসপ্লেতে রাডার অ্যান্টেনার ঘূর্ণনের সাথে সাথে একটি উজ্জ্বল রেডিয়াল ট্রেস পর্দার চারদিকে চক্রাকারে ঘোরে। যখন রাডার অ্যান্টেনা কোনো লক্ষ্যবস্তু থেকে প্রতিফলিত সিগন্যাল গ্রহণ কওে, তখন সেই সিগন্যালটি প্রসেসিং হয়ে ডিসপ্লের নির্দিষ্ট দূরত্ব ও কোণে একটি উজ্জ্বল বিন্দু হিসেবে ভেসে উঠে। এটি অনেকটা মানচিত্রের মতো চিত্র প্রদান কওে, যার ফলে অপারেটর খুব সহজেই' লক্ষ্য বস্তুর প্রকৃত অবস্থান,দুরত্ব এবং দিক নির্ণয় করতে পারে।

অধ্যায়-১১ রেডিও এবং নেভিগেশন এইডস

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। LORAN কী?**

বাকাশিবো- ২০১২, ১৫, ১৫'পরি, ১৭, ১৮'পরি, ২০, ২৩, ২৪'পরি

উত্তর ঃ LORAN বলতে Long Range Navigational Aid-এর সংক্ষিপ্ত রূপকে বোঝায়।

***** ২। DME কী?** বাকাশিবো- ২০০৮, ১১, ১২, ২০, ২২, ২৪'পরি

উত্তর ঃ DME-এর পূর্ণ রূপ হলো ঃ Distance Measuring Equipment এর সংক্ষিপ্ত রূপকে বোঝায়।

**** ৩। GCA-এর অর্থ কী?** বাকাশিবো- ২০১৬, ২১

উত্তর ঃ GCA-এর পূর্ণ অর্থ হলো ঃ Ground Control Approach)

**** ৪। Marker beacon-এর কাজ কী?**

বাকাশিবো- ২০০৩, ০৪, ০৭, ০৯, ১০, ১১, ১৫, ১৭, ২১

উত্তর ঃ রানওয়ের নির্দিষ্ট স্পর্শ বিন্দু হতে লোকলাইজার পথ বরাবর উড্ডয়নরত বিমানের অবস্থান এবং দূরত্ব নির্দেশ করার জন্য মার্কার বিকন ব্যবহার করা হয়।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। রেডিও এইড ও নেভিগেশন এইডের মধ্যে পার্থক্য লেখ।**

বাকাশিবো- ২০০৪, ১১, ১২, ১৩, ১৪'পরি, ১৬'পরি, ২১, ২৩'পরি, ২৪'পরি, ২৪

উত্তর ঃ রেডিও এইড ও নেভিগেশন এইডের মধ্যে পার্থক্য নিচে দেওয়া হলোঃ

রেডিও এইড	নেভিগেশন এইড
১। এটি ইলেকট্রনিক নেভিগেশনে গ্রাহক প্রান্তে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ পৌঁছার দিক নির্ণয়ে ব্যবহৃত হয়।	১। এটি এয়ারক্রাফট রিসিভারে দুটি ট্রান্সমিটার থেকে আসা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের সময় পার্থক্য পরিমাপে ব্যবহৃত হয়।
২। এটির দিক অনুসন্ধানে বিভিন্ন ধরনের বহুমুখী প্রক্রিয়া অবলম্বন করা যায়।	২। এটির দিক অনুসন্ধানে সাধারণত দুটি নির্দিষ্ট প্রক্রিয়া অবলম্বন করা হয়।
৩। এতে লুপ ডাইরেকশন ফাইন্ডার প্রক্রিয়াটি সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়।	৩। এতে পালসের পুনরাবৃত্তির সঠিকতা বজায় রাখতে ক্রিস্টাল ক্লক ব্যবহার করা হয়।

