

1. Publicação nº <i>INPE-2436-PRE/137</i>	2. Versão	3. Data <i>Junho, 1982</i>	5. Distribuição ☐ Interna ☒ Externa ☐ Restrita
4. Origem <i>DEE</i>	Programa <i>ESTER2</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>MICROONDAS OSCILADOR DE MICROONDAS RESSOADOR DIELÉTRICO</i>			
7. C.D.U.: <i>621.373:621.3.029.6</i>			
8. Título <i>OSCILADOR DE MICROONDAS ESTABILIZADO POR UM RESSOADOR DIELÉTRICO EM 5,4 GHz</i>		10. Páginas: <i>16</i>	
		11. Última página: <i>09</i>	
		12. Revisada por <i>Lucio B.T. Cividanes</i>	
9. Autoria <i>Paulo Mello Marshall Carlos Eduardo Santana</i>		13. Autorizada por <i>Nelson de Jesus Parada Diretor</i>	
Assinatura responsável <i>Marshall</i>			
14. Resumo/Notas <i>Descreve-se o projeto de um oscilador de microondas estabilizado por um ressoador dielétrico que opera na frequência de 5,43 GHz. O ressoador dielétrico é acoplado magneticamente à uma linha em microfita e é o elemento principal da rede de sintonia ligada à porta de entrada de um transistor realimentado. Com este procedimento obtém-se um oscilador com ampla faixa de sintonia sem histerese. O sinal em 5430670 kHz apresenta-se com baixo ruído de fase e estabilidade térmica da ordem de $\pm 2,2$ ppm/°C. São apresentadas curvas de sintonia e espectro do oscilador.</i>			
15. Observações <i>Submetido para apresentação na 34ª Reunião Anual da SBPC, em Campinas, de 6 a 14 de julho de 1982.</i>			

ABSTRACT

The design of a dielectric resonator stabilized oscillator at 5.43 GHz is described. The dielectric resonator, magnetically coupled to a microstrip line, is the principal element of the tuning network connected to the input port of a feedback transistor. With this procedure, an oscillator with a broad tuning band without hysteresis is obtained. At 5430670 kHz the oscillator shows low phase noise and thermal stability of about ± 2.2 ppm/°C. Curves of the tuning range and oscillator spectrum are presented.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	v
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>DESCRIÇÃO</u>	2
3 - <u>RESULTADOS E CONCLUSÕES</u>	5
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	9

•
• •

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Diagrama de blocos do oscilador	1
2 - Circuitos de instabilidade do transistor instabilizado por realimentação	3
3 - Caracterização do ressoador dielétrico $F_0 = 5430670$ kHz; $\delta = 1,3$ MHz	4
4 - Curva de sintonia do oscilador	6
5 - Espectro do oscilador	7

•
•

1. INTRODUÇÃO

Osciladores de microondas de alta estabilidade tem sido realizados com a utilização de ressoadores dielétricos de baixa perda em diversas configurações (Podcameni and Bermudez, 1981; Marshall e Santana, 1981). Entretanto a maioria dos projetos descritos baseiam-se em medidas de certos parâmetros dos dispositivos utilizados que operam em grandes sinais (Podcameni and Bermudez, 1981; Abe et alii, 1978). Neste trabalho descreve-se um método preciso de projetar osciladores de microondas estabilizados por ressoadores dielétricos, a partir de parâmetros de baixo sinal especificados para o dispositivo a ser utilizado. No diagrama de blocos detalhado na Figura 1, o dispositivo ativo é um transistor de microondas com realimentação externa. A realimentação externa é introduzida visando-se maximizar o coeficiente de reflexão (S_{11} ou S_{22}) e, desta forma, modificar convenientemente as regiões de instabilidade do transistor. A rede de sintonia é projetada visando-se garantir a instabilidade de potencial do transistor, apenas na frequência para a qual o ressoador dielétrico deverá estar sintonizado. A rede de casamento de saída é projetada de forma a maximizar a transferência de potência para a carga.

