

**UNA TERZA INDAGINE PER LA
RICERCA DEL SITO DI INSTALLAZIONE
DEL RADIOTELESCOPIO SRT**

R. Ambrosini , C. Bortolotti, G. Grueff, M. Roma
Istituto di Radioastronomia, CNR, Bologna
L. Mureddu, G. Alvito
Stazione Astronomica, Cagliari

IRA 244/97

Si precisa che il presente Rapporto Interno ha avuto come unico scopo quello di rappresentare un'indagine conoscitiva, svolta solo per finalità istituzionali del CNR. Ogni altro utilizzo dei dati raccolti e/o delle analisi conseguenti è del tutto arbitrario e contrario alla volontà degli autori. Occupazioni di banda, presenza di segnali a varie frequenze, anche al di fuori delle finestre spettrali assegnate al servizio di radio astronomia, sono state osservate per l'esclusivo scopo di ottimizzare il progetto dei ricevitori, che dovranno poi operare in quello stesso ambiente dello spettro elettromagnetico.

In seguito all'approvazione del progetto Sardinia Radio Telescope (SRT), da parte del MURST, siamo tornati in Sardegna per effettuare ulteriori misure di livelli di interferenze radio sia nel sito identificato nel sopralluogo dello scorso Maggio 1996, che in possibili siti alternativi, posti a quote più elevate.

In quest'ultima esplorazione siamo stati guidati dai Sig. Salvatore Mele e Stefano Modolo attraverso le zone a Nord del Gennargentu, presso Fonni ed Orgosolo. Infatti escludendo il monte Limbara, perché ospita i principali ponti radio fra l'isola ed il continente, queste zone della Sardegna sono le uniche dove ci si aspetta di poter trovare quote prossime ai mille metri, all'interno di vaillette abbastanza profonde da schermare il radiotelescopio dai venti dominanti ed attenuare le interferenze dovute ad emittenti radio terrestri.

Ricordiamo che questo sopralluogo è stato preceduto da altre due campagne di misure. La prima si è svolta nell'Ottobre 1992, come descritto nel Rapporto Interno 173/92 dell'Istituto di Radioastronomia, intitolato "Ricerca preliminare di un sito per l'installazione di un grande radiotelescopio in Sardegna". I risultati della seconda, avvenuta nel Maggio 1996, sono stati invece raccolti nel Rapporto Interno 219/96, con un titolo analogo.

Entrambi gli scritti forniscono le indicazioni fondamentali sui criteri di scelta del sito ed illustrano tutte le caratteristiche tecniche della strumentazione radio di bordo, che pertanto non vengono qui ripetute. Di seguito vengono descritte solo le migliorie apportate per questa campagna di misure.

La nuova strumentazione

E' stato utilizzato un ricevitore portatile GPS Garmin, a singola frequenza, con la possibilità di inseguire fino a 12 satelliti contemporaneamente, per la localizzazione in tempo reale della posizione del mezzo mobile, sia in movimento, durante gli spostamenti, che da postazione fissa, una volta raggiunti i vari siti da esplorare.

Questa informazione è risultata molto utile per individuare con precisione sulle mappe dell'IGM, in scala 1:25000 o 1:50000, i luoghi di nostro interesse.

L'utilizzo poi di un telefono cellulare ha semplificato sia i collegamenti con l'auto di appoggio, che precedeva il furgone più lento, sia con il resto della rete telefonica, permettendo contatti in tempo reale, ad esempio con l'Università di Cagliari, con gli Enti che ci hanno invitato, ovvero con l'agenzia di viaggio per l'organizzazione del viaggio di ritorno.

Per avere una migliore accuratezza nelle misure di quota, abbiamo utilizzato un barometro convenzionale, con risoluzione di lettura 25 metri, in quanto la soluzione istantanea GPS ha un'incertezza sensibilmente maggiore.

Infine abbiamo anche utilizzato un inclinometro, per misurare di quanti gradi di elevazione, a partire dall'orizzonte locale, le montagne circostanti la valletta in esame, ostruivano la vista del cielo. Dal punto dove si prevedeva di installare l'antenna, abbiamo individuato le sommità dei singoli rilievi: per ogni misura dell'inclinometro, si è anche letto il corrispondente angolo di Azimut, fornito da una bussola per rilevamento.