***** ২। DME-এর মূলনীতি বর্ণনা কর।**

বাকাশিবো- ২০০৬, ০৭, ১০, ১২, ১৪'পরি, ১৫, ২১, ২৩'পরি, ২৩

উত্তর ঃ DME একটি সেকেন্ডারি রাডার পদ্ধতি যা বিমান ও ভূমির মধ্যবর্তী দূরত্ব পরিমাপ করে। এর দুটি অংশ থাকে যথা ঃ

i) ইন্টারোগেটর (বিমানে থাকে)

ii) ট্রান্সপন্ডার (ভূমিতে থাকে)।

ইন্টারোগেটর প্রথমে f1 ফ্রিকুয়েন্সিতে একটি পালস সংকেত পাঠায়। ভূমিতে থাকা ট্রান্সপন্ডার সেই সংকেত গ্রহণ করে এবং তাকে বর্ধিত ও মডুলেটেড করে ভিন্ন একটি ফ্রিকুয়েন্সি f2 -তে পুনরায় বিমানে ফেরত পাঠায়। বিমানের রিসিভার এই ফিরে আসা সংকেত গ্রহণ করে সংকেত পাঠানো এবং পাওয়ার মধ্যবর্তী সময়ের পার্থক্য হিসেব করে স্বয়ংক্রিয়ভাবে বিমান থেকে ভূমির দূরত্ব নির্ণয় করে।

**** ৩। LORAN বলতে কী বুঝায়?** বাকাশিবো- ২০১৮, ২৩'পরি, ২৪'পরি

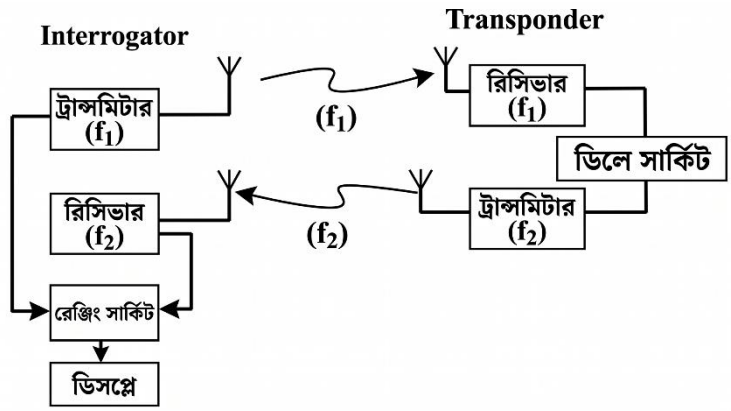
উত্তর ঃ LORAN-এর পূর্ণ রূপ হলো Long Range Navigational Aid। এটি দীর্ঘ পাল্লার একটি নেভিগেশন ব্যবস্থা যা মূলত হাইপারবোলিক পদ্ধতিতে কাজ করে। ফলে দুটি ভিন্ন রেডিও ট্রান্সমিটার থেকে আসা সংকেতের সময়ের পার্থক্য পরিমাপ করে বিমান বা জাহাজের নিখুঁত অবস্থান নিশ্চিত করা হয়।

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

*** ১। DME-এর মূলনীতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

বাকাশিবো- ২০০৪, ০৬, ০৭, ১৯, ২০'পরি, ২২, ২৪'পরি

উত্তর ঃ DME-এর মূলনীতি চিত্রসহ নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ