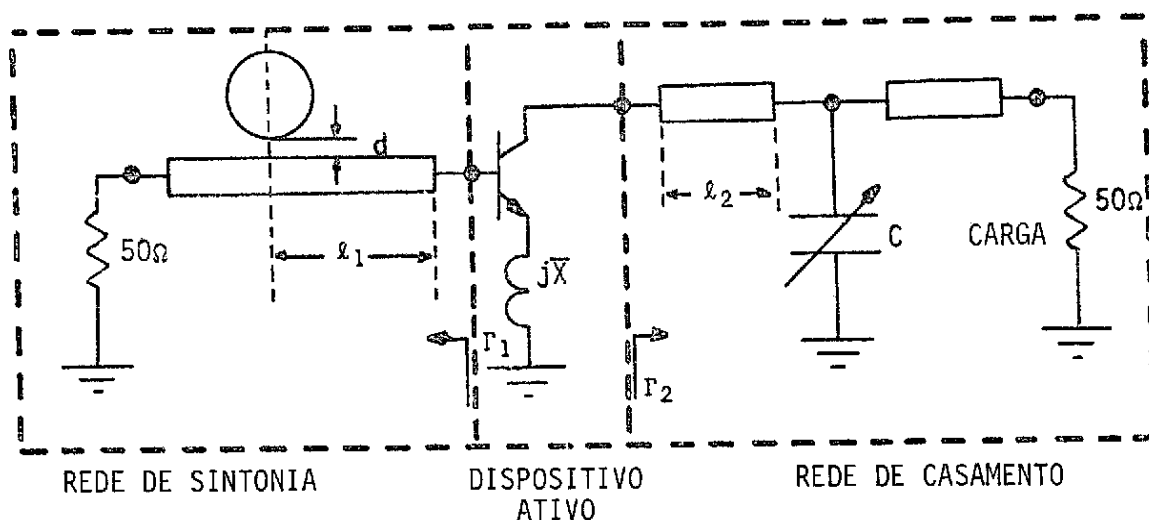


Fig. 1 - Diagrama de blocos do oscilador.

2. DESCRIÇÃO

O projeto do oscilador, cujo diagrama de blocos está detalhado na Figura 1, inicia-se com a instabilização do dispositivo ativo. As regiões de instabilidade do transistor de microondas são modificadas pela realimentação externa do tipo indutiva série. Esta realimentação é realizada com a associação paralela de dois tocos curto-circuitados, ligados aos terminais de emissor do transistor. É possível mostrar que o efeito da reatância de realimentação normalizada $\bar{X}$ (Figura 1) na matriz de espalhamento do transistor (S_T) pode ser expresso pela transformação:

$$\underline{S} = [(\underline{I} - S_T)^{-1} (\underline{I} + S_T) + Z_F - \underline{I}] [(\underline{I} - S_T)^{-1} (\underline{I} + S_T) + Z_F + \underline{I}]^{-1}, \quad (1)$$

onde $\underline{I}$ é a matriz identidade bidimensional e

$$Z_F = j\bar{X} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Especializando os resultados acima para um transistor com $S_{11T} = 0,705 \angle 129,5^\circ$, $S_{12T} = 0,089 \angle 37^\circ$, $S_{21} = 1,345 \angle -1^\circ$, $S_{22T} = 0,608 \angle -107^\circ$, medidos em 5430 MHz, obtêm-se os círculos de instabilidade nos planos de entrada e de saída do dispositivo ativo, em função de $\bar{X}$, mostrados na Figura 2. Escolhendo $\bar{X} = 1,65$, a Equação 1 fornece: $S_{11} = 0,25 \angle 142,4^\circ$; $S_{12} = 1,17 \angle 46,2^\circ$; $S_{21} = 1,42 \angle 6,6^\circ$; $S_{22} = 0,83 \angle -138,8^\circ$. Estes parâmetros são usados para o projeto dos circuitos de entrada e saída do oscilador. Fixando $\Gamma_1 = 0,81 \angle 177^\circ$ para o valor do coeficiente de reflexão na entrada da rede de sintonia, o coeficiente de reflexão modificado, na saída do dispositivo ativo, é dado por:

$$S_{22}' = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_1}{1 - S_{11}\Gamma_1} = 2,4 \angle -138,5^\circ,$$

enquanto a condição de oscilação, $\Gamma_2 S_{22}' = 1$ (Marshall e Santana, 1981), é verificada quando $\lambda_2 = 0,149 \lambda_0$ e $C = 0,5$ pF.

