



# Carta de Smith Conectores Generación de Microondas

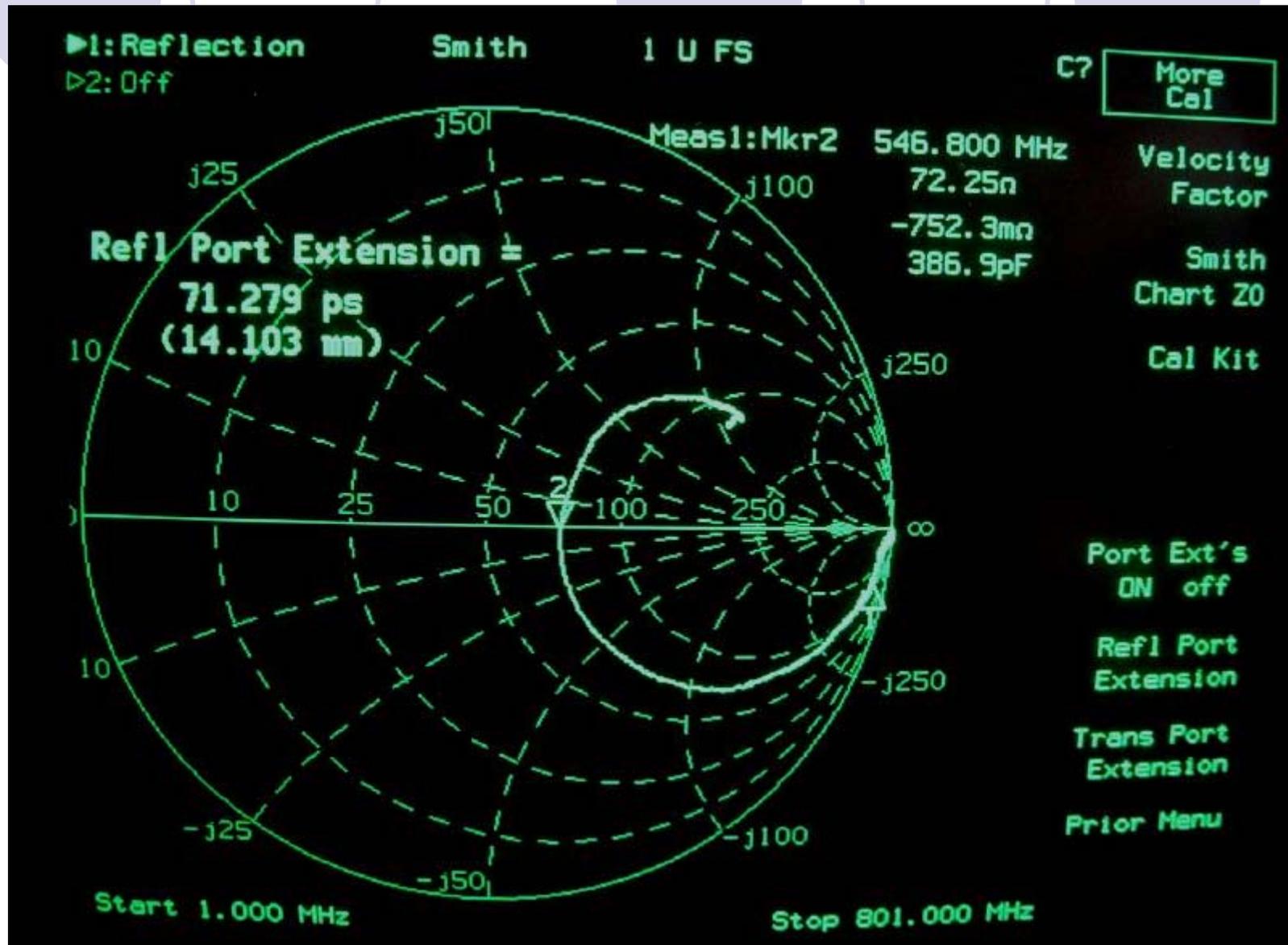
Prof. José Manuel Albornoz  
Universidad de Los Andes

[albornoz@ula.ve](mailto:albornoz@ula.ve)

<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/albornoz>



UNIVERSIDAD  
DE LOS ANDES  
MÉRIDA, VENEZUELA





UNIVERSIDAD  
DE LOS ANDES  
MÉRIDA, VENEZUELA



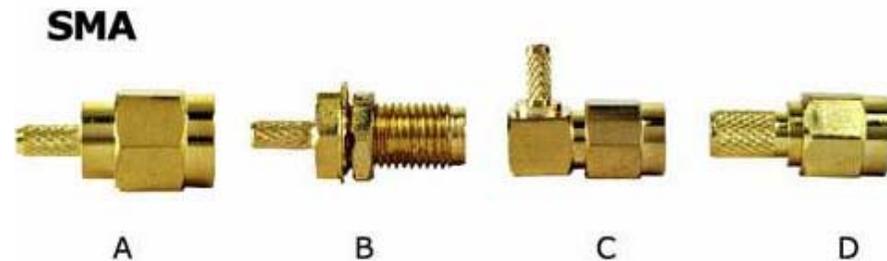
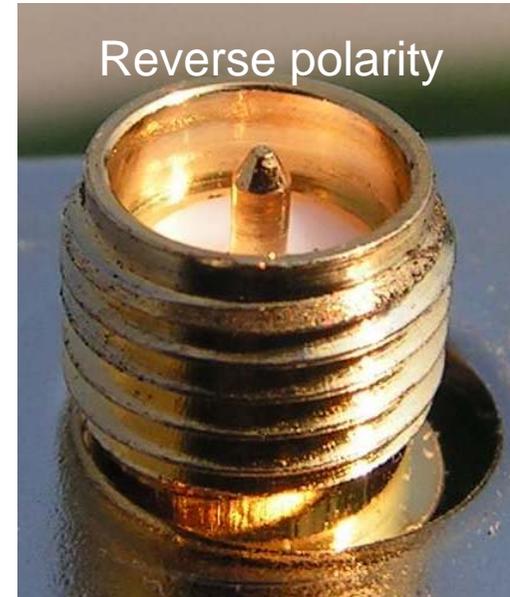
# Conector BNC (Bayonet Neill Concellman)