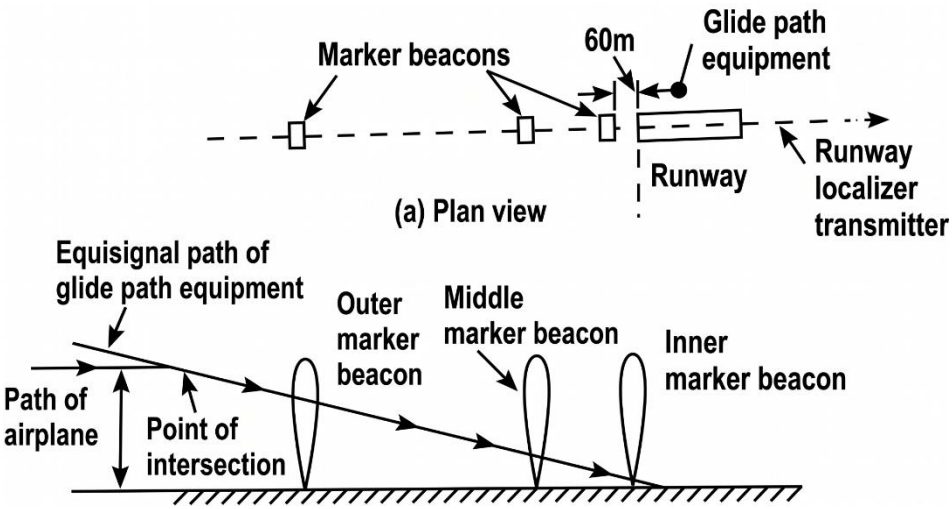
চিত্র ঃ Block diagram of a distance measuring device

কার্যপ্রণালি ঃ দূরত্ব পরিমাপক যন্ত্র বা DME একটি সেকেন্ডারি রাডার পদ্ধতি। যা রেডিও সিগন্যালের যাতায়াতের সময় গণনার মাধ্যমে উড়োজাহাজ থেকে ভূমিতে অবস্থিত স্টেশনের দূরত্ব নির্ণয় করে। এর প্রধান দুটি অংশ হলো উড়োজাহাজে থাকা ইন্টারোগেটর এবং ভূমিতে থাকা ট্রান্সপন্ডার। ইন্টারোগেটর এর ট্রান্সমিটার নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সি f1-এ একটি পালস সিগন্যাল বায়ুমণ্ডলে প্রেরণ করে। ভূমিতে থাকা ট্রান্সপন্ডারের রিসিভার এই সিগন্যালটি গ্রহণ করার পর ডিলে সার্কিটের মধ্য দিয়ে যায়। ফলে সিগন্যালটিকে প্রক্রিয়াজাত করার জন্য সামান্য সময় দেরি হয়। এরপর ট্রান্সপন্ডারের নিজস্ব ট্রান্সমিটার সেই সিগন্যালটিকে অন্য একটি ফ্রিকুয়েন্সি

f2-তে রূপান্তর করে পুনরায় আকাশে পাঠিয়ে দেওয়া হয়। উড়োজাহাজে থাকা ইন্টারোগেটরের রিসিভার f2 সিগন্যালটি গ্রহণ করে এবং রেঞ্জিং সার্কিটে পাঠিয়ে দেয়। রেঞ্জিং সার্কিট সিগন্যাল পাঠানো এবং ফিরে পাওয়ার মধ্যবর্তী মোট সময় থেকে ট্রান্সপন্ডারের অভ্যন্তরীণ ডিলে টুকু বাদ দিয়ে প্রকৃত যাতায়াতের সময় হিসাব করা হয়। সাধারণত ইন্টারোগেটর 1025 থেকে 1150 মেগাহার্টজ ব্যান্ডের মধ্যে কাজ করে থাকে।

***** ২। ILS-এর মূলনীতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।** বাকাশিবো- ২০০৬, ০৯, ১০, ১১, ১৪, ১৪'পরি, ১৫, ১৬, ১৭, ১৮, ১৮'পরি, ১৯, ২০, ২০'পরি, ২২, ২৩'পরি, ২৩, ২৪'পরি

উত্তর ঃ ILS-এর মূলনীতি চিত্রসহ নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ ILS method

কার্যপ্রণালি ঃ ইন্সট্রুমেন্ট ল্যান্ডিং সিস্টেম বা ILS হলো তিনটি প্রধান উপাদানের সমন্বয়ে অত্যন্ত নিখুঁতভাবে সম্পন্ন হয়। যথা ঃ