La presentazione dei risultati

Ogni sito è stato identificato da un numero progressivo P1, P2, P3,...Pn. Per ciascuna località sono state effettuate misure in tutte e dieci le bande di frequenze di nostro interesse.

Nel caso in cui si vogliono confrontare queste misure con quelle delle campagne precedenti, si deve ricordare che in passato, ogni banda era identificata da una sigla (lettera maiuscola + numero o solo lettera). Qui invece si è più semplicemente utilizzato il numero progressivo (n) del set-up di configurazione dell'analizzatore di spettro che identifica quella banda e che viene automaticamente riportato a sinistra del grafico come "Recall reg. # n".

Poiché l'ordine non è cambiato la corrispondenza fra le vecchie sigle ed i nuovi numeri è ovvia: A1 diventa 0, A2 diventa 1, B →2, C1→3, C2→4, C3→5, D→6, E→7, F1→8, F2→9 . Si ricorda che questo fatto è rilevante solo nel caso si vogliono fare confronti con le misure delle campagne precedenti.

La visione complessiva su tutte le dieci bande di frequenza dei risultati attuali è infatti riassunta nel frontespizio che precede i grafici di ogni località.

Prima sono elencati i dati essenziali, quali una breve descrizione del luogo, le coordinate geografiche (nel sistema convenzionale GPS, WGS-84), l'altitudine, la data, l'ora e le condizioni meteo apparenti.

Poi sono riportate le dieci configurazioni di misura convenzionali: per ciascuna di queste, ovvero per ogni colonna, se nella prima riga viene scritto "Nulla", significa che non sono stati osservati segnali apprezzabili in quella banda e per quel campo di frequenze, ricordate per completezza nella riga successiva; in caso contrario viene indicata la sigla del grafico corrispondente; la terza riga infine riporta il numero della figura di questo rapporto, che contiene quel grafico. In alcuni casi è stato aggiunto un grafico in condizioni di misura diverse per evidenziare un segnale particolare, che viene elencato nelle tre righe successive.

Da ultimo, nei siti 4 e 7, sono riportate anche le misure dell'inclinometro, ovvero della maschera di visibilità dell'orizzonte, come tabella di angoli di Azimut e rispettiva minima Elevazione.

Conclusione

La presente campagna di misure ha mostrato come, in un anno e mezzo dall'ultima indagine, l'inquinamento dello spettro elettromagnetico nella valletta di san Basilio sia rimasto sostanzialmente lo stesso. Questa considerazione deriva dal confronto fra i punti 7 e 8 di questo rapporto ed i punti 10 e 11 del precedente, corrispondenti rispettivamente al fondo della valletta ed al dosso che la sovrasta, circa da Est.

Una verifica del potere di schermo dei rilievi circostanti un sito può essere ricavata dal confronto fra i punti 2 e 3, che differiscono fra loro di circa 75 metri di quota e solo qualche chilometro di distanza.

Le tracce registrate nei grafici della Fig. 2 rispetto a quelle della Fig. 8, oppure della Fig. 3 rispetto alla 9, mostrano un'attenuazione di circa 25dB. Questa proprietà non può essere generalizzata: ad esempio un confronto fra il punto 4, l'ampia valle individuata in prossimità del Gennargentu, e l'altura sovrastante, mostra una differenza ancora maggiore. In questo caso risulta significativa la quota assoluta dell'ultimo sito, che lo porta a "vedere" in modo più diretto le sorgenti di interferenza. La analoga differenza fra il punto 7 e 8 di questo rapporto mostra un valore più contenuto. Come si è già detto non si può generalizzare troppo in questi casi data la natura variabile di molte sorgenti di interferenza (radar, link installati ad hoc, etc.).

A parte queste piccole differenze, la conclusione più importante che emerge da queste indagini è che la Sardegna, per quanto riguarda le interferenze radio terrestri, risulta a tutt'oggi un buon sito per l'installazione di un grande radiotelescopio come SRT, di gran lunga migliore di Medicina e probabilmente anche di Noto.

L'analisi per la valutazione dell'efficienza di osservazione nella banda più alta prevista (100GHz), l'incidenza quindi della quota, della maggior (ovvia) piovosità nella zona più elevata e la possibilità di trovare significative differenze nella distribuzione temporale e nell'estensione della copertura nuvolosa esulano dal presente lavoro.