# Conector Tipo N

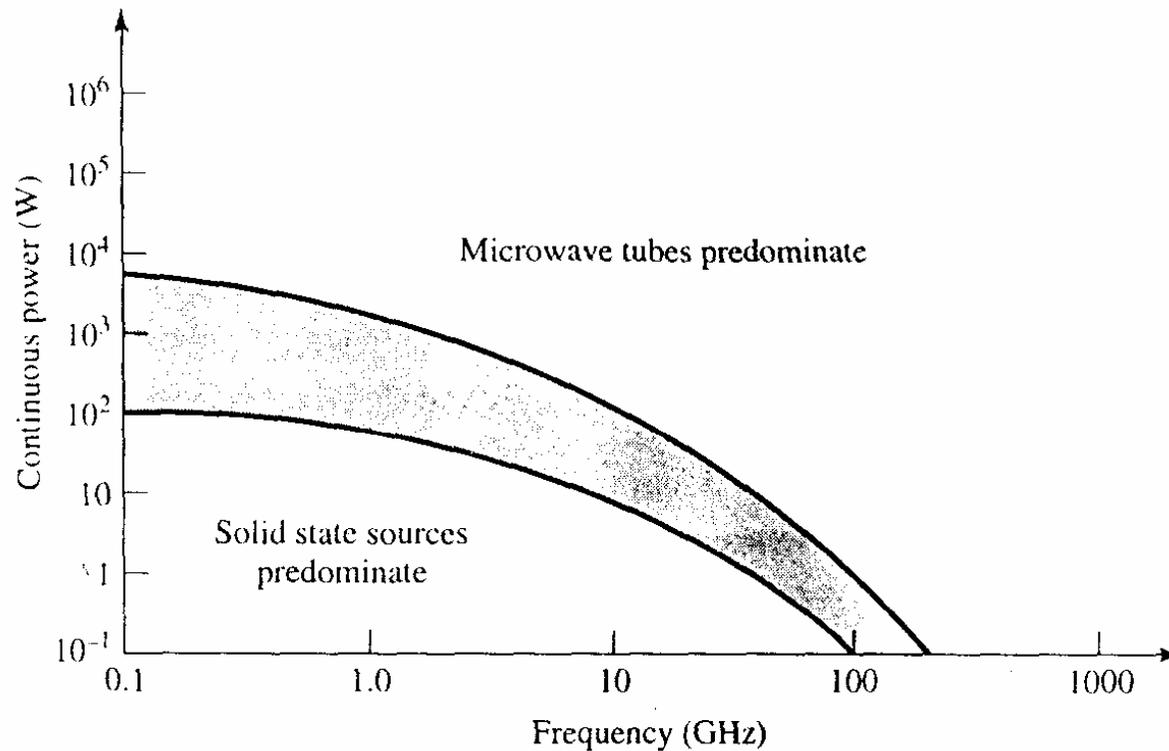


# Conector SMA (SubMiniature Version A)





# Generación de Microondas

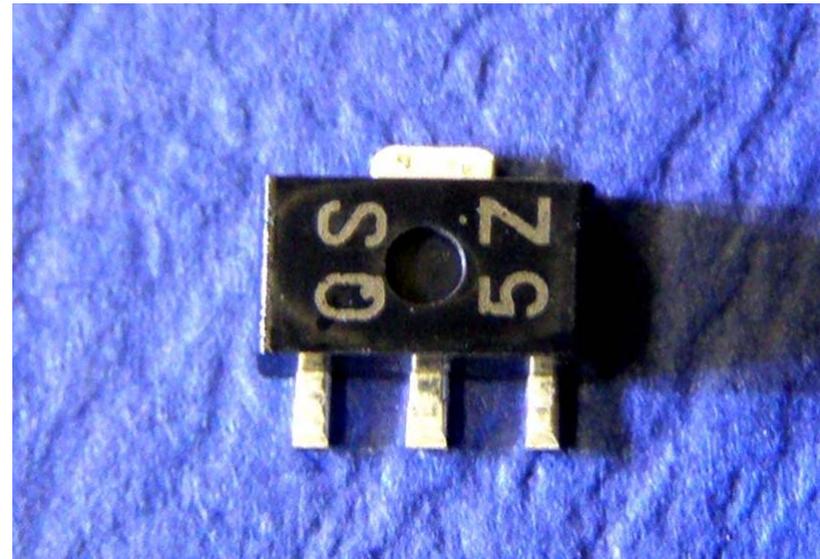
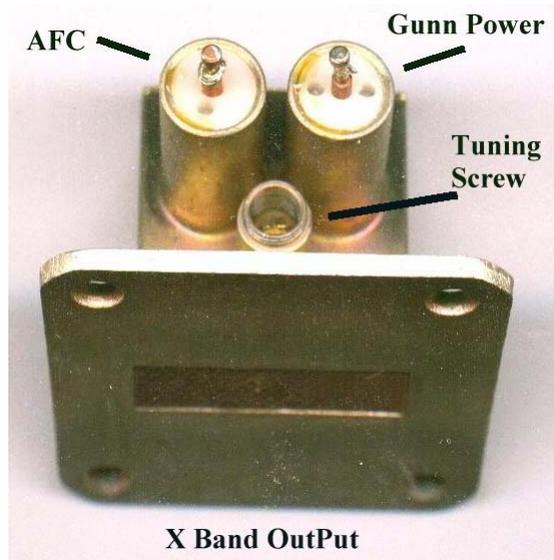
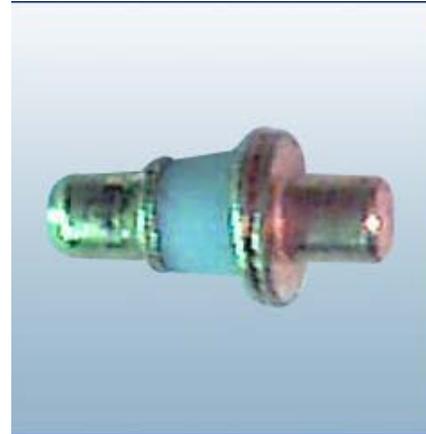


Power versus frequency performance of solid-state sources and microwave tubes.

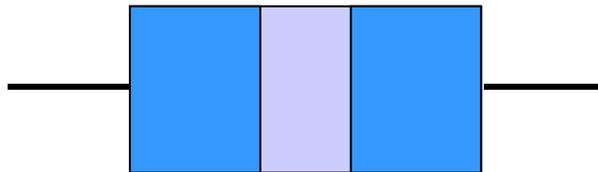


# Fuentes de Estado Sólido

- Diodo Gunn
- Diodo Impatt
- Transistores

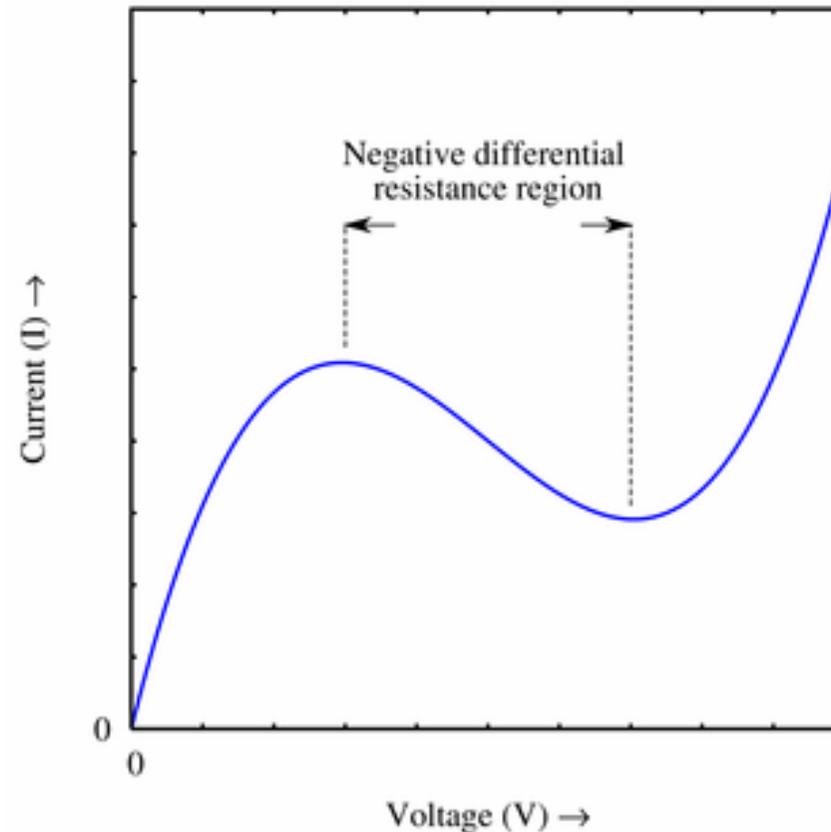


# Diodo Gunn



Material tipo N

- La aplicación de un DC hace que el diodo se comporte como un oscilador de relajación
- Se usan en combinación con cavidades resonantes





# Diodo Gunn

- Operan desde 10 GHz hasta el rango de los THz
- Arseniuro de Galio (GaAs): hasta 200 GHz
- Nitruro de Galio (GaN): hasta 3 THz
- Bajas potencias (unos pocos mW)
- Económicos



