

1. Classificação <i>INPE-COM. 2/NTI</i> <i>CDU: 551.510.535</i>	2. Período <i>Julho de 1977</i>	4. Critério de Distribuição: interna <input checked="" type="checkbox"/> externa <input type="checkbox"/>
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>Linha de Plasma, E Esporádica, Espalhamento Incoerente, Experimento de Aquecimento</i>		
5. Relatório nº <i>INPE-1079-NTI/092</i>	6. Data <i>Julho de 1977</i>	7. Revisado por <i>V. D. S.</i> <i>L.A. Vieira Dias</i>
8. Título e Sub-Título <i>Linha de Plasma na Camada E Esporádica Induzida por HF.</i>		9. Autorizado por <i>Parada</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i>
10. Setor <i>CEA/GEO</i>	Código <i>412</i>	11. Nº de cópias - <i>3</i>
12. Autoria <i>I.J. Kantor</i>		14. Nº de páginas <i>19</i>
13. Assinatura Responsável <i>Paul Paul</i>		15. Preço
16. Sumário/Notas <i>Desde 1970 é realizado no Observatório de Arecibo, em Puerto Rico, um experimento de aquecimento da ionosfera, no qual um sinal de rádio em HF (ondas curtas), de alta potência, atinge as camadas da ionosfera aquecendo o plasma local. Durante o experimento de 1976 foi observado, pela primeira vez, o espectro da instabilidade na linha de plasma na altura da camada E esporádica. O espectro das observações é apresentado e discutido.</i>		
17. Observações <i>Este trabalho foi parcialmente subvencionado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT, através do convênio FINEP- 271-CT.</i>		

Abstract

An experiment for heating the ionosphere is being conducted since 1970 at the Arecibo Observatory, in Puerto Rico. A powerful HF radio wave is transmitted, heating the local plasma at the ionospheric height of wave reflection. During 1976 heating experiment, the plasma line spectrum was observed at the sporadic-E. The spectrum and the conditions of the experiment are presented.

I - INTRODUÇÃO

O experimento de aquecimento da ionosfera consiste em transmitir um sinal de rádio de grande intensidade na ionosfera. A frequência da onda de rádio deve ser da ordem de MHz, mais especificamente, da ordem da frequência crítica da ionosfera. Se a frequência do transmissor, f_{HF} , for superior à crítica, f_{oF_2} , a onda de rádio não se refletirá e atravessará a ionosfera. Se $f_{HF} < f_{oF_2}$, então haverá reflexão. Vários fenômenos interessantes ocorrem (Utant e Cohen, 1971), porém, neste trabalho estamos interessados na excitação de ondas de plasma. Estas ondas de plasma foram, pela primeira vez, observadas no Observatório de Arecibo em 1971 (Carlson et al, 1972) e são discutidas em detalhe por Kantor (1974). Próximo da altura em que ocorre a reflexão da onda, sua frequência é próxima da frequência do plasma. Quando a potência do sinal é maior do que um certo limiar, a onda eletromagnética excita ondas acústicas e longitudinais de plasma por meio de um processo de instabilidade paramétrica. O Observatório de Arecibo tem não só instalações para transmitir a onda de HF como, também, possui um radar de espalhamento incoerente que é capaz de medir parâmetros ionosféricos, tais como densidade, temperatura dos elétrons e dos íons, velocidade de drift etc. Em particular ele pode medir estas ondas de plasma.

II - MEDIDAS DA ONDA DE PLASMA NA Es

Normalmente os trabalhos neste campo tem sido em observações da linha de plasma na região F da ionosfera. Recentemente Gordon e Carlson (1976) apresentam dados da existência de excitação de linha de plasma na camada esporádica E, quando a frequência de "blanketing" excede a frequência transmitida. Nosso trabalho mostra o espectro do sinal da linha de plasma, com detalhes, na esporádica E além de outros aspectos. A excitação da onda de plasma na Es (Esporádica E) apresenta características diferentes da região F. A composição iônica é diferente, a esporádica E apresenta elevados gradientes de densidade e a intensidade da onda de rádio é muito maior devi

do à proximidade ao transmissor.

A Figura 1 apresenta as condições ionosféricas medidas durante o dia 25 de julho, no qual foram feitas as observações. A frequência crítica, f_0F_2 , manteve-se próxima da f_{HF} , tendo sido "apagada" pela f_bE durante boa parte do tempo dos experimentos, indicados ao longo do eixo do tempo por "BARKER" e "SP". A frequência máxima da Es foi bastante alta, chegando até 16 MHz.

III - EXPERIMENTO BARKER

O experimento "BARKER" consiste no envio de pulsos do radar em código Barker. O código Barker permite a obtenção de melhor resolução de altura nas medidas. Em nosso caso, a resolução em altura é de 0,6 Km. As medidas pelo Barker se encontram nas Figuras 2, 3, 4, 5 e 10. A Figura 2 representa um trecho dos dados que apresenta uma transição do transmissor de HF, de desligado para ligado. A Figura 3 apresenta um corte na altura e tempo da mesma Figura 2. Acompanhando na Figura 2 observamos que ao se ligar o transmissor de HF aparece um sinal na altura de 115 Km, conforme o primeiro desenho da Figura 3. O seu perfil está no segundo desenho da Figura 3. A resolução de altura é 0,6 Km. O perfil indica que houve uma excitação de linha de plasma na altura da esporádica E.

O Barker recebe sinal da linha iônica que pode ser usado para medição do perfil da ionosfera conforme a Figura 4. As medidas, com transmissor ligado ou desligado, não apresentam diferenças sensíveis. O sinal forte, na altura de 115 Km, está expandido à esquerda. A altura do pico da Es coincide com a altura medida nas linhas de plasma. A resolução em altura (0,6 Km) não é suficiente para medir a estrutura da Es. Na linha de plasma recebemos normalmente sinal mais forte das alturas em que $f_p \approx f_{HF}$. Isto nos permite calibrar aproximadamente o perfil em frequência de plasma, através da proporcionalidade $f_p^2 \propto N \propto \text{SNR}$. Ou seja a frequência local do plasma é aproximadamente proporcional à raiz quadrada da intensidade da relação sinal ruído. Utilizando-se os dados de Barker foram, assim completados os dados da Figura 1. A com

paração das intensidades da linha de plasma superior e inferior é mostrada na Figura 5. A linha iônica também apresenta um aumento devido às instabilidades. As intensidades apresentam um ligeiro decaimento com o tempo. O experimento BARKER mede, apenas, a intensidade total do sinal. Para o entendimento dos processos envolvidos na excitação das linhas de plasma é importante o conhecimento do espectro do sinal.