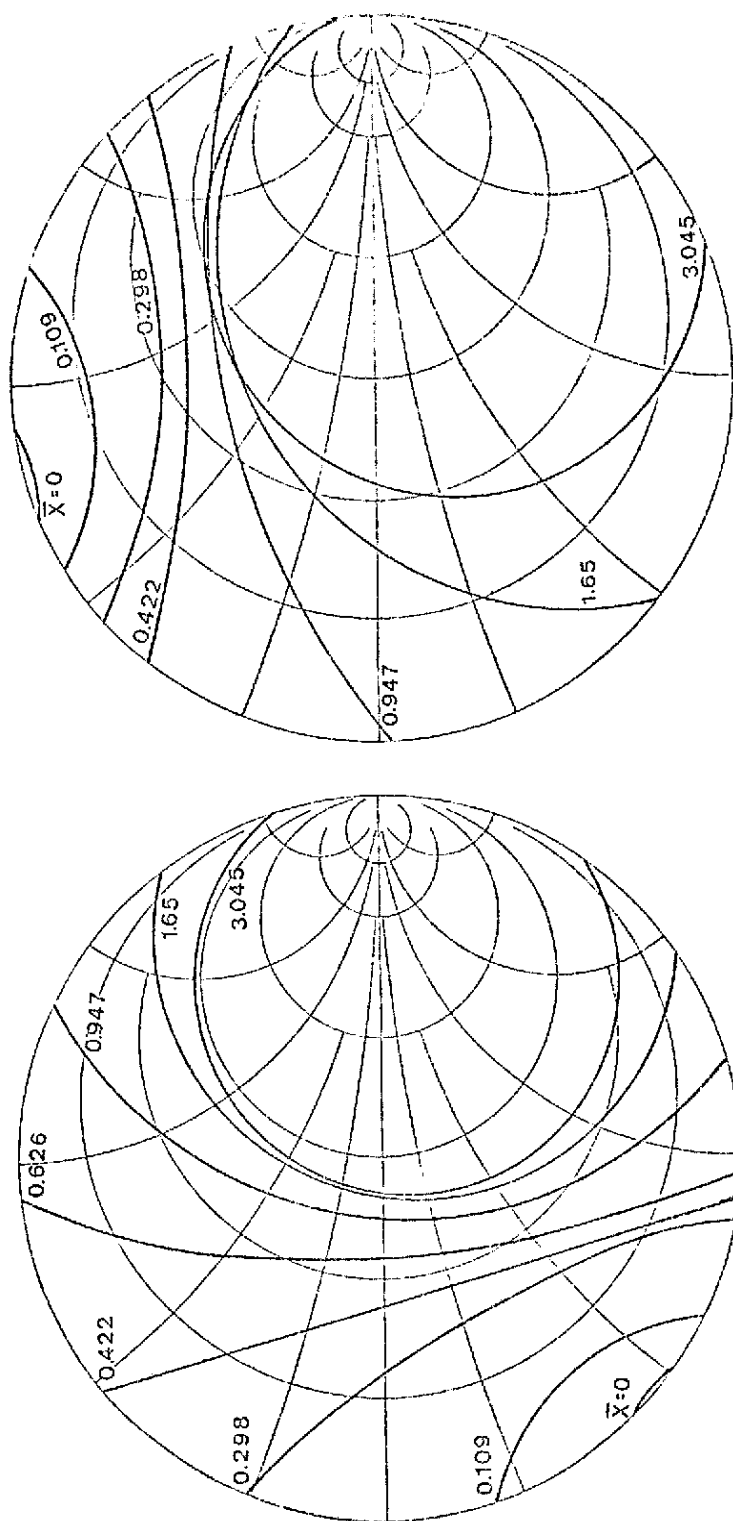


Fig. 2 - Circuitos de instabilidade do transistor instabilizado por realimentação.