বিমান যখন বিমানবন্দরে অবতরণ করে, তখন এটি রানওয়েতে একটি নির্দিষ্ট লাইন পথ অনুসরণ করে। যেহেতু বিমানের গতি খুব বেশি থাকে, তাই এই পথটি পূর্ব থেকেই নির্ধারণ করতে হয়। পরিষ্কার দিনে বা রাতে যখন দৃশ্যমান অবস্থা ভালো থাকে, তখন পাইলট ভূমি এবং রানওয়ের ল্যান্ডিং লাইট দেখে অবতরণ সম্পন্ন করেন। কিন্তু যখন কুয়াশা বা প্রতিকূল আবহাওয়ার কারণে রানওয়ে দেখা যায় না, তখন নিরাপদে অবতরণের জন্য ILS(Instrument Landing Szstem) পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। এই পদ্ধতিটি মূলত তিনটি প্রধান অংশের সমন্বয়ে কাজ করে। যথা ঃ ১।

লোকালাইজার (Localizer), ২। গ্লাইড স্লোপ (Glide slope) এবং ৩। মার্কার বিকন (Marker beacon)।

১। লোকালাইজার (Localizer) ঃ এটি রানওয়ের শেষ প্রান্ত হতে প্রায় 300 মিটার দূরে অবস্থিত একটি স্টেশন যা ট্রান্সমিটার হিসেবে কাজ করে। এটি রানওয়ের কেন্দ্র বরাবর লম্বভাবে একটি সমসিগন্যাল তল তৈরি করে। লোকালাইজার 108 থেকে 112 মেগাহার্টজ ফ্রিকোয়েন্সি রেঞ্জে কাজ করে। এতে দুটি অ্যান্টেনা পদ্ধতি থাকে, যা থেকে 90 হার্টজ এবং 150 হার্টজ মডুলেশন সিগন্যাল প্রেরণ করা হয়। বিমান যখন রানওয়ের ঠিক কেন্দ্র বরাবর থাকে, তখন বিমানের রিসিভারে এই দুটি সিগন্যাল সমানভাবে ধরা পড়ে এবং মিটারের কাঁটা শূন্য অবস্থানে থেকে সঠিক পথ নির্দেশ করে। বিমান যদি ডানে বা বামে সরে যায়, তবে সিগন্যালের তারতম্য ঘটে এবং মিটারের কাঁটা ডানে-বামে সরে গিয়ে পাইলটকে সঠিক পথ শনাক্ত করতে সাহায্য করে।

২। গ্লাইড স্লোপ (Glide slope) ঃ বিমানটি রানওয়ের সাথে কত ডিগ্রি কোণ করে নিচে নামবে, তা নির্ধারণ করে গ্লাইড স্লোপ। এটি রানওয়ের স্পর্শ বিন্দু হতে 130 থেকে 140 মিটার দূরে স্থাপন করা হয় এবং প্রায় 330 মেগাহার্টজ ফ্রিকোয়েন্সিতে কাজ করে। এটি রানওয়ের সাথে সাধারণত 2° থেকে 5° কোণ করে একটি সমসিগন্যাল তল সৃষ্টি করে। এর কার্যপদ্ধতি লোকলাইজারের মতোই। বিমান যখন এই নির্দিষ্ট পথে থাকে, তখন রিসিভারের নির্দেশক কাঁটা সঠিক গ্লাইড পথ প্রদর্শন করে। যদি বিমান এই

নির্ধারিত পথের উপরে বা নিচে চলে যায়, তবে মিটারের নির্দেশক কাঁটা ঘুরে গিয়ে পাইলটকে সঠিক পথে আসতে সহায়তা করে। সাধারণত লোকলাইজার এবং গ্লাইড স্লোপ নির্দেশক একই মিটারে থাকে।