IV - ESPECTRO DA LINHA DE PLASMA

O espectro do sinal é medido transmitindo-se um pulso de longa duração (no caso 600 μ seg) e calculando-se a FFT do sinal recebido. Este método pressupõe que o sinal recebido provenha de uma gama estreita de altura. A Figura 6 mostra que o perfil recebido apresenta largura próxima da do sinal transmitido, validando o método. As Figuras 7, 8 e 9 mostram exemplos de espectro em escala linear e logarítmica. É importante notar que o pico do sinal foi tomado como "zero". O deslocamento de frequência representa a diferença entre a frequência do sinal recebido e a frequência mais próxima da modulação do sinal de radar pela frequência do transmissor de HF. O fato do pico se encontrar na frequência ($f_{\text{RADAR}} \pm f_{\text{HF}}$) indica que a instabilidade predominante é a do modo crescente ("growing mode") quando, na região F, predomina o modo de decaimento ("decay mode"), que deve ser responsável pelo segundo pico nas Figuras 7 e 9.

V - ALTURA DA REGIÃO EXCITADA

O método Barker mede naturalmente a altura da excitação. O método do espectro (SP) mede a altura da excitação pelo range da borda inicial do perfil de potência (Figura 6). A Figura 10 mostra o conjunto das medidas da altura da instabilidade de plasma na Es pelos dois métodos.

Os dados de altura, obtidos pelo espectro, são perfeitamente compatíveis com os medidos pelo Barker (em que pese a brusca

variação de altura que este mede), esta compatibilidade colabora a coerência dos dados.

VII - CONCLUSÃO

Sumariando: foram apresentados dados Barker e espectros das linhas de plasma na esporádica E. O modo crescente de instabilidade é predominante.

REFERENCIAS

- CARLSON, H.C., W.E. GORDON and R.L. SHOWEN. High Frequency Enhancements of the Incoherent Scatter Spectrum at Arecibo. *J. Geophys. Res.*, 77, 1242-1250, 1972.
- GORDON, W.E. and H.C. CARLSON. The Excitation of Plasma Lines in Blanketing Sporadic-E. *J. Geophys. Res.*, 81, 4016-4018, 1976.
- KANTOR, I.J. High frequency Induced Enhancements of the Incoherent Scatter Spectrum at Arecibo, 2. *J. Geophys. Res.* 79, 199-208, 1974.
- UTLANT, W.F. and R. COHEN. Modifying the Ionosphere with Intense Radio Waves. *Science*, 174, 245-254, 1971.

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1 - Dados da ionosonda de Los Caños e dos dados de Barker, variação com o tempo. A linha reta contínua indica a frequência do transmissor de HF (f_{HF}). A linha f_0F_2 (o o o) representa a frequência crítica do modo ordinário. f_bE (.) representa a frequência de "blanketing". EsMAX (x---x) representa a frequência máxima da Es em propagação oblíqua (OBL) ou vertical (VERT). A linha dupla (o=o=o) ou (o::o) ou (* - *) representa os mesmo dados obtidos pelo uso do Barker.
- Fig. 2 - Medida da intensidade do sinal refletido, no experimento Barker, em função do tempo e da altura. A linha tracejada indica quando o transmissor é ligado. As setas indicam altura e tempo dos gráficos da Figura 3. Os números e letras para cada altura e tempo indicam intensidade. A conversão de símbolos para valores se encontra na Figura 3.
- Fig. 3 - a) Amplitude da linha de plasma em função do tempo para a altura de 115 Km conforme Figura.
b) Perfil da linha de plasma com altura medida no intervalo que se inicia em 12:04:06.
- Fig. 4 - Medida do perfil de potência da ionosfera pelo Barker. A escala superior corresponde aproximadamente à frequência do plasma. Detalhe mostrando a Es expandida em altura.
- Fig. 5 - Amplitude da linha de plasma superior, inferior e linha iônica dos dados Barker, na altura da Es, em função do tempo.
- Fig. 6 - Perfil de potência de um sinal recebido, para medida de espectro.
- Fig. 7 - Dois exemplos de espectros da linha de plasma da esporádica E, para 101730 e 123530 hs. A amplitude está normalizada pelo máximo e a escala é linear.
- Fig. 8 - Espectro da linha de plasma da Es, para 101730 hs em escala logarítmica, normalizada pelo máximo. A escala de frequência indica desvio em relação a ± 5110 KHz.

Fig. 9 -- O mesmo que a Figura 8 para 124000 hs.

Fig. 10 - Altura da EsPL versus tempo. Medidas de perfil pelo Barker em linha continua, onde (o) indica transmissor "ON" e (x) transmissor "OFF". A medida de altura pelo método do espectro está indicado por círculos concêntricos (e).