La scelta finale del sito in Sardegna per SRT può richiedere ulteriori informazioni sulla distribuzione del vento e possibilmente di misure dirette di trasparenza atmosferica (opacità), con opportuni radiometri a vapor d'acqua.

Ringraziamento

Si ringrazia il Dr. G. Tomassetti per aver rivisto il testo.

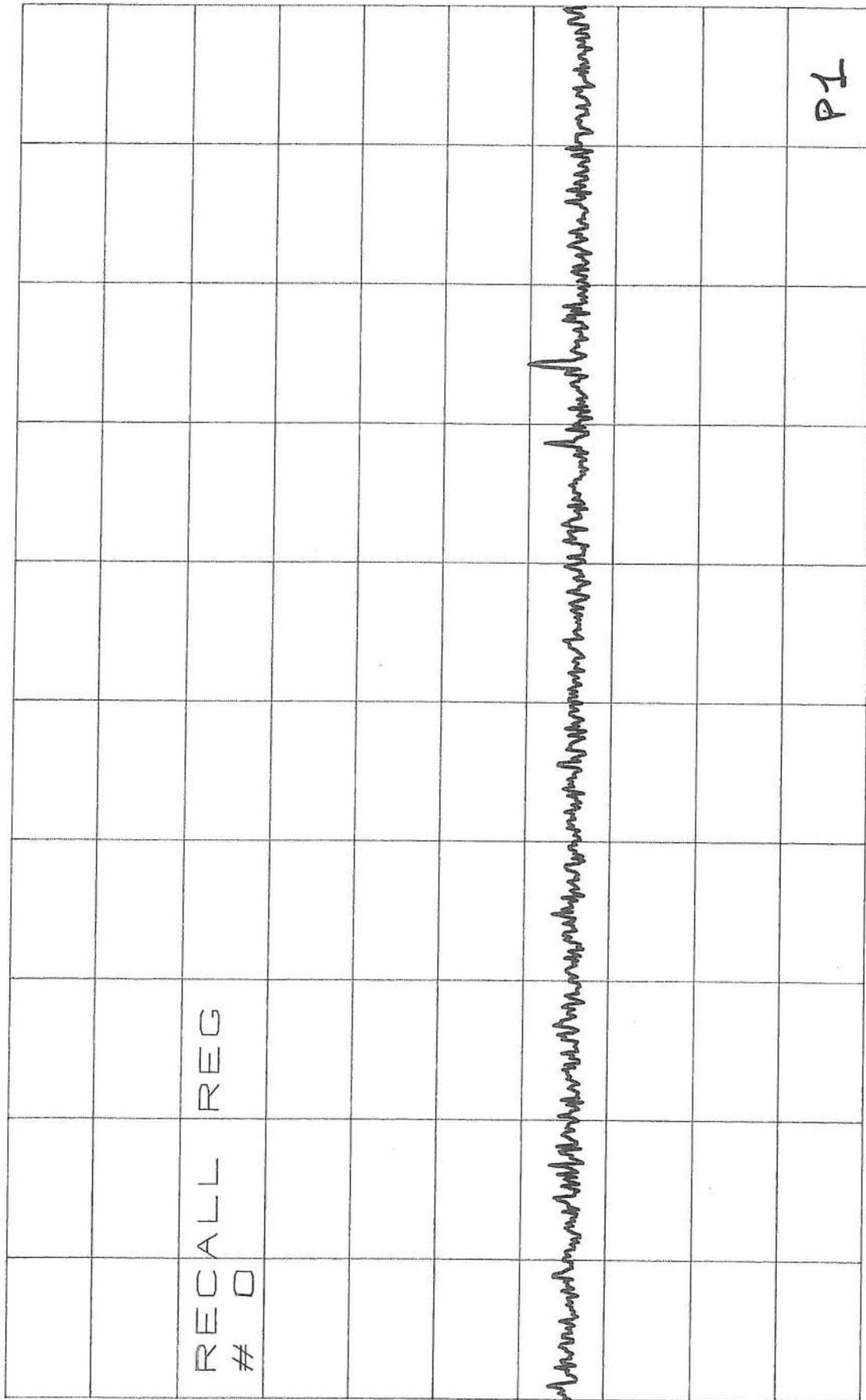
Punto 1

Località	Strada da Pratobello al lago di Govossai								
Latitudine N	40° 07'.8								
Longitudine E	9° 18'.4								
Altitudine (m)	975								
Data, Ora	9/11/97 - 9:40								
Condizioni meteo	Vento medio, pioggerellina								
Sigla del grafico per banda (center/span in MHz)									
P1/0	Nulla	P1/2	P1/3	P1/4	P1/5	P1/6	Nulla	Nulla	Nulla
325/10	408/10	608/10	1700/1500	1400/100	1650/100	2300/200	4900/400	8400/400	14500/1000
Fig. 1		Fig. 2	Fig. 3	Fig. 4	Fig. 5	Fig. 6			
				P1/x					
				1100/200					
				Fig. 7					