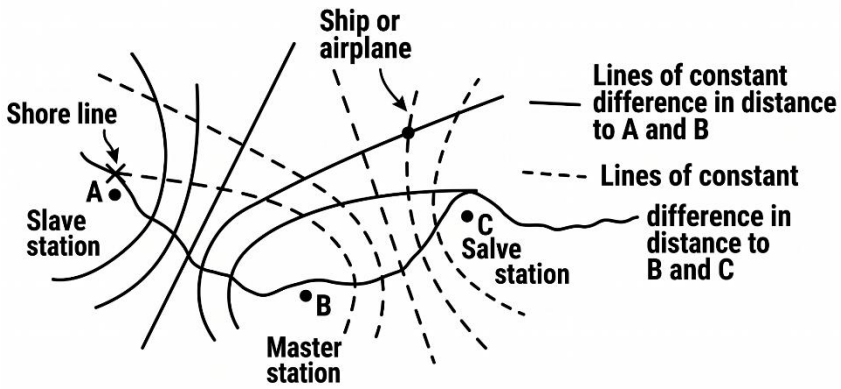
৩। মার্কার বিকন (Marker beacon) ঃ রানওয়ের নির্দিষ্ট দূরত্বে বিমানটি কোথায় অবস্থান করছে তা বোঝাতে তিনটি মার্কার বিকন ব্যবহার করা হয়। রানওয়ের প্রথম স্পর্শ বিন্দু হতে 60 মিটার দূরে থাকে ইনার মার্কার, 1 কিলোমিটার দূরে থাকে মিডিল মার্কার এবং 12.10 কিলোমিটার দূরে থাকে আউটার মার্কার। পাইলট এই বিকনগুলোর অবস্থান শনাক্ত করে তার ল্যান্ডিং পথ সঠিকভাবে অনুসরণ করতে পারে।

মূলত লোকলাইজার এবং গ্লাইড স্লোপ এই দুটি সমসিগন্যাল তলের ছেদবিন্দুই বিমানের অবতরণ পথ হিসেবে কাজ করে এবং মার্কার বিকনগুলো দূরত্বের অবস্থান নিশ্চিত করে। এভাবে প্রতিকূল পরিবেশেও একটি বিমান নিখুঁতভাবে রানওয়েতে অবতরণ করতে সক্ষম হয়।

***** ৩। LORAN এর কার্যপদ্ধতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

বাকাশিবো-২০০৬, ১০, ১১, ১২, ১৬'পরি, ১৯, ২১, ২২

উত্তর ঃ LORAN এর কার্যপদ্ধতি চিত্রসহ নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ



চিত্র ঃ LORAN পদ্ধতি

কার্যপ্রণালি ঃ Long Range Navigational Aid বা LORAN। হলো নেভিগেশনের একটি আধুনিক হাইপারবোলিক পদ্ধতি। এটি এয়ারক্র্যাফট বা জাহাজের রিসিভারে দুটি ট্রান্সমিটার থেকে আসা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের সময় পার্থক্য পরিমাপ করার মাধ্যমে কাজ করে। এই পদ্ধতিতে দুটি নির্দিষ্ট ট্রান্সমিটিং স্টেশন থেকে উচ্চ পাওয়ার রেডিও পালসে প্রেরণ করা হয়। প্রেরিত এই পালস দুটির মধ্যবর্তী একটি ধ্রুব সময় পার্থক্য জানা থাকে। যখন কোনো চলন্ত এয়ারক্র্যাফটের রিসিভার এই সিগন্যালগুলো গ্রহণ করে, তখন মাস্টার ও স্লেভ স্টেশন থেকে আসা পালসের সময়ের ব্যবধান থেকে রিসিভারটি তার নিজস্ব দূরত্ব নির্ণয় করে। রিসিভিং বিন্দুর সাপেক্ষে দুটি ট্রান্সমিটিং স্টেশনের এই নির্দিষ্ট দূরত্বের পার্থক্য একটি হাইপারবোলা তৈরি করে। প্রত্যেকটি হাইপারবলো একটি বিন্দুর সঞ্চয় পথ