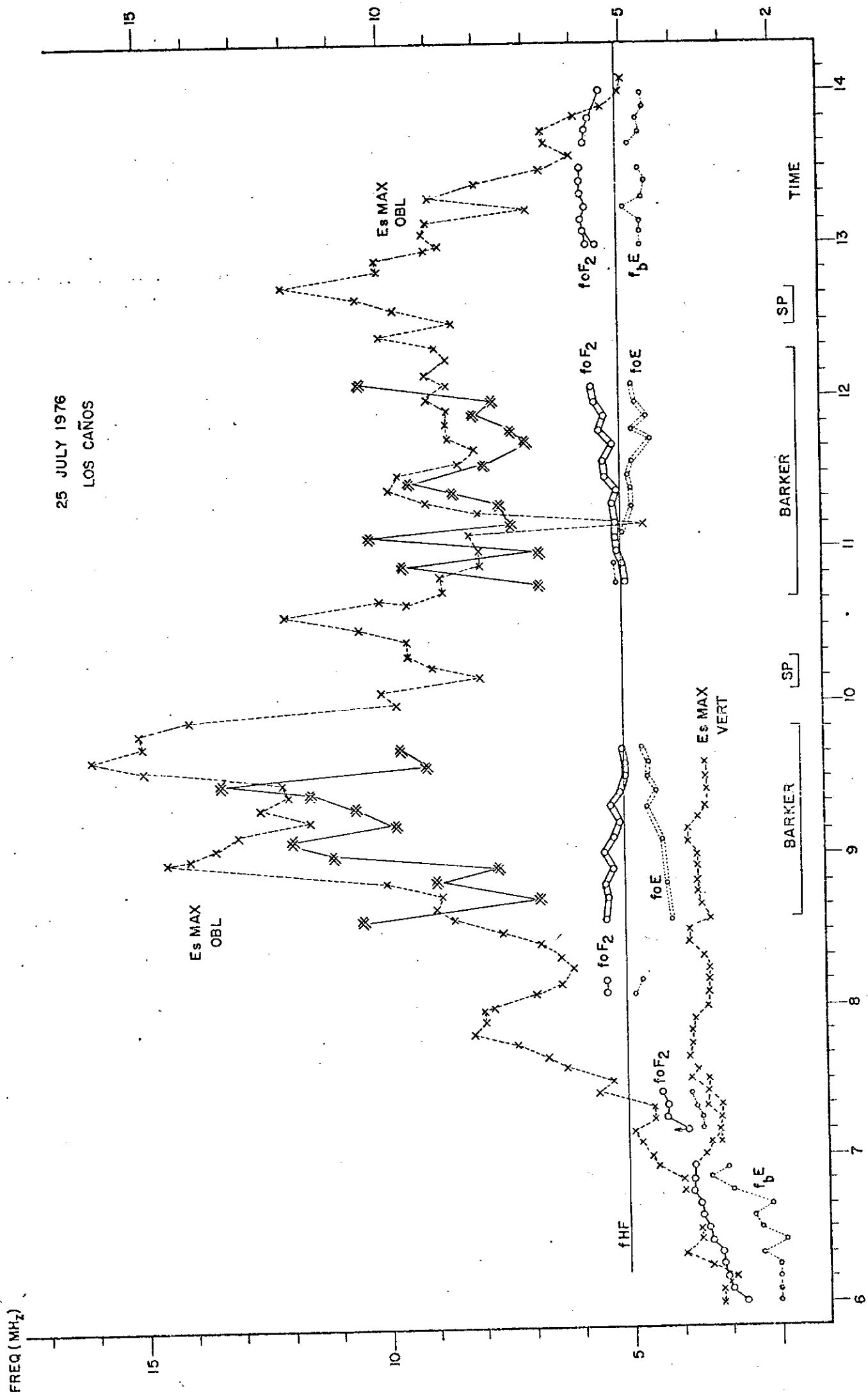


Fig. 1

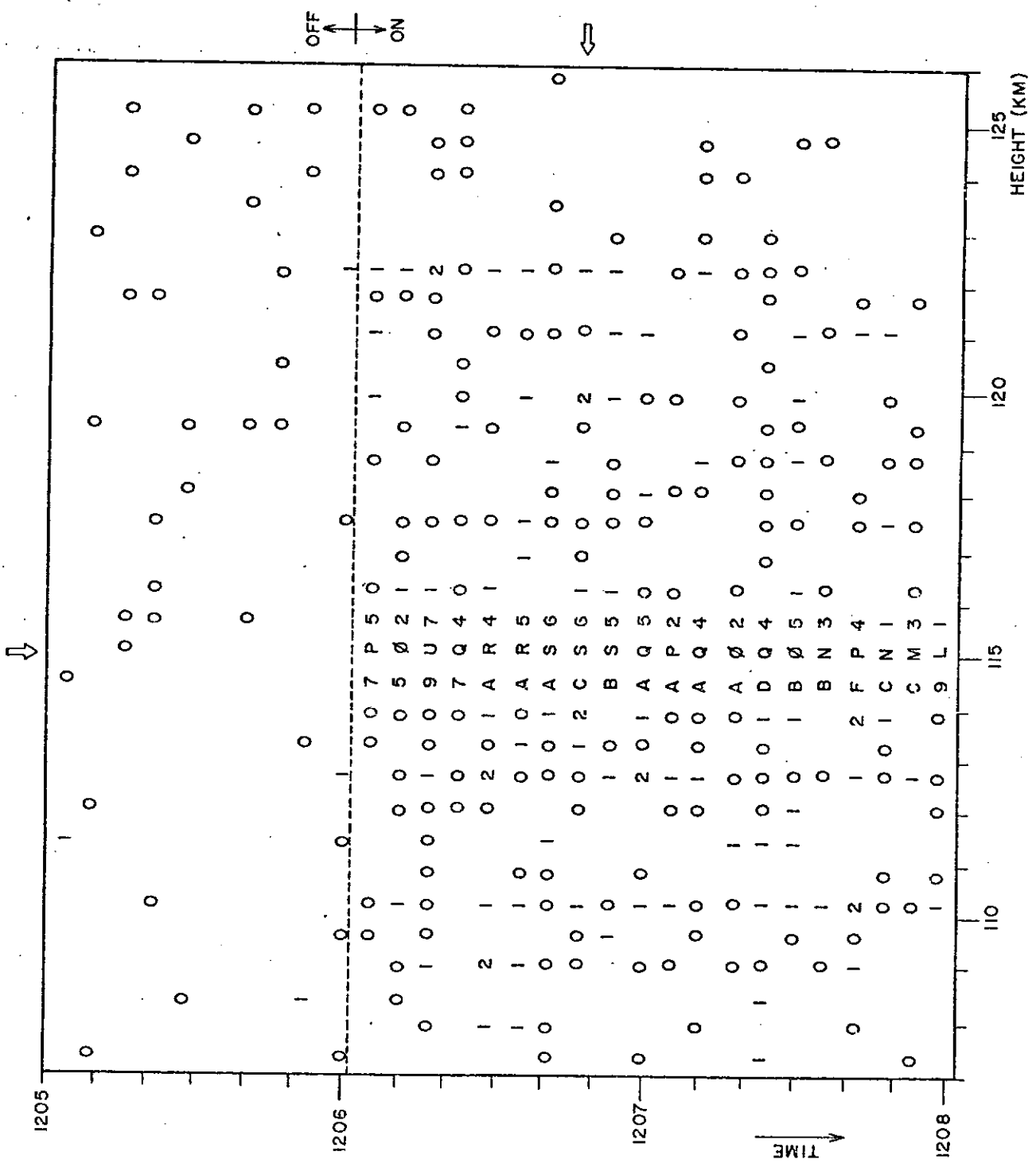