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

CENTER 325.00MHZ

RBW 30KHZ

*VBW 10KHZ

SPAN 10.00MHZ

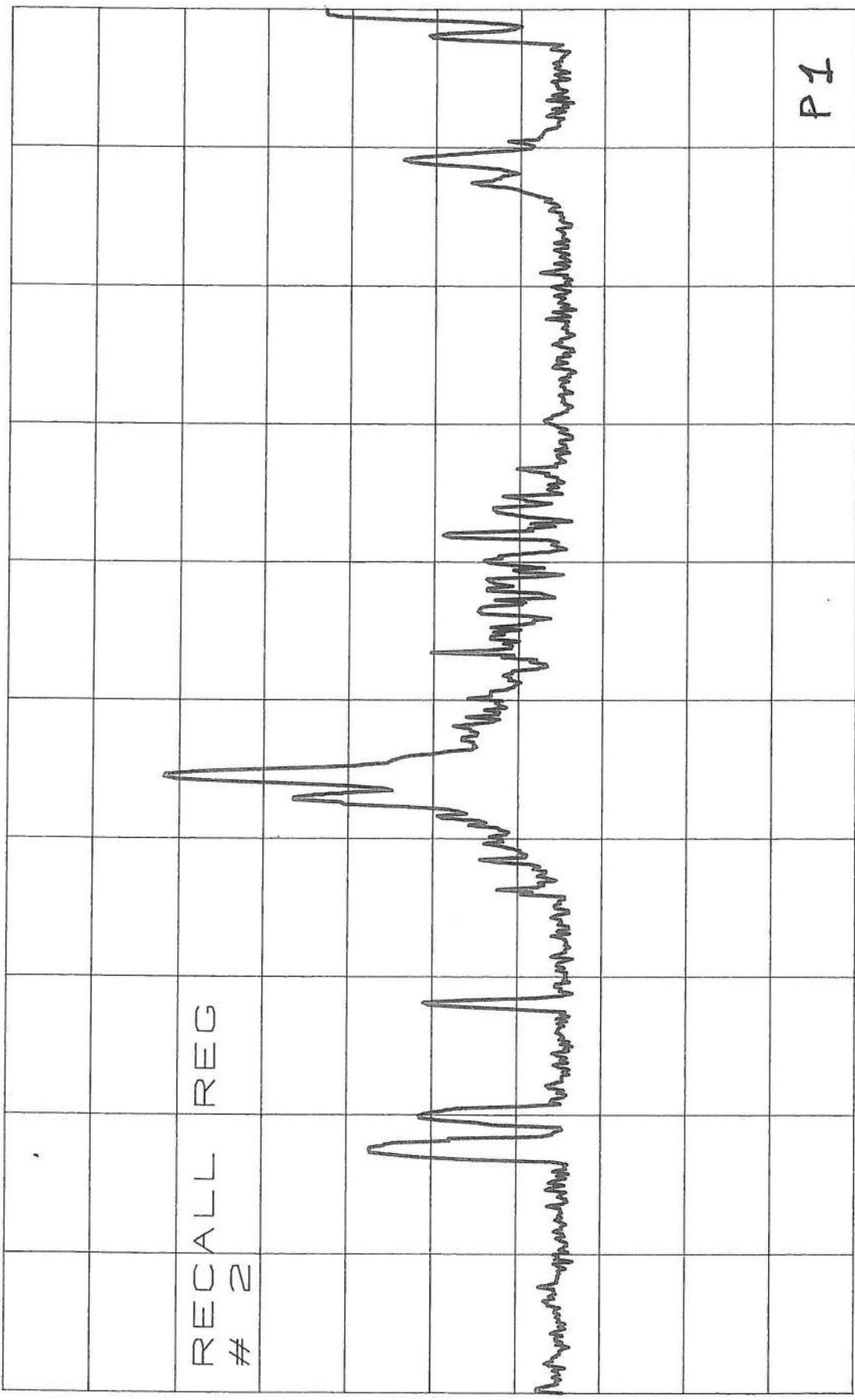
SWP 90ms