নির্দেশ করে থাকে যা দুইটি স্থির বিন্দু থেকে একটি নির্দিষ্ট মানের দূরত্ব পার্থক্য থাকে। তাই একটি তৃতীয় স্টেশন ব্যবহার করে দ্বিতীয় হাইপারবোলা গঠন করা হয়। এই দুটি হাইপারবোলা রেখা যে বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করে রিসিভারের প্রকৃত অবস্থান নির্দেশ করে। কারিগরি দিক থেকে একটি আদর্শ লং 1.8 থেকে 2 মেগাহার্টজ ফিকোয়েন্সি রেঞ্জে কাজ করে এবং এর সর্বোচ্চ ট্রান্সমিটিং পাওয়ার 100 কিলোওয়াট পর্যন্ত হয়ে থাকে। সিগন্যালের নির্ভুলতা বজায় রাখতে উন্নত মানের ক্রিস্টাল ক্লক ব্যবহার করা হয়। একটি মাস্টার স্টেশন স্বাধীনভাবে কাজ করে এবং তার সাথে সামঞ্জস্য রেখে 325 থেকে 650 কিলোমিটার দূরে স্লেভ স্টেশন স্থাপন করা হয়। ভুমির ওয়েব আদান-প্রদান দিনে সংঘটিত হয় । তবে রাতের বেলা ভূমি এবং আকাশ উভয় ওয়েভ গ্রহণ করা সম্ভব হয়। স্কাই ওয়েভ রিসিপশনে ব্যবহার করে রেঞ্জ বহুগুণ বৃদ্ধি করে। এছাড়া বিশেষ প্রয়োজনে যখন 90 থেকে 110 কিলোহার্টজ ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ড ব্যবহার করা হয়, তখন ভুমির ওয়েভ গ্রহণের ক্ষমতা এবং স্টেশনগুলোর মধ্যবর্তী দূরত্ব বৃদ্ধি পায়, যা দূরপাল্লার নেভিগেশনকে আরও সহজতর করে তোলে।

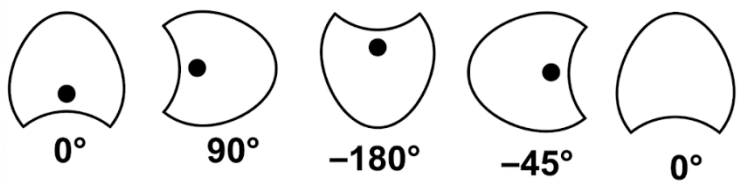
**** ৪। VOR এর কার্যপদ্ধতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

বাকাশিবো- ২০০৯, ১০, ১১, ১৪, ১৬, ২০'পরি, ২৩, ২৩'পরি

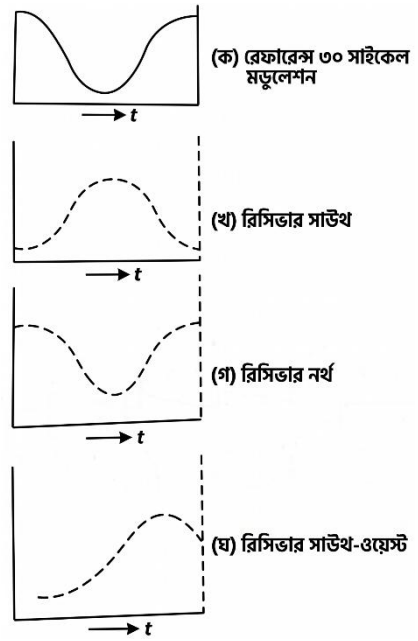
উত্তর ঃ VOR এর কার্যপদ্ধতি চিত্রসহ নিচে বর্ণনা করা হলো ঃ