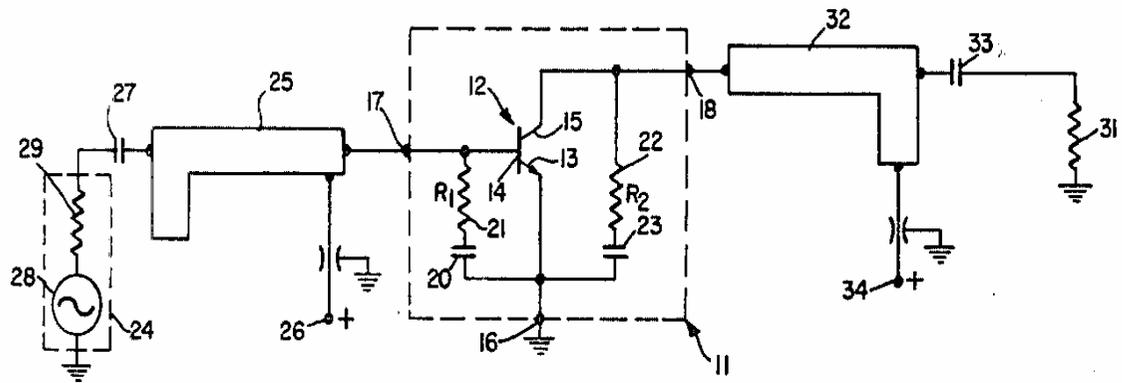
# Diodo Impatt

- **IMP**act ionization **A**valance **T**ransit **T**ime
- Usado para altas potencias
- Carburo de silicio: alto voltaje de ruptura
- Entre 3 y 100 GHz
- Desventaja: ruido de fase
- Juntura PN polarizada en reverso
- 70 – 100 V
- Hasta 10 W



# Transistores de Microondas

- Menores frecuencias, menores potencias
- FETs: compatibles con ICs
- Más flexibles que diodos
- Mejor control de la frecuencia, menos ruido
- Sintonizables





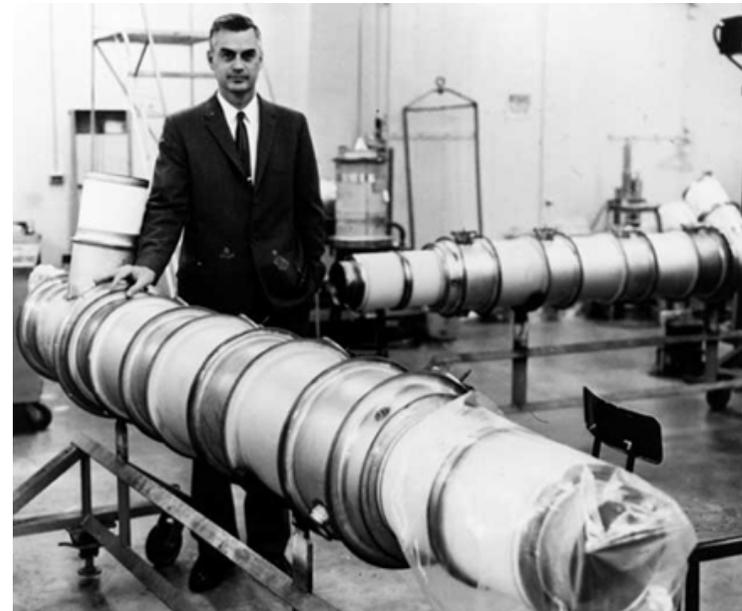
# Combinación de Potencias

- Estrategias de combinación de potencia
- Combinación de osciladores en fase
- El factor de multiplicación es del orden de 10 – 20 dB



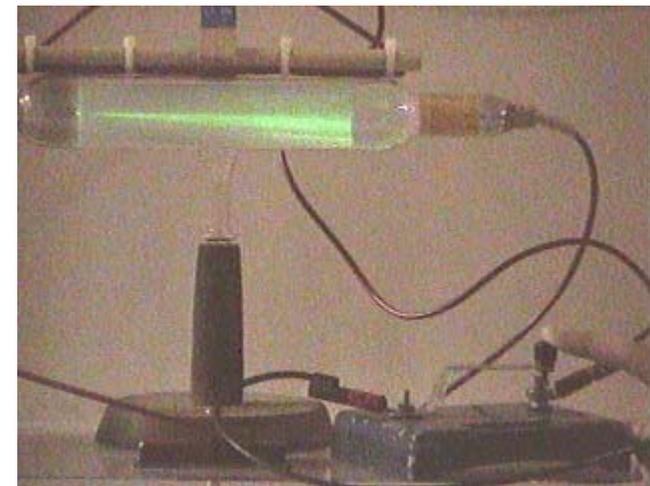
# Tubos de Microondas

- Desarrollados en la década de los 30's
- Esenciales en altas potencias  $> 10$  kW
- Esenciales en altas frecuencias  $> 100$  GHz