Fig. 2

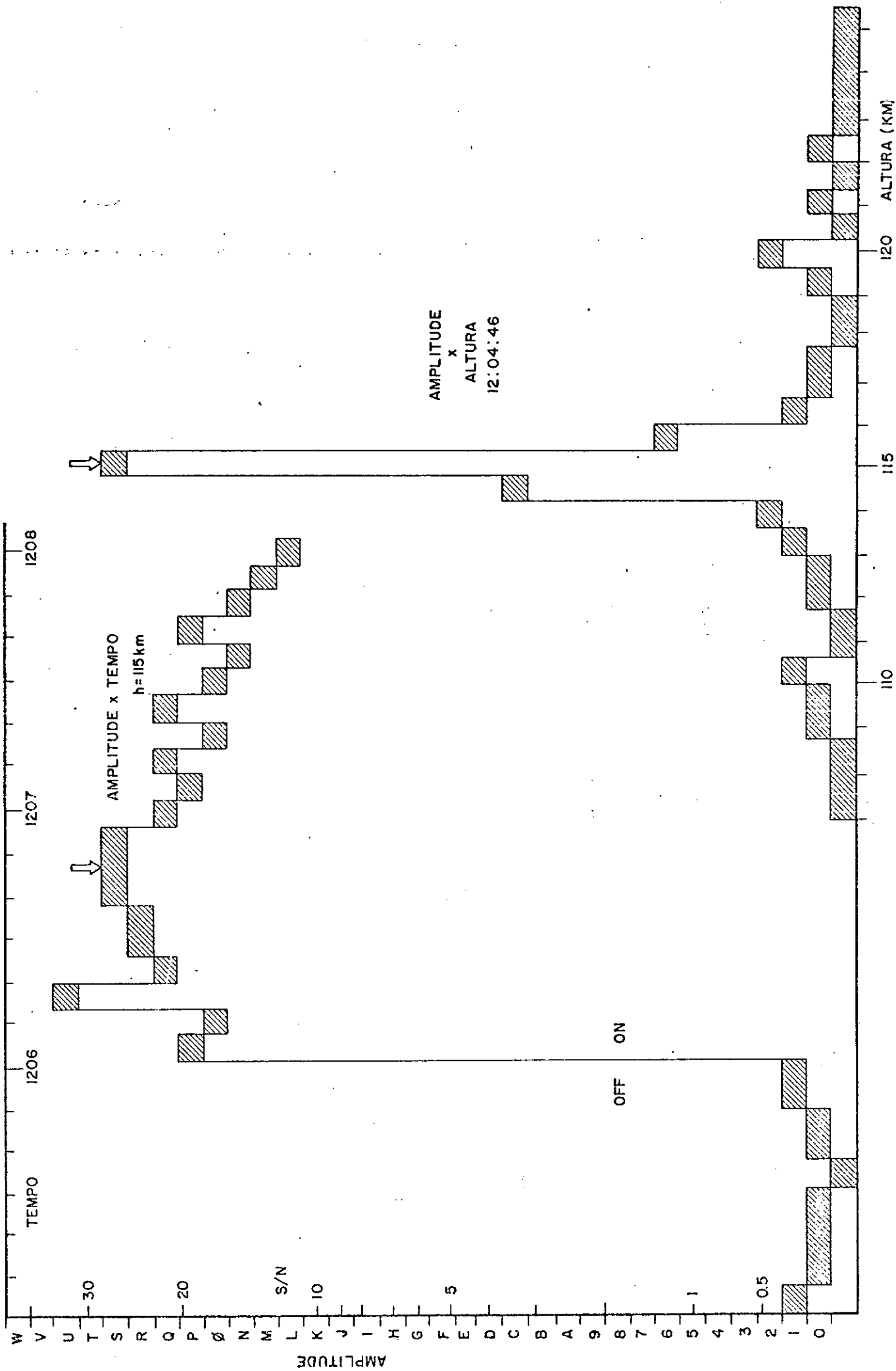


Fig. 3

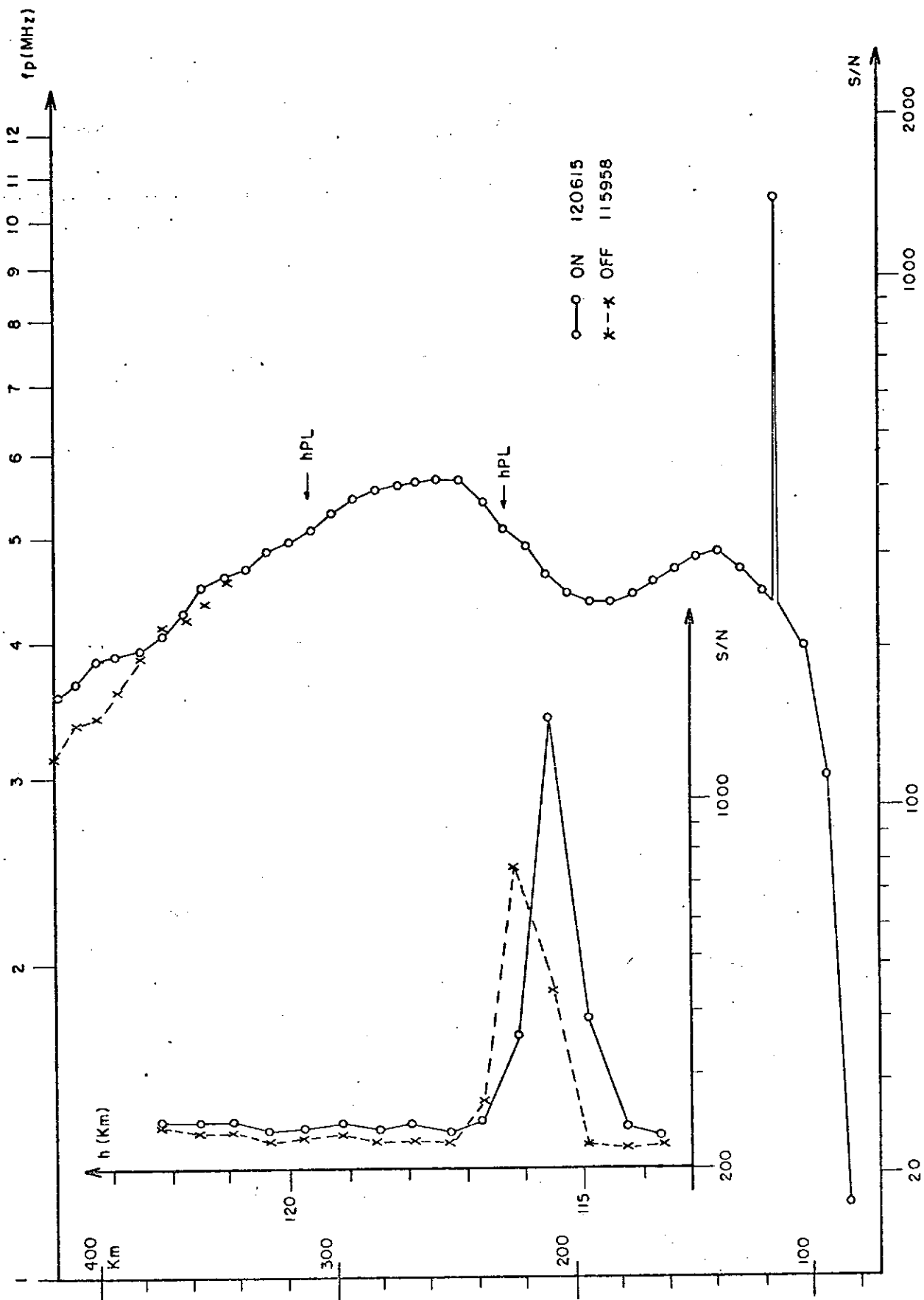