FIG. 1

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

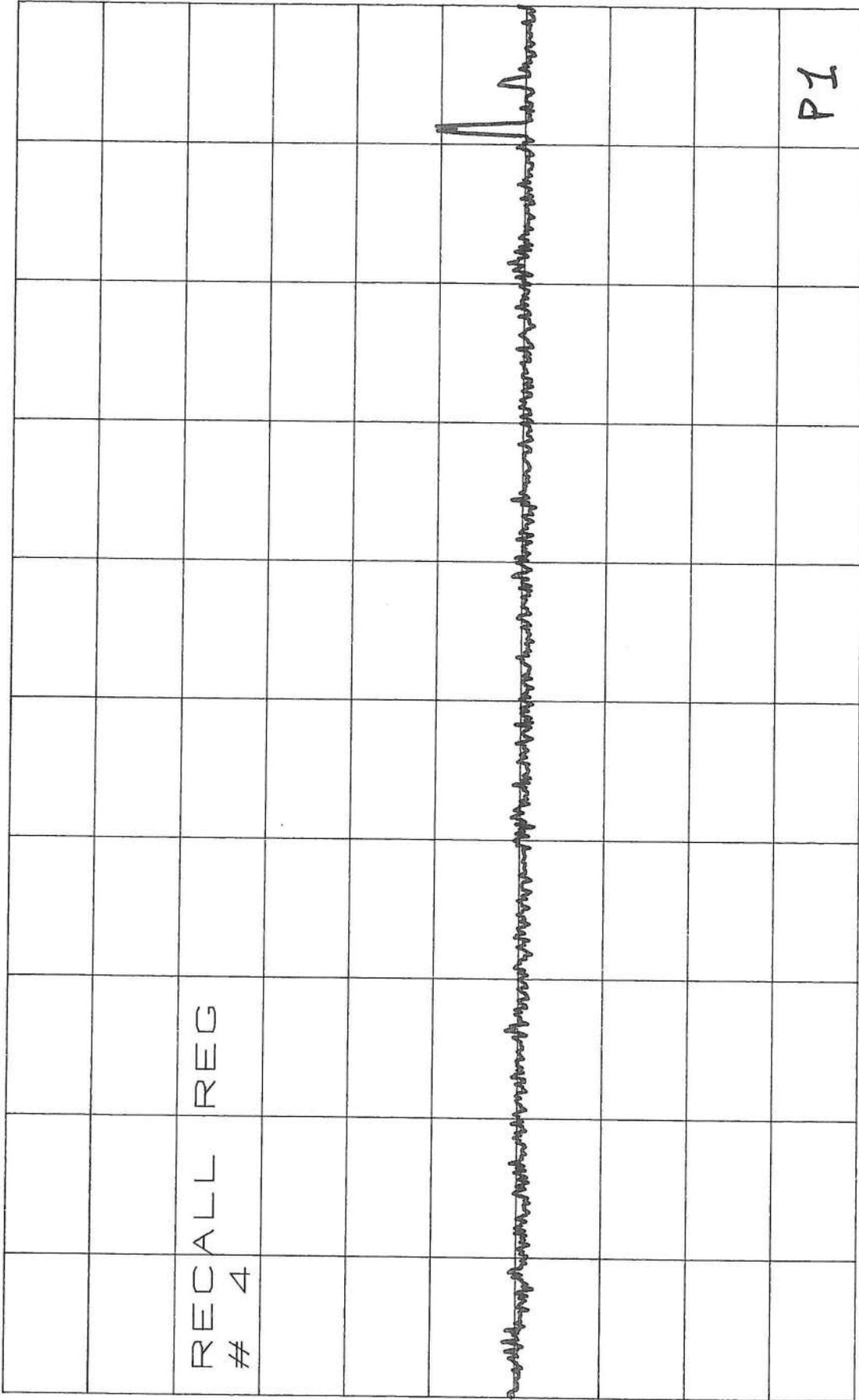
CENTER 608.00MHZ SPAN 10.00MHZ
RBW 30kHz *VBW 10kHz SWP 90ms