(a) entrada (b) saída

A rede de sintonia é montada como mostra a Figura 1, com o ressoador dielétrico colocado a meio comprimento de onda do plano de referência 1 ($\ell_1 = 0,5 \lambda_g$) e afastado de uma distância d da linha em microfita adjacente.

Para avaliar o fator de qualidade (Q_0) do ressoador e seu acoplamento com a linha em microfita, foram realizadas medidas do coeficiente de reflexão, Γ_1 , em função da distância d . A partir dos resultados mostrados na Figura 3, estima-se o valor $Q_0 \approx 2500$. Verifica-se também que $\Gamma_1 = 0,81$ 177° pode ser obtido com $d = 1 \text{ mm}$ e $\ell_1 = 0,25 \lambda_g$.

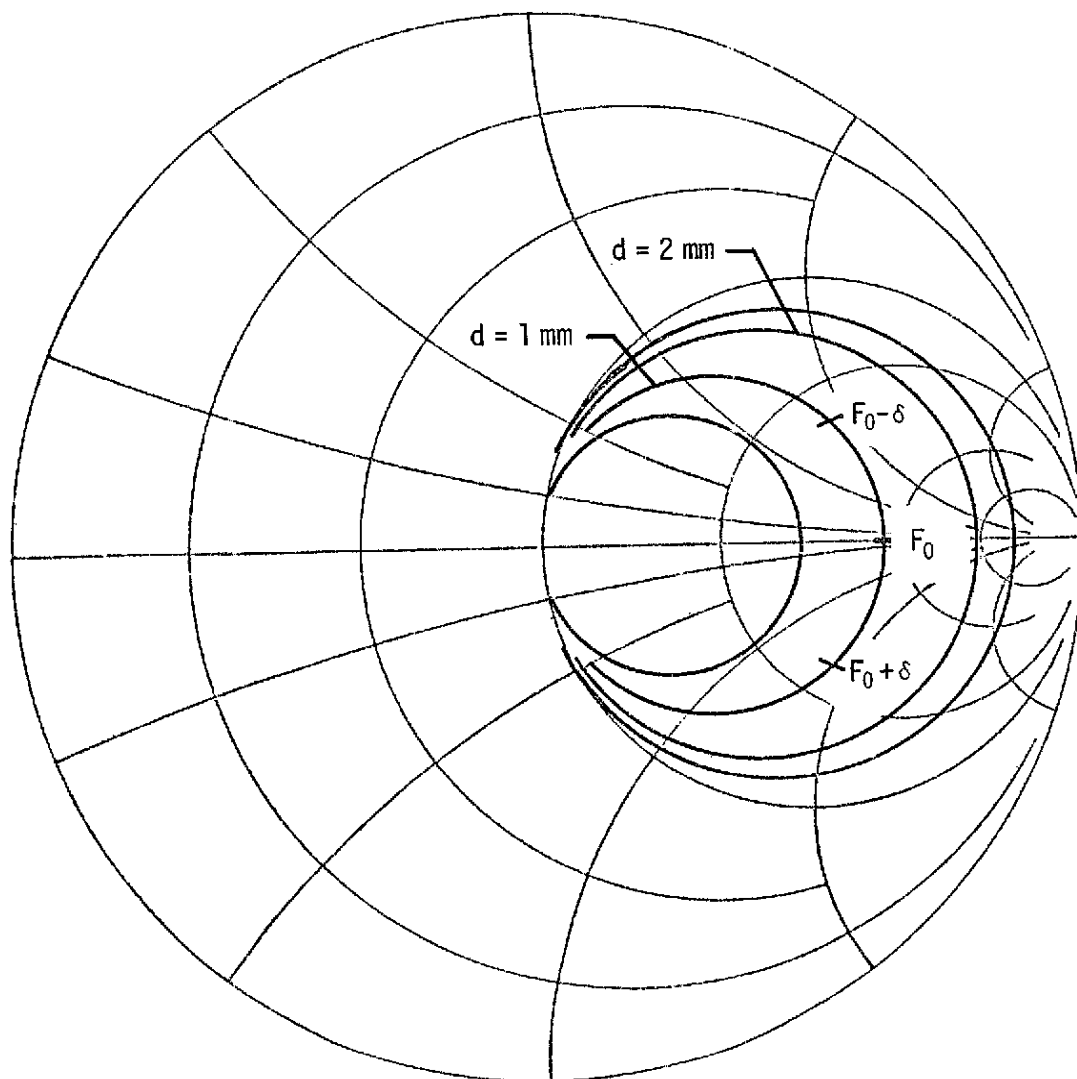


Fig. 3 - Caracterização do ressoador dielétrico
 $F_0 = 5430670 \text{ kHz}$; $\delta = 1,3 \text{ MHz}$.