Fig. 4

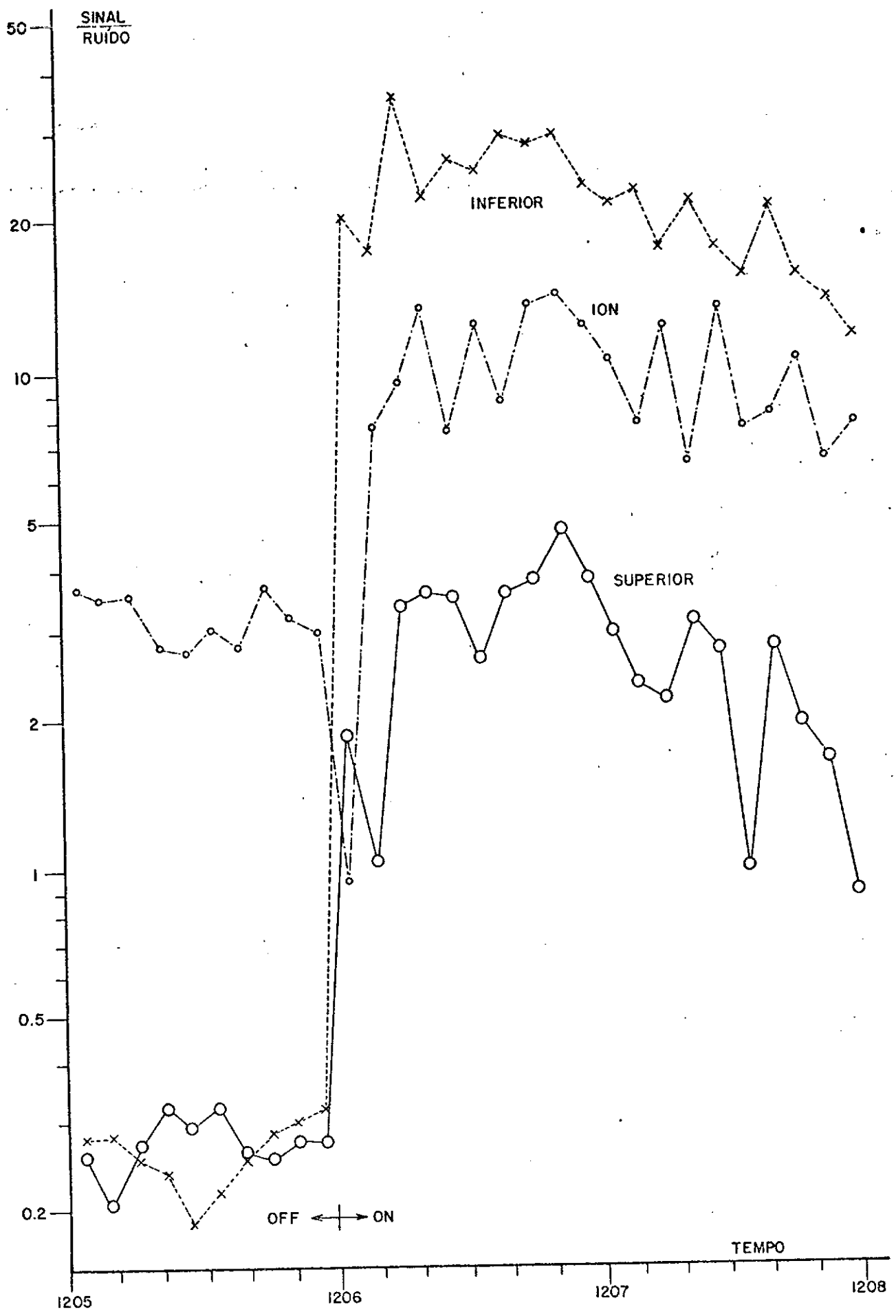


Fig. 5

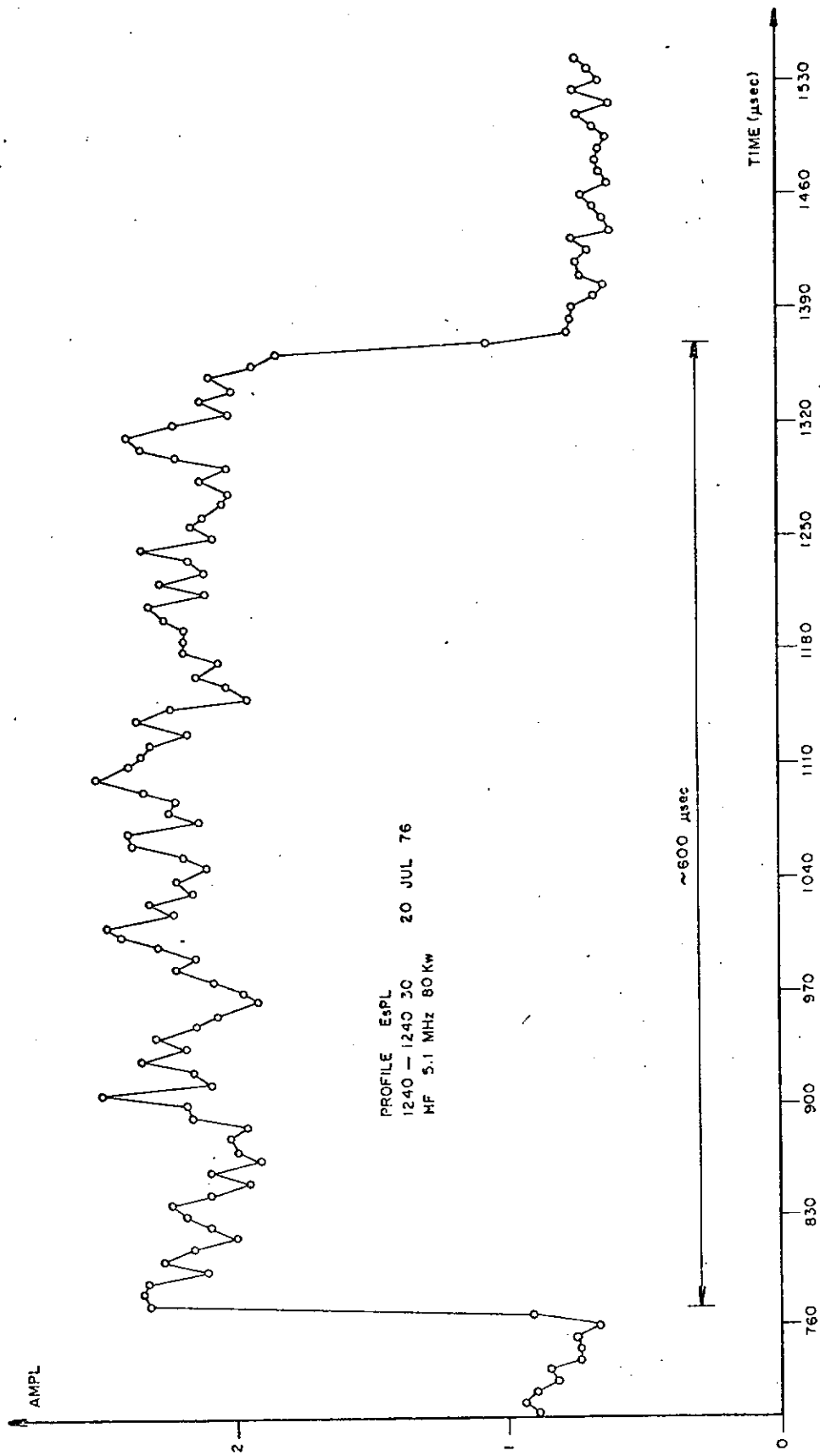