Fig. 2

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

CENTER 1.40000GHZ

SPAN 100.0MHZ

*RBW 100kHz

*VBW 30kHz

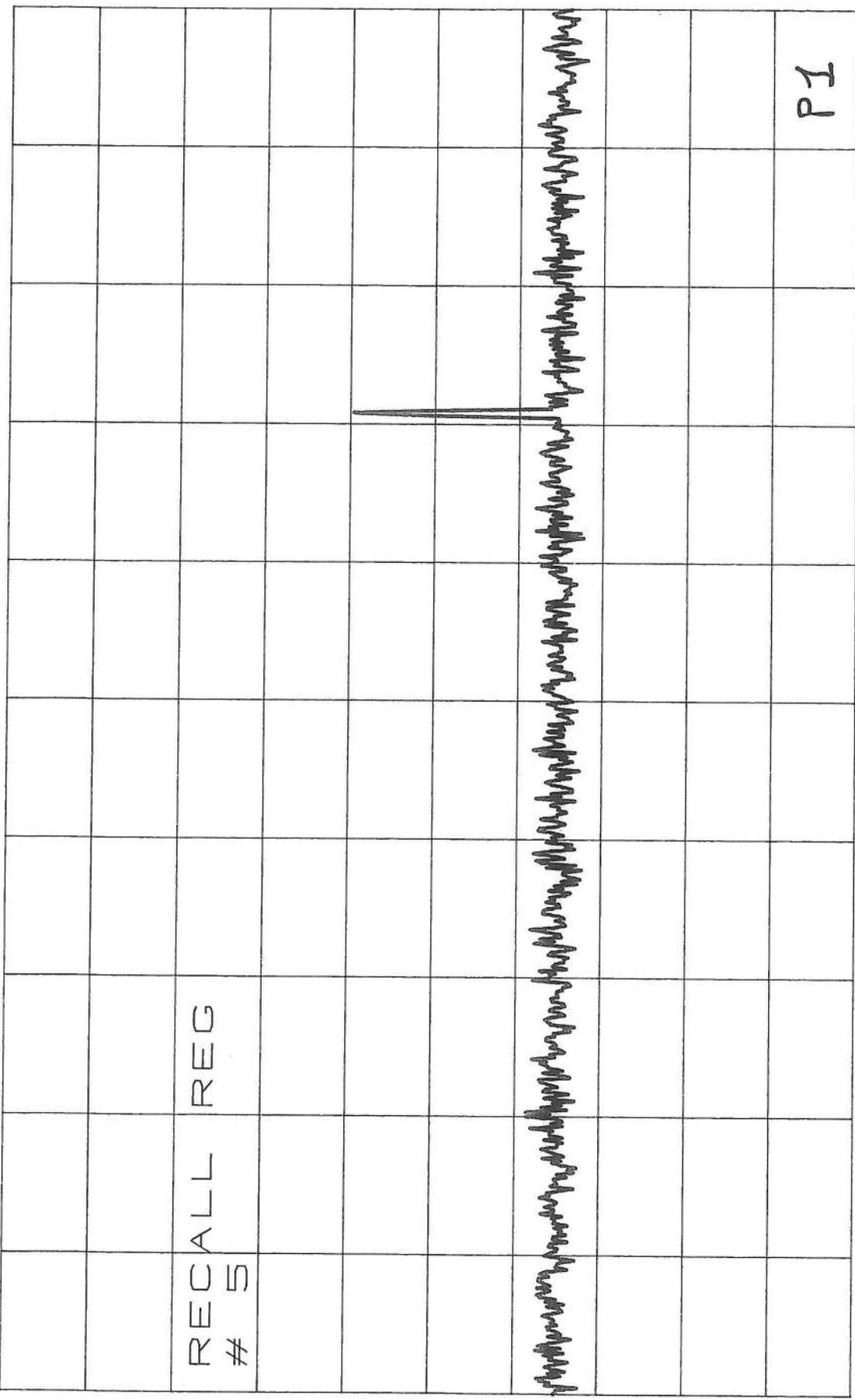
SWP 90ms

FIG. 4

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/