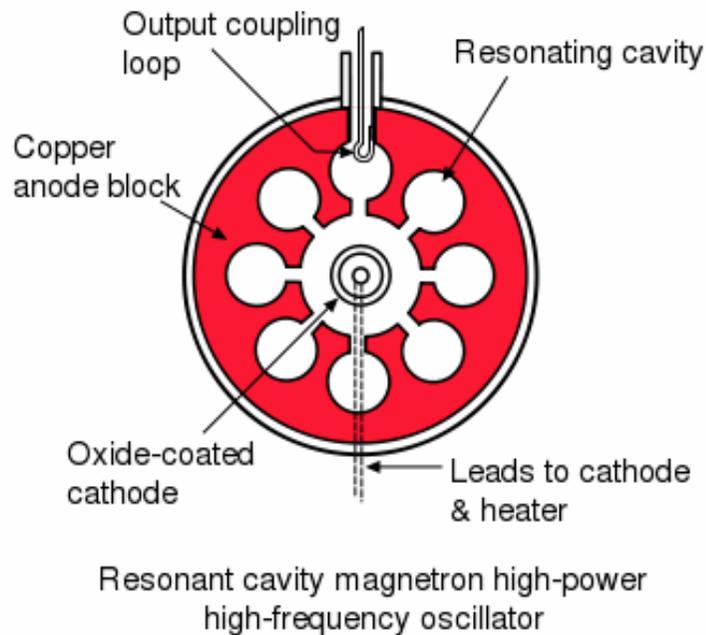


# Tubos de Microondas

- Interacción de un haz de electrones con un campo electromagnético
- Haz generado por emisión termoiónica
- “Cañón de electrones”
- Dos tipos de tubos:
  - Haz lineal, tipo ‘O’
  - Campo cruzado, tipo ‘M’



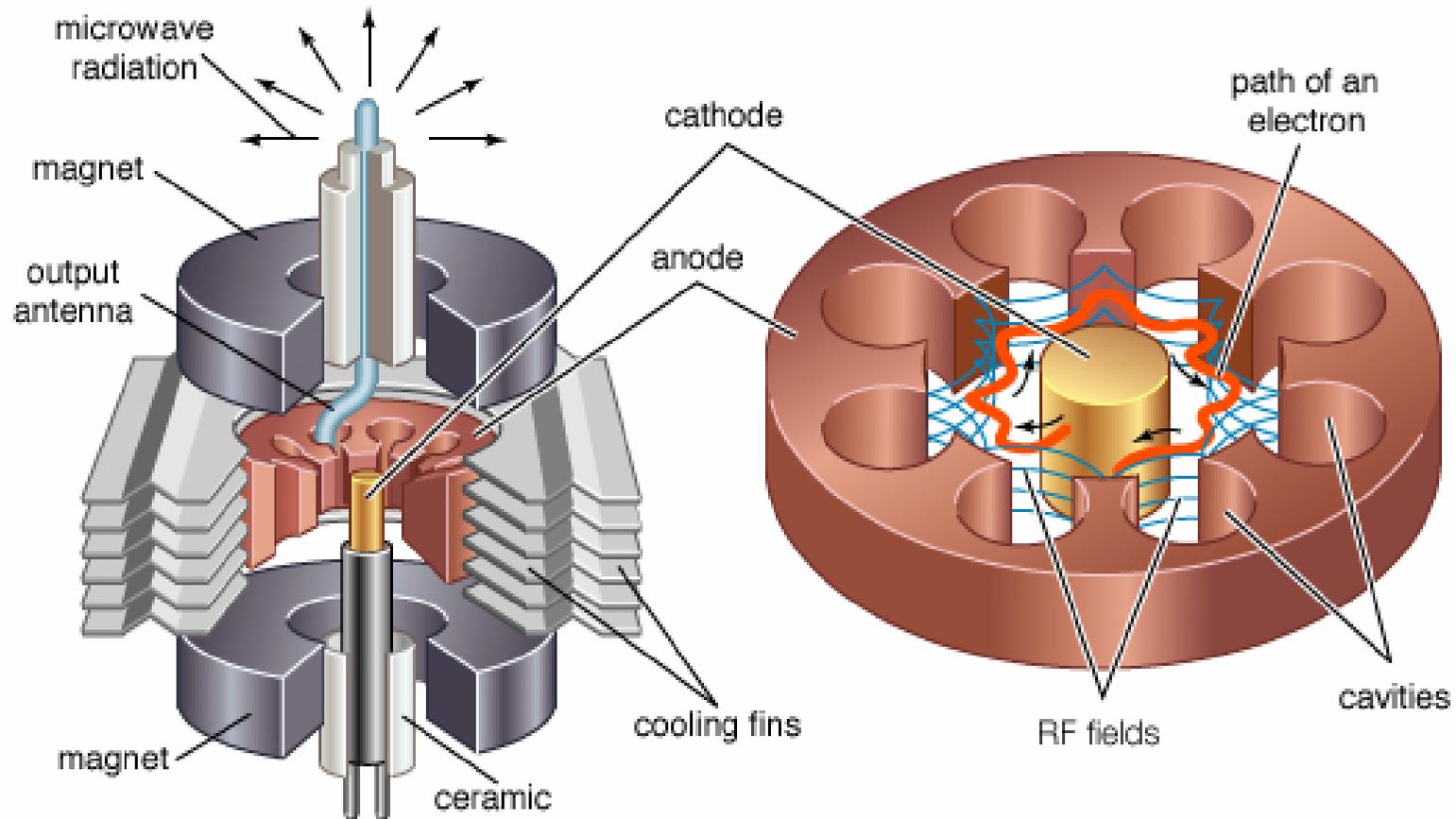
# El Magnetron



- El cátodo emite electrones
- Hay un campo magnético paralelo al cátodo
- Los electrones se alejan del cátodo moviéndose en espiral
- Los electrones inducen campos en las cavidades