Fig. 6

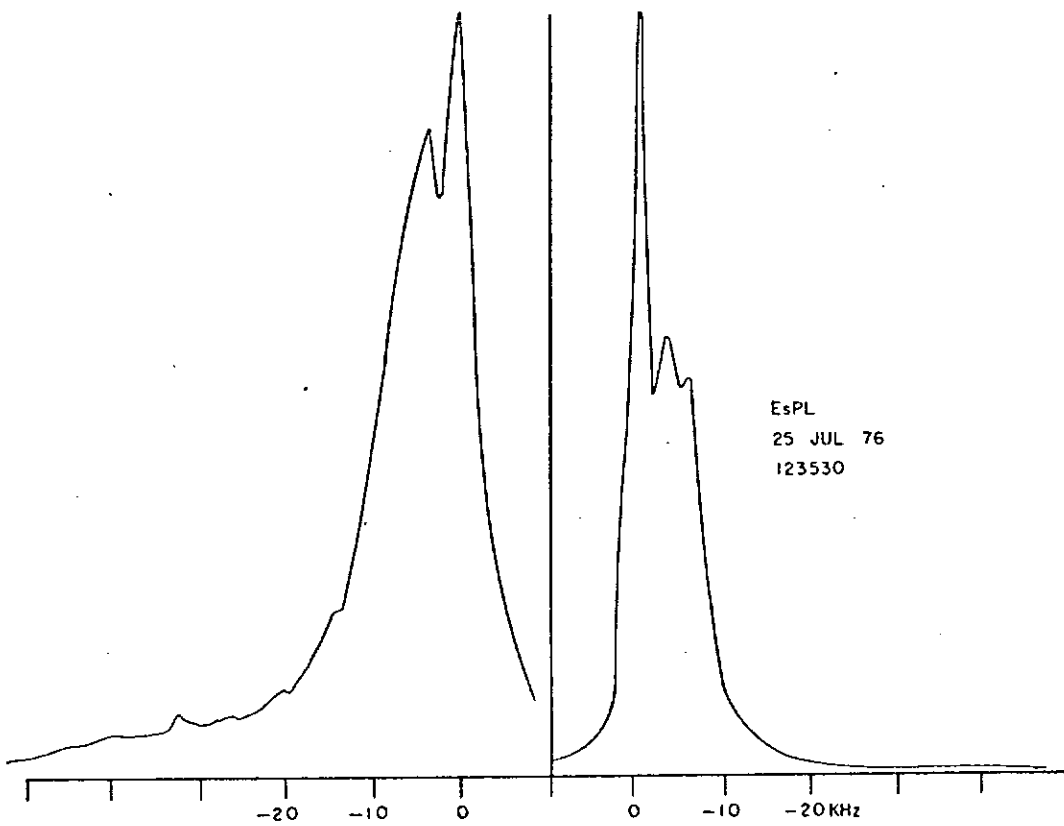
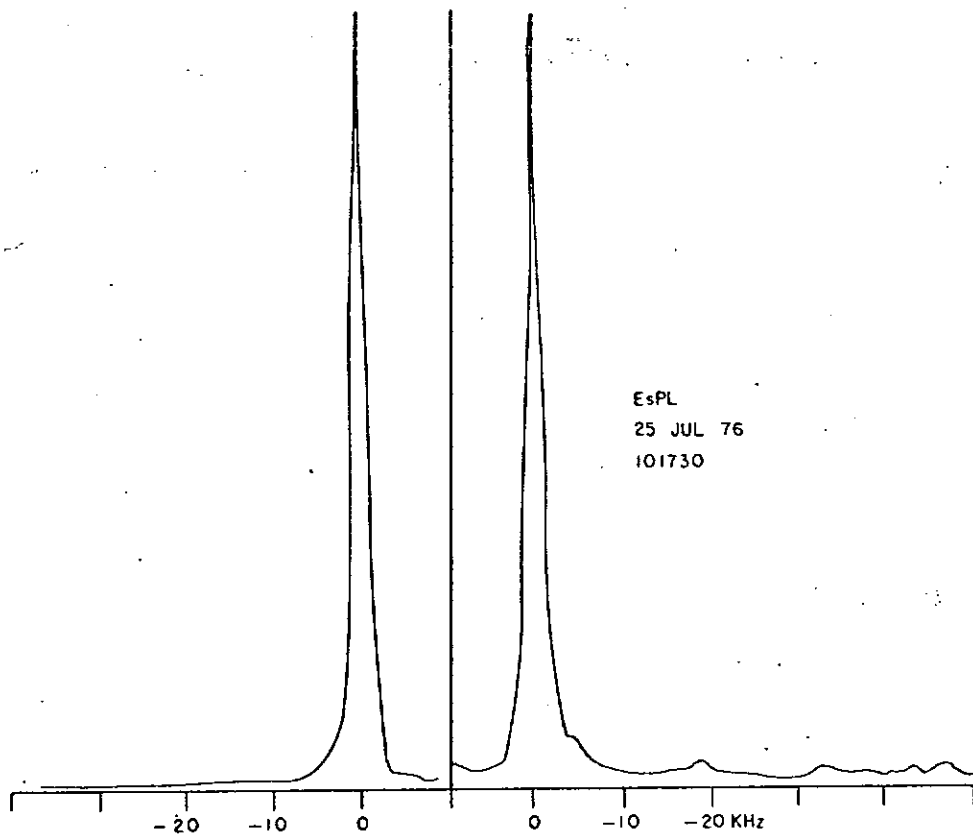