Para o dimensionamento do ressoador dielétrico, foram utilizadas equações para a frequência de ressonância do modo dominante $TE_{01\delta}$ de ressoadores dielétricos cilíndricos, colocados sobre substratos dielétricos (Marshall e Santana, 1981). Uma amostra de tetratitanato de bário ($\epsilon_r = 37$) foi usinada nas dimensões de 11,6 mm de diâmetro por 4,2 mm de altura. Desta forma é possível sintonizar o ressoador na faixa de 5,38 a 6,5 GHz, quando este for colocado sobre um substrato dielétrico de 0,79 mm de altura e constante dielétrica igual a 2,22.

O circuito do oscilador foi montado em uma única placa dielétrica de dimensões 65 mm $\times$ 40 mm $\times$ 0,79 mm (RT DURIID 5880), no interior de uma caixa metálica cuja tampa contém um parafuso de sintonia alinhado com o eixo do ressoador dielétrico.

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

O oscilador apresenta um sinal de baixo ruído de fase e livre de oscilações espúrias, que pode ser sintonizado na faixa de 5,38 a 5,65 GHz, sem histerese na curva de sintonia, como mostrado na Figura 4. A variação da potência de saída é menor que ± 2 dB. A Figura 5 mostra o espectro do oscilador, com resolução de 10 kHz. O ruído de fase numa faixa de 1 Hz é -95 dBc a 10 kHz de afastamento. Este valor é cerca de 20 dB mais baixo do que valores típicos de ruído de fase de osciladores não estabilizados. A estabilidade térmica da frequência de oscilação é da ordem de $\pm 2,2$ ppm/°C, avaliada na faixa de -10°C a 50°C. A variação de potência correspondente está dentro de $\pm 0,5$ dB. O oscilador apresenta-se estabilizado com relação a variações na tensão de alimentação, tendo sido medido o coeficiente de 70 kHz/V no intervalo de $10 \text{ V} \leq V_{CE} \leq 15 \text{ V}$.