কার্যপ্রণালি ঃ

VOR (Very High Frequency Omnidirectional Range) পদ্ধতি মূলত LORAN(Long Range Navigational Aid) পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা দূর করার জন্য ব্যবহৃত হয়। এটি সাধারণত 108 থেকে 136 মেগাহার্টজ ফ্রিকোয়েন্সি রেঞ্জে কাজ করে। VOR ট্রান্সমিটারের অ্যান্টেনা পদ্ধতি এমনভাবে তৈরি করা হয়েছে যার ডিরেকশনাল প্যাটার্ন প্রতি মুহূর্তে পরিবর্তিত হয় এই বিশেষ ধরনের প্যাটার্নকে লিমাকন বলা হয়। এই লিমাকন প্যাটার্নটি প্রতি সেকেন্ডে 30 বার ঘুরে থাকে। এই ঘূর্ণন প্রক্রিয়াটি রিসিভিং প্রান্তে অসম মনে হয়, কারণ একে 30 হার্টজ হারে পরিবর্তন করা হয়। ট্রান্সমিটিং স্টেশন এবং রিসিভারের মধ্যবর্তী আপেক্ষিক দূরত্বের উপর এই 30 হার্টজ মডুলেশনের ফেজ নির্ভর করে।



চিত্র ঃ VOR পদ্ধতির ডিরেকশনাল প্যাটার্ন



চিত্র ঃ VOR পদ্ধতির ফেজ সম্পর্ক

পুরো প্রক্রিয়াটি সঠিকভাবে পরিচালনার জন্য একটি রেফারেন্স ফেজ ব্যবহার করা হয় যা ট্রান্সমিটিং স্টেশনের সাপেক্ষে এয়ারক্র্যাফটের গমনের উপর নির্ভর করে না। এটি একটি ফ্রিকোয়েন্সি মডুলেটেড সিগন্যাল যার ফ্রিকোয়েন্সি 30 হার্টজ এ 9960 হার্টজ এবং এটি অ্যান্টেনা প্যাটার্নের সাথে সিনক্রোনাইজেশনের জন্য অ্যাম্প্লিচিউড মডুলেশন হিসেবে ব্যবহৃত হয়। রেফারেন্স ফ্রিকোয়েন্সি মডুলেটেড সিগন্যালের ফেজ এমনভাবে সেট করা থাকে যাতে গ্রাহক প্রান্তে VOR অ্যান্টেনার ঘূর্ণন যখন উত্তর দিকে থাকে, তখন 30 হার্টজ মডুলেশন সিগন্যালের ফেজ একই অবস্থানে থাকে।

এয়ারক্র্যাফটে সুবিধা পাওয়ার জন্য একটি ব্রডব্যান্ড অমনি-ডাইরেকশনাল অ্যান্টেনা এবং একটি মাল্টিচ্যানেল এএম (AM) রিসিভার ব্যবহার করা হয়। এই রিসিভার 108 থেকে 135.95 মেগাহার্টজ ব্যান্ডের মধ্যে 560 টি

চ্যানেলে কাজ করতে পারে এবং এতে স্পট টিউনিং ব্যবস্থা থাকে। রিসিভারটি সরাসরি অ্যান্টেনা প্যাটার্নের ঘূর্ণন থেকে 30 হার্টজ অ্যাম্প্লিচিউড মডুলেশন পুনরুদ্ধার করে। ফলে একই সাথে ফিল্টারের সাহায্যে 9960 হার্টজ সাবক্যারিয়ার সিগন্যাল থেকে ডিমডুলেশনের মাধ্যমে রেফারেন্স হিসেবে আরও একটি 30 হার্টজ সিগন্যাল পুনরুদ্ধার করা হয়। এই দুটি সিগন্যালের মধ্যে যে ফেজ পার্থক্য তৈরি হয়, তার মাধ্যমেই উত্তর দিকের সাপেক্ষে এয়ারক্র্যাফটের অবস্থান নির্ণয় করা হয়।যা ফলাফলটি ফেজ মিটারের আউটপুট ডিসপ্লেতে প্রদর্শিত হয়। সাধারণত একটি VOR ট্রান্সমিটার 50 থেকে 200 ওয়াট শক্তি বিকিরণ করে থাকে।