Fig. 7

EsPL
25 JUL 76
101730-101800

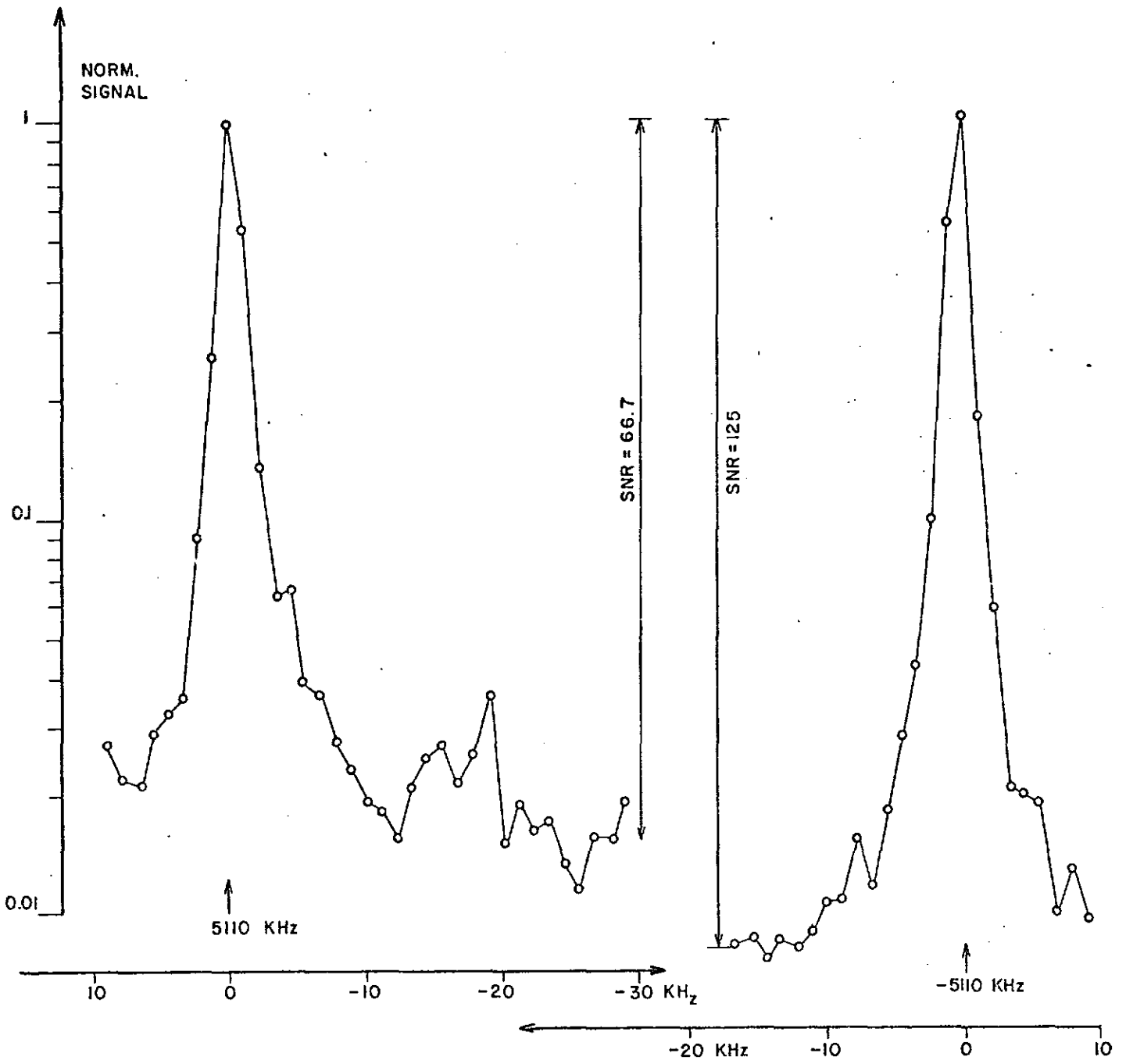


Fig. 8