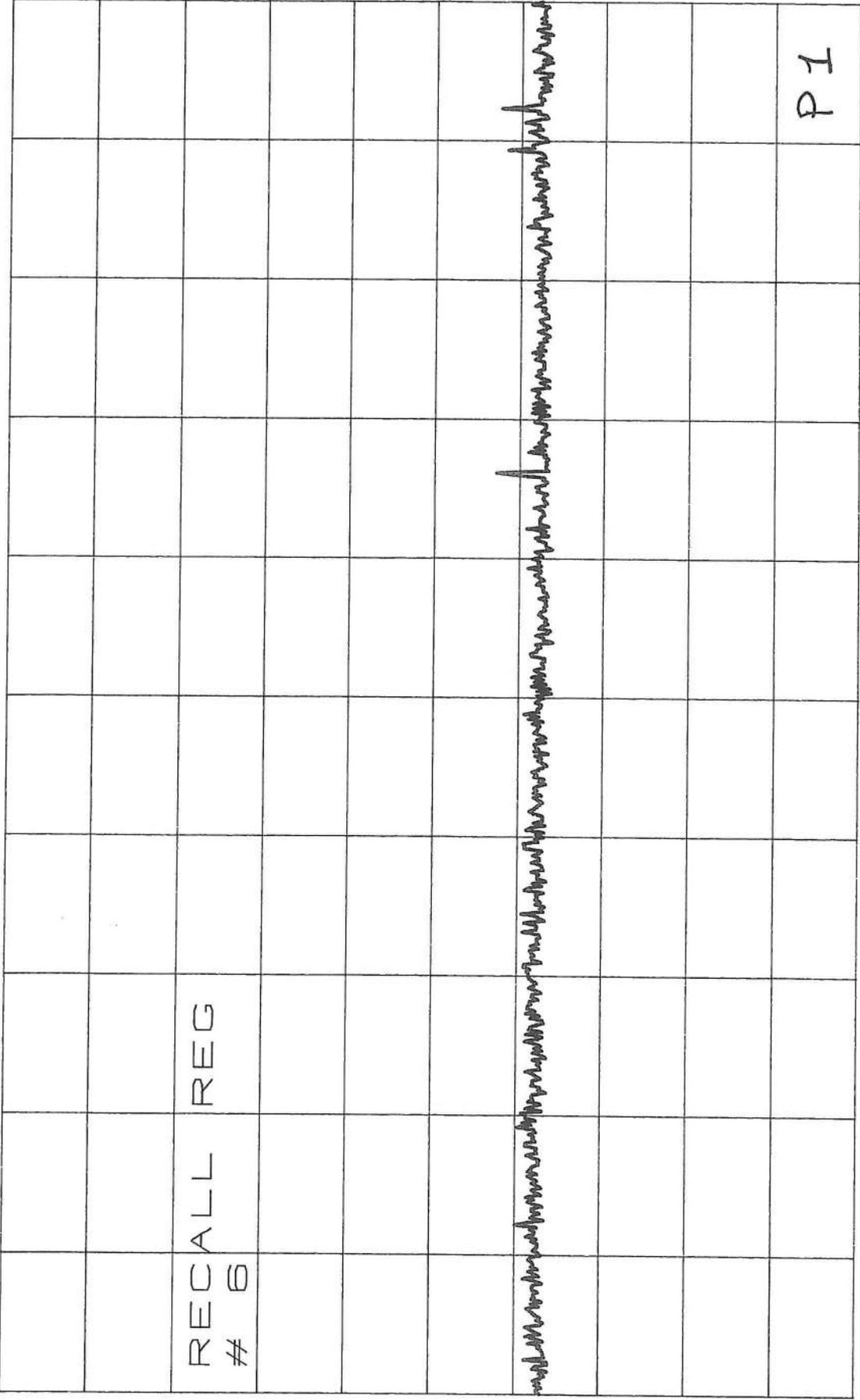


D

Fig. 5

CENTER 1.65000GHZ SPAN 100.0MHZ
*RBW 100KHZ *VBW 30KHZ SWP 90ms

*ATTEN 0dB
RL -20.0dBm 10dB/



RECALL REG
6

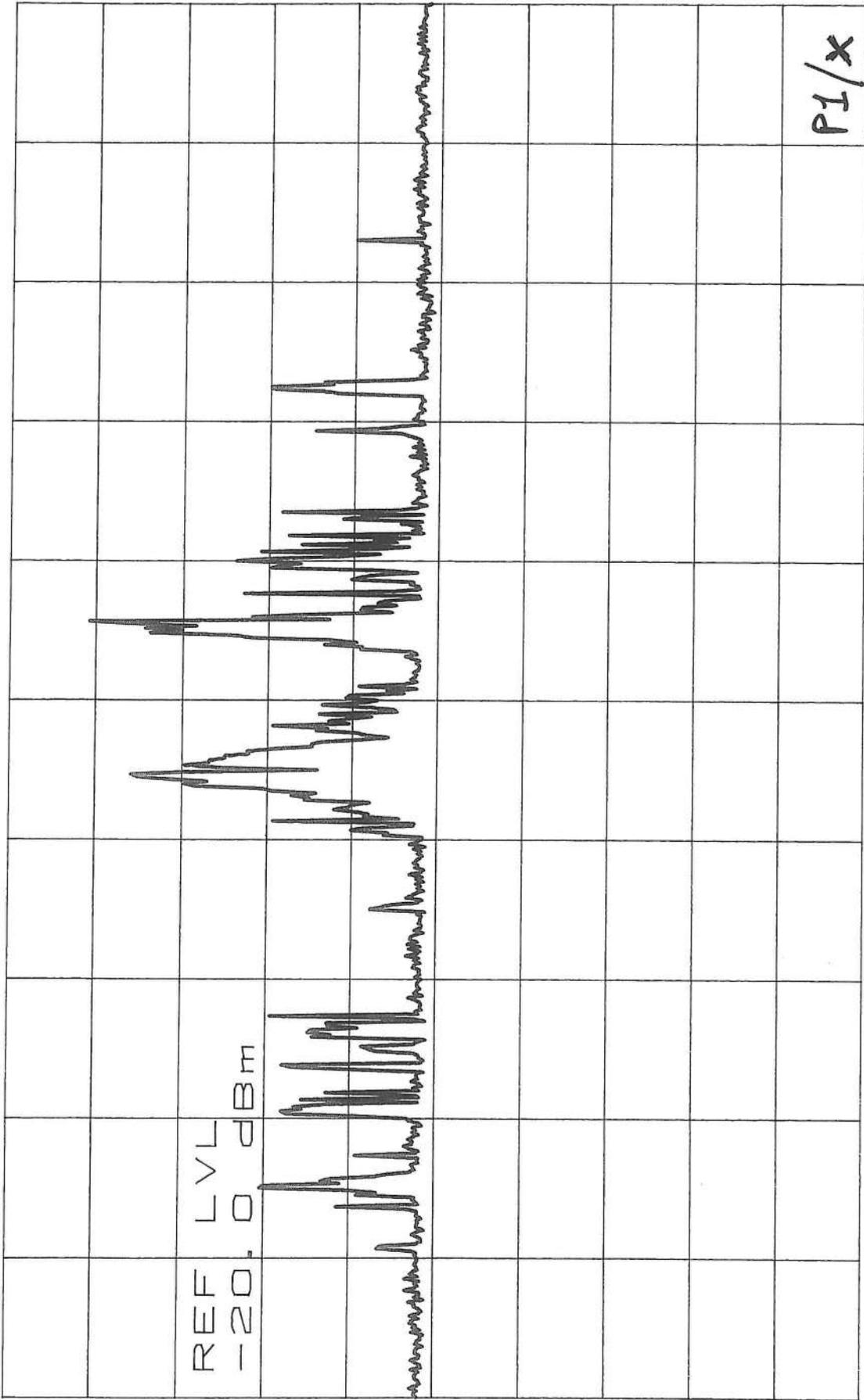
P1

CENTER 2.3000GHZ SPAN 200.0MHZ
*RBW 100KHZ *VBW 100KHZ SWP 50ms

FIG. 6

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm 10dB/



D

CENTER 1.1000GHZ SPAN 200.0MHZ
RBW 1.0MHZ VBW 3.0MHZ SWP 50ms

Fig. 7