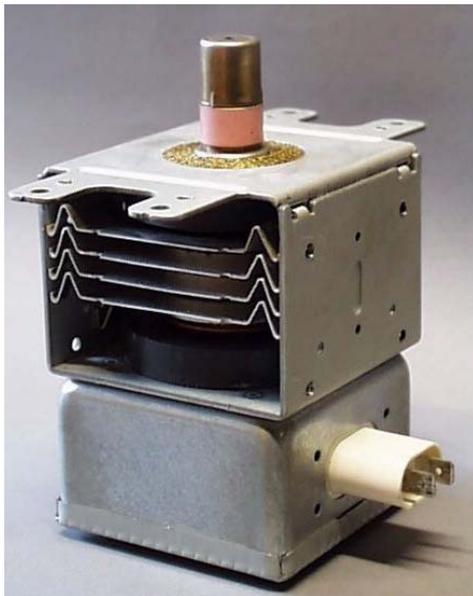
- El magnetron genera ondas *no-coherentes*

# El Magnetron



# El Magnetrón

- El tamaño de las cavidades determina la frecuencia
- No es posible controlar la frecuencia con precisión
- Eficiencia del orden del 75%
- Fuentes de estado sólido tienen eficiencias del 25 ~ 30%





# Aplicaciones del Magnetrón

- Radar

- Operado con pulsos muy cortos
- Deriva de la frecuencia
- Energía repartida en un espectro ancho
- Riesgos sanitarios



10 kW !!





# Aplicaciones del Magnetron

- Calentamiento dieléctrico
  - Hornos de microonda: 2.45 GHz (ISM)
  - La operación es continua
  - 500 ~ 1500 W
  - Esterilización, secado de materiales, cocina