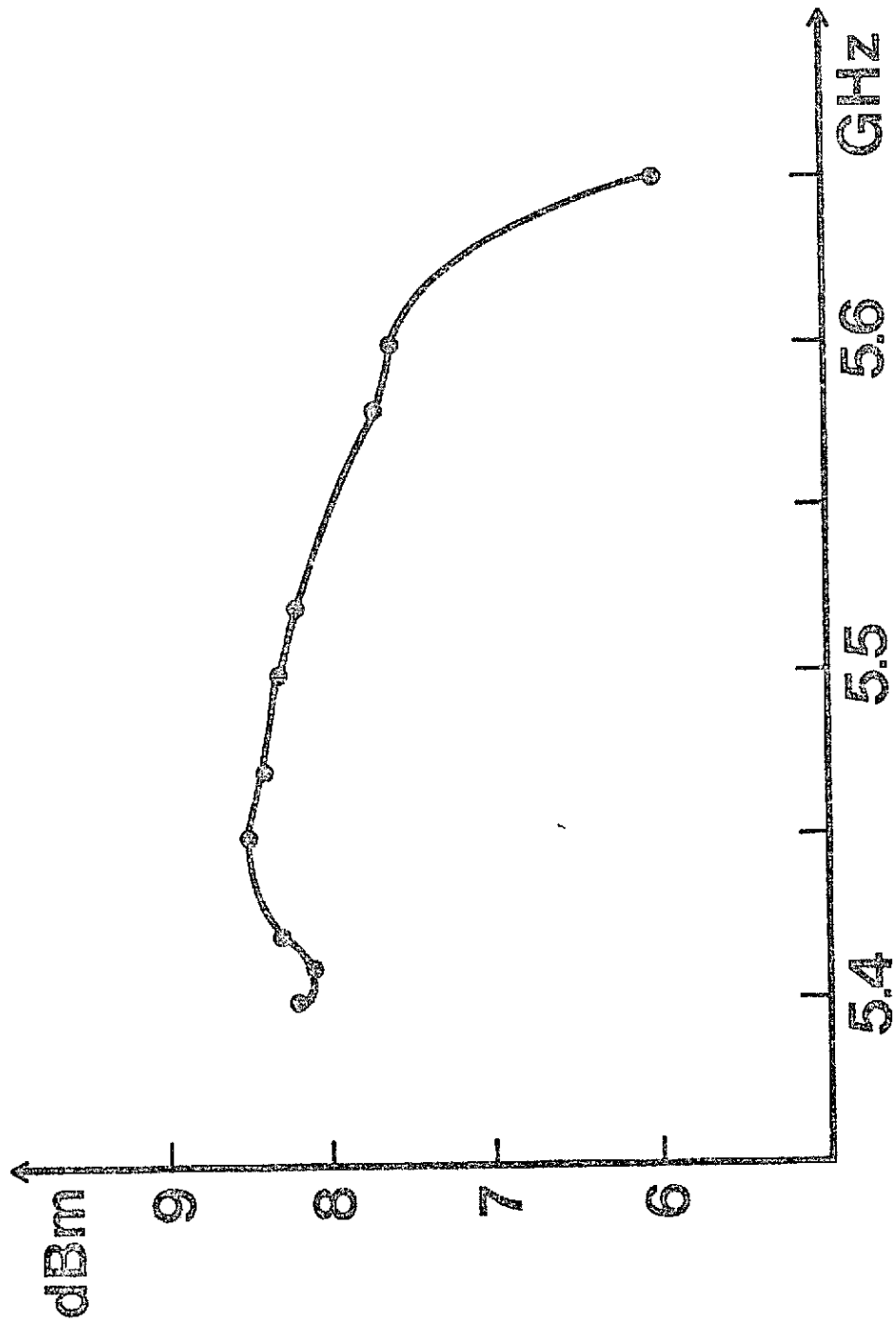


Fig. 4 - Curva de sintonia do oscilador.