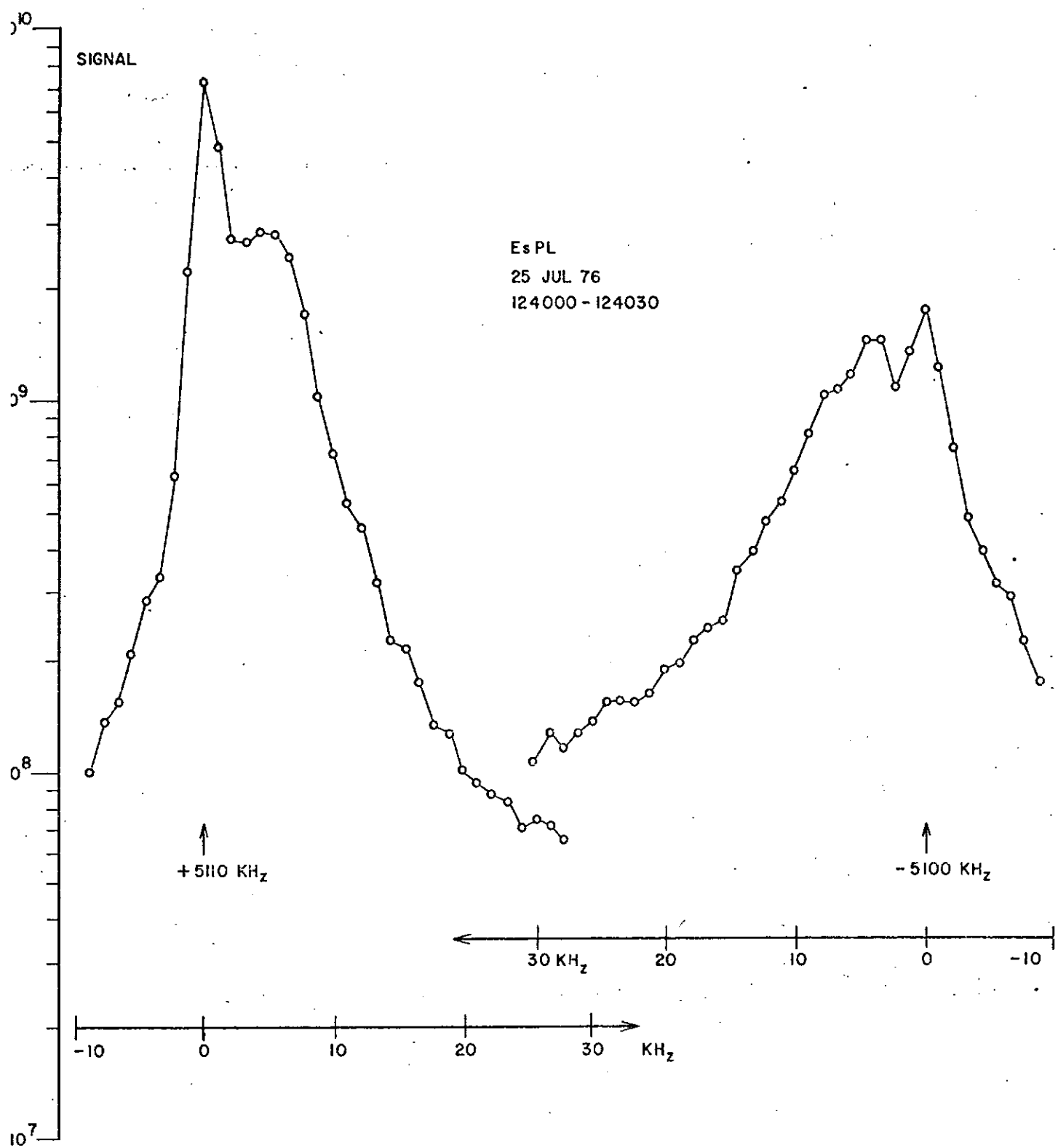


Fig. 9

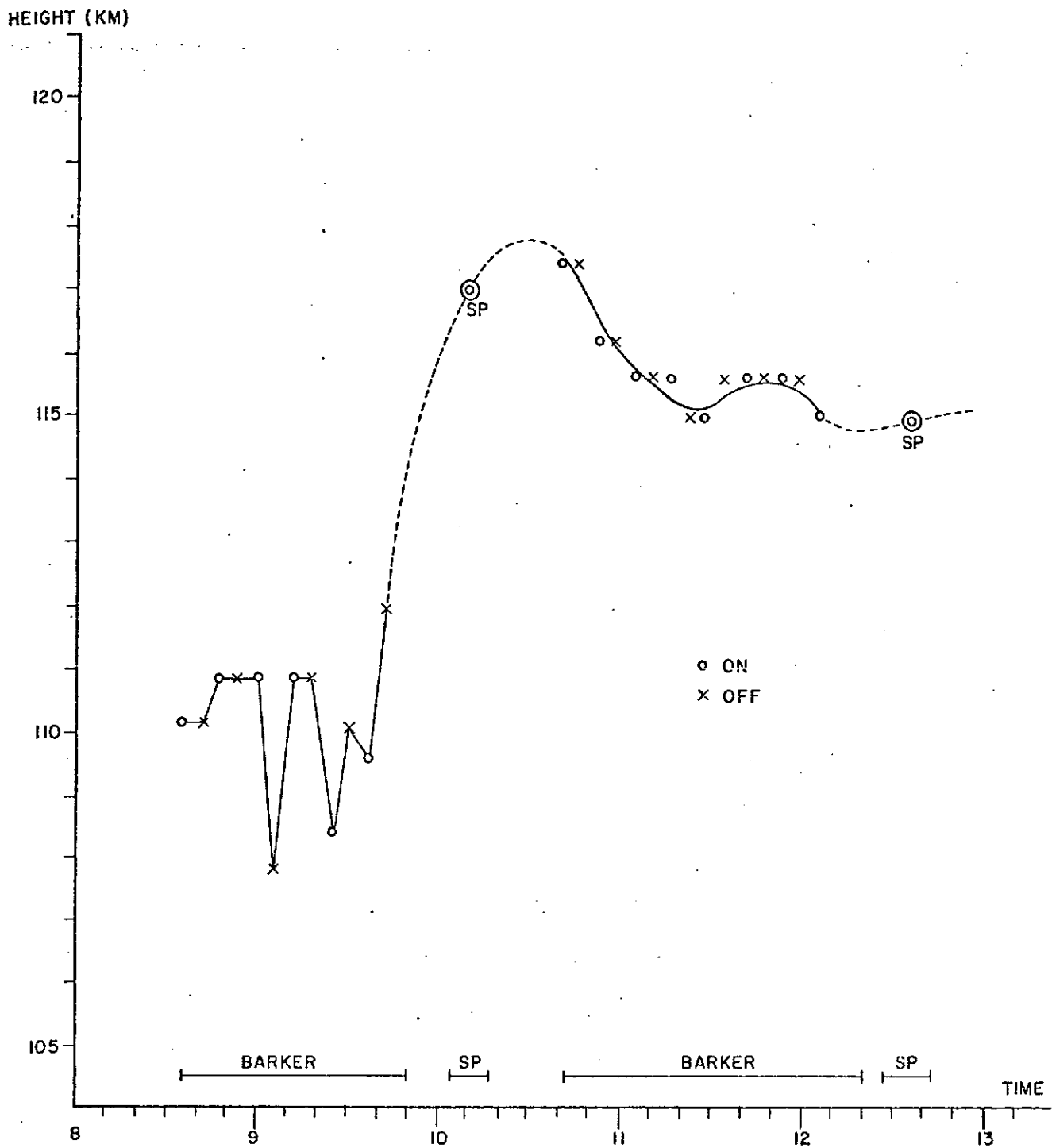


Fig. 10