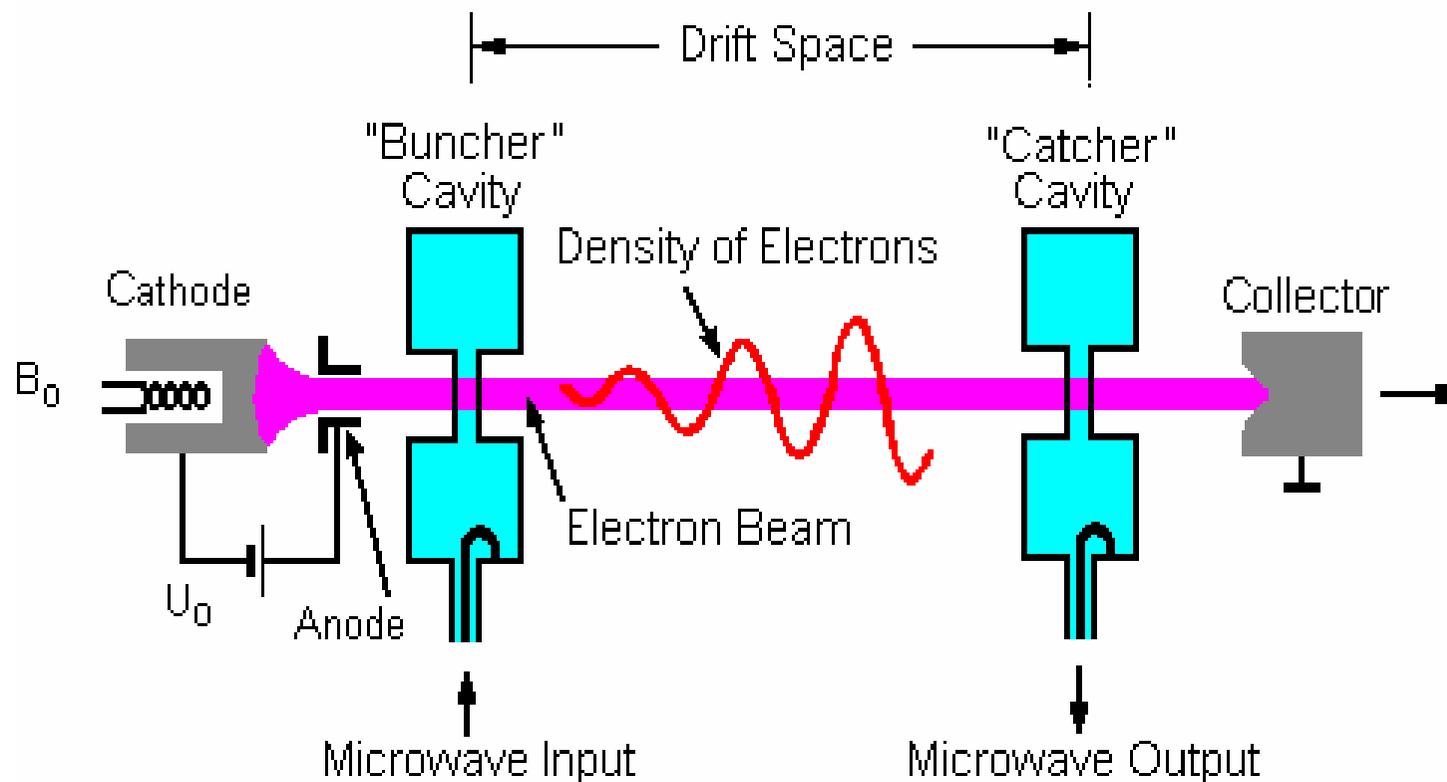
# Aplicaciones del Magnetrón

- Alumbrado
  - Lámparas de sulfuro



<http://microwavecam.com/microwavecam/Videos/Grapes/index.htm>

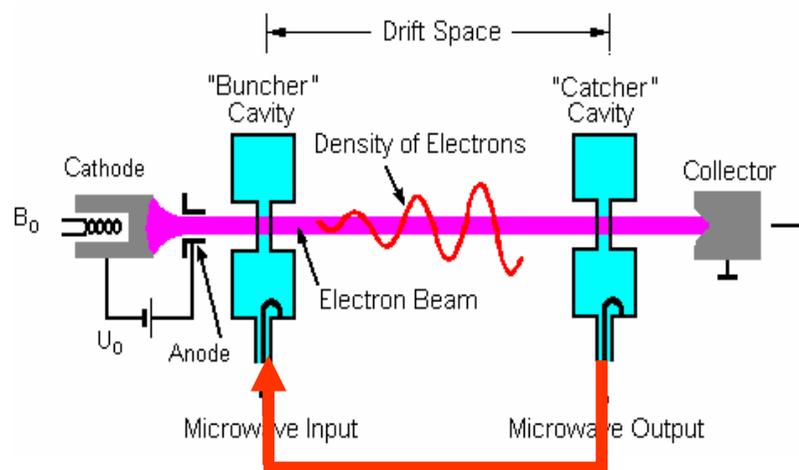
# El Klystron



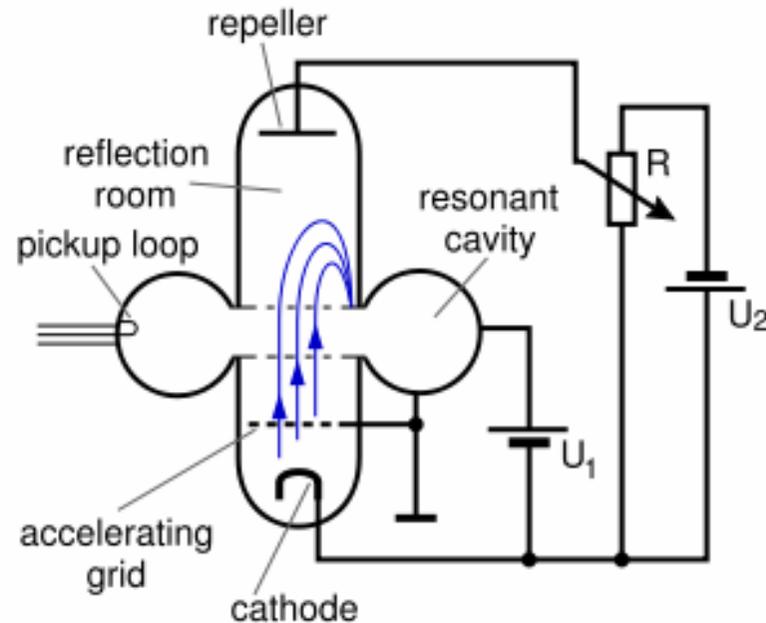
- La energía cinética del haz de electrones es convertida en energía electromagnética

# El Klystron

- Frecuencia, amplitud y fase pueden controlarse con precisión
- Es un amplificador
- Convertible en un oscilador mediante lazo de realimentación
- Bajo ruido



# El Klystron Reflex



- El haz de electrones pasa a través de una cavidad resonante
- El haz es reflejado
- Al variar el voltaje del reflector varía la frecuencia



# Aplicaciones del Klystron

- Desde UHF hasta cientos de GHz
- Radares
- Comunicación Satelital
- Difusión de TV
- Procesamiento de materiales
- Investigación

50 MW pulsados  
50 kW continuo  
3 GHz



<http://www2.slac.stanford.edu/vvc/accelerators/klystron.html>

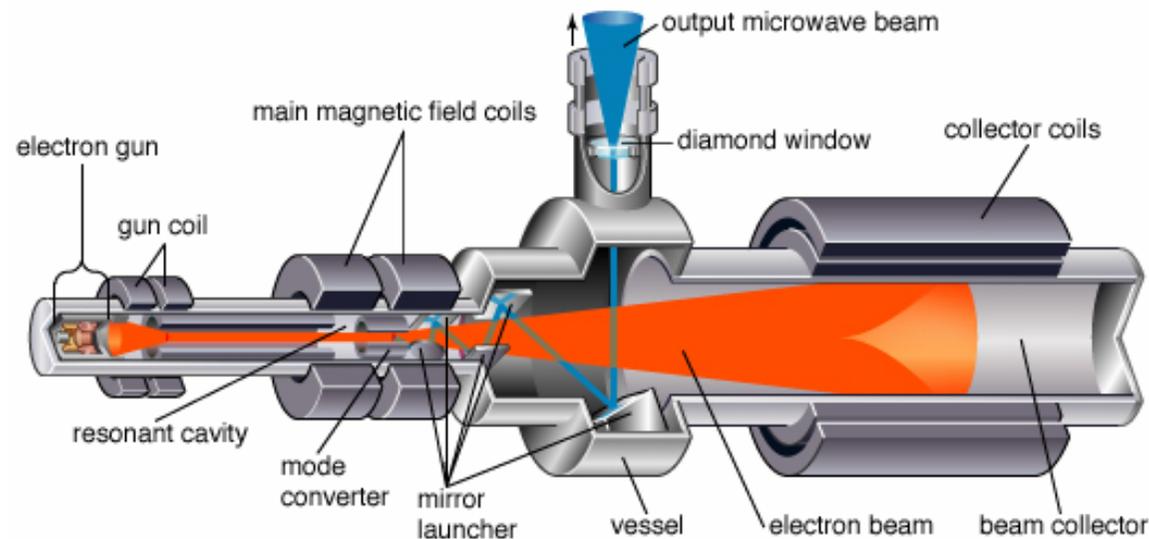
# Amplificador de Campo Cruzado (Amplitrón)

- Parecido al magnetrón
- Altas potencias (decenas de kW) con alta eficiencia (70%)
- Amplificador/Oscilador
- Funciona como guía
- Se usan en cascada



# El Gyrotron

- Genera energía en el rango de las ondas milimétricas (20 ~ 250 GHz)
- Un tipo de MASER
- Basado en principios relativísticos
- Desde kW hasta MW





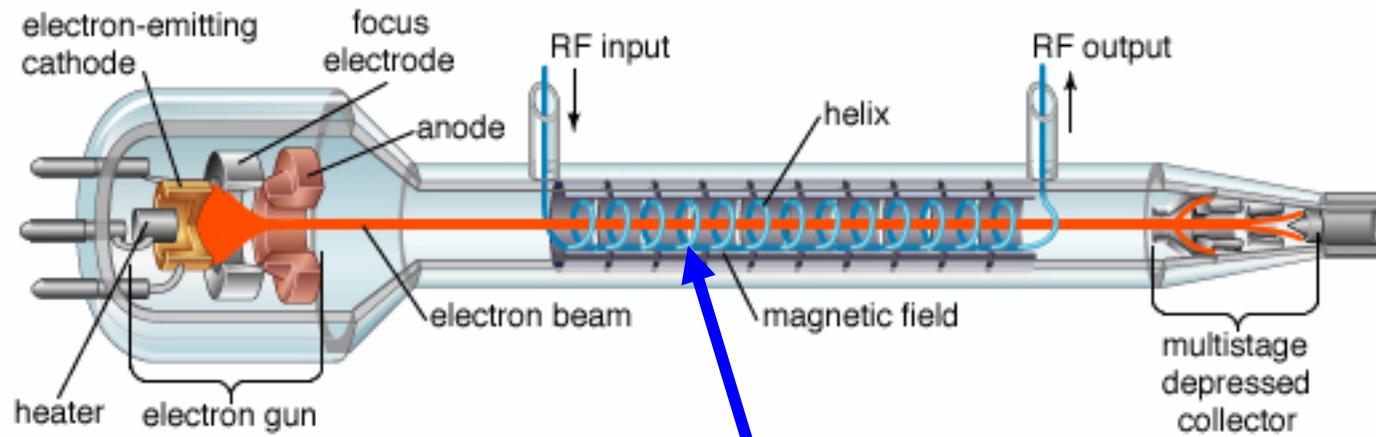
# Aplicaciones del Gyrotron

- Calentamiento industrial
- Investigación
- Armamento
  - Active Denial System
  - “Rayo del Dolor”
  - 95 GHz
  - 50° @ 1/2 km
  - Penetra la ropa



# Tubo de Onda Viajera (Travelling Wave Tube)

- Gran ganancia  $\sim 70$  dB
- Gran ancho de banda: 300 MHz  $\sim$  50 GHz
- 2.5 kW
- Potencia limitada por el calibre de la hélice
- TWT de cavidad acoplada: 15 kW (menos ancho de banda)

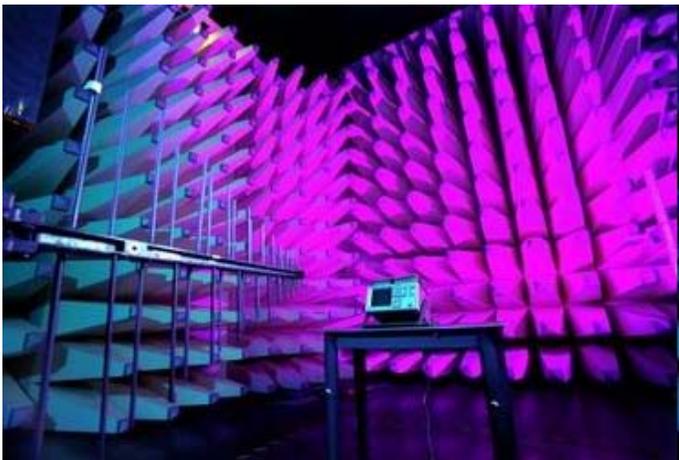


Estructura de onda lenta



# Aplicaciones de TWT

- Amplificación en transpondedores satelitales
- Radares aéreos de control de tiro
- Guerra electrónica
- Pruebas de compatibilidad electromagnética



[http://www.l-3com.com/edd/products\\_traveling\\_wave\\_tube.htm](http://www.l-3com.com/edd/products_traveling_wave_tube.htm)

# Generador de Onda Regresiva (Carcinotron)

- Generación en el rango de los THz
- Sintonizable en amplio rango de frecuencias
- Tipo M: el más poderoso
- Tipo O
- Usados en contramedidas electrónicas, sensores pasivos