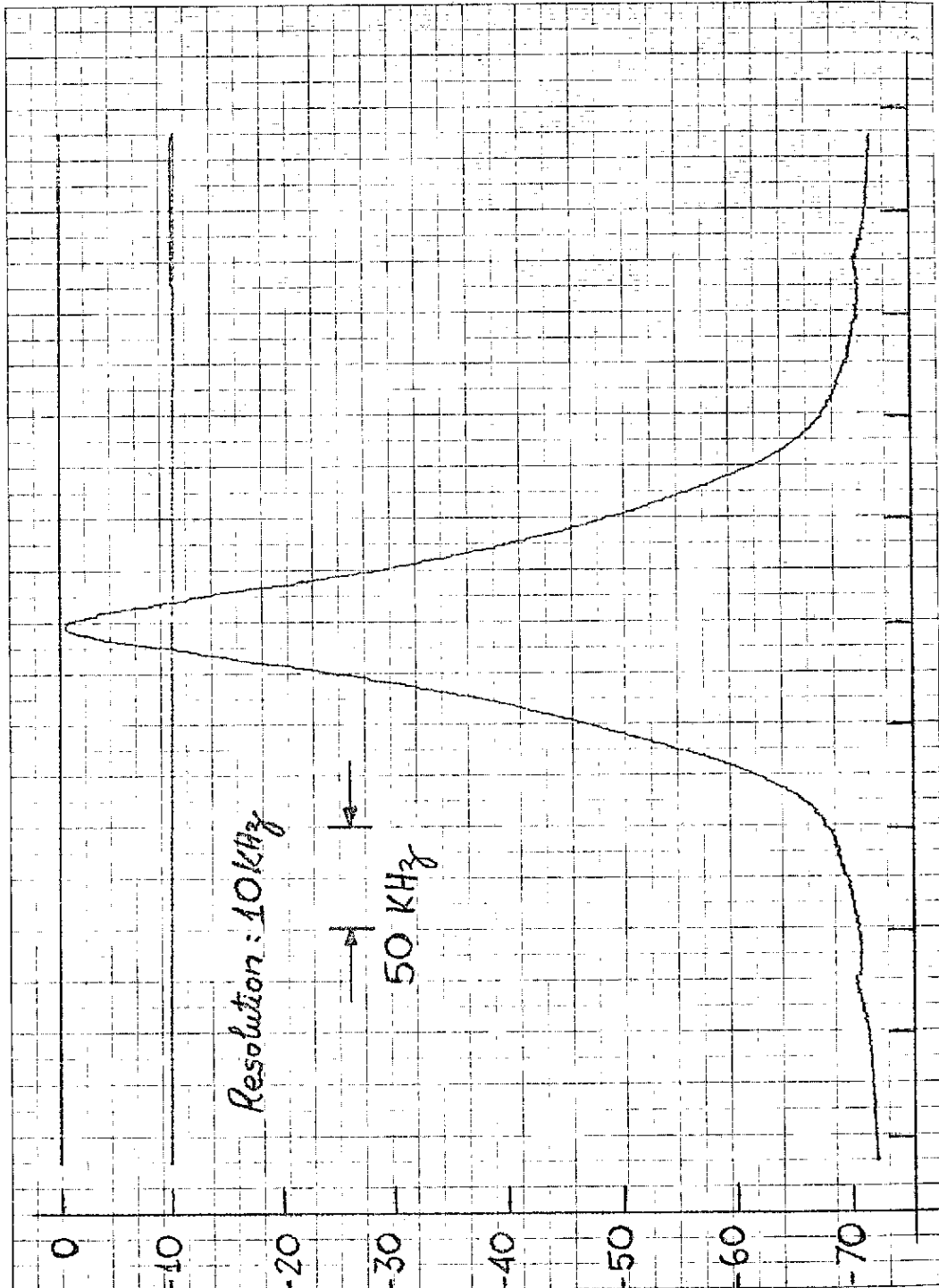


Fig. 5 - Espectro do oscilador.

Como o fator de qualidade externo do oscilador (Q) é função do acoplamento entre o ressoador dielétrico e a linha em microfita, várias características do oscilador são dependentes da distância d , entre a borda do ressoador dielétrico e a linha. Aumentando-se esta distância de 1 mm para 2 mm, verificou-se uma melhoria de 5 dB no ruído de fase medido a 10 kHz de afastamento. A redução na potência de saída foi de 3 dB enquanto a faixa de sintonia caiu para 3%.

Acredita-se que o ruído de fase pode ser melhorado ainda mais, elevando-se o fator de qualidade externo (Q) do oscilador. Isto poderia ser tentado, por exemplo, usando-se um espaçador de baixa perda entre o ressoador dielétrico e o substrato de apoio, evitando-se, desta forma, a degradação do Q devido à proximidade do plano de terra inferior. Este procedimento está sendo pesquisado e será objeto de relatórios futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, H.; TAKAYAMA, Y.; HIGASHISAKA, A.; TAKAMIZAWA, H. A highly stabilized low-noise GaAs FET integrated oscillator with a dielectric resonator in the C band, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Tech.*, MTT-26(3):156-162, Mar. 1978.
- MARSHALL, P.M.; SANTANA, C.E. *Frequência de ressonância e faixa de sintonia de ressoadores dielétricos cilíndricos*. São José dos Campos, INPE, Abr. 1981. (INPE-2042-NTE/169).
- MARSHALL, P.M.; SANTANA, C.E. *Oscilador de microondas estabilizado por um ressoador dielétrico*. São José dos Campos, INPE, Jun. 1981. (INPE-2123-RPE/347).
- PODCAMENI, A.; BERMUDEZ, L.A. Stabilized FET oscillator with input dielectric resonator: large signal design. *Electronic Letters*, 17:44-45, Jan. 1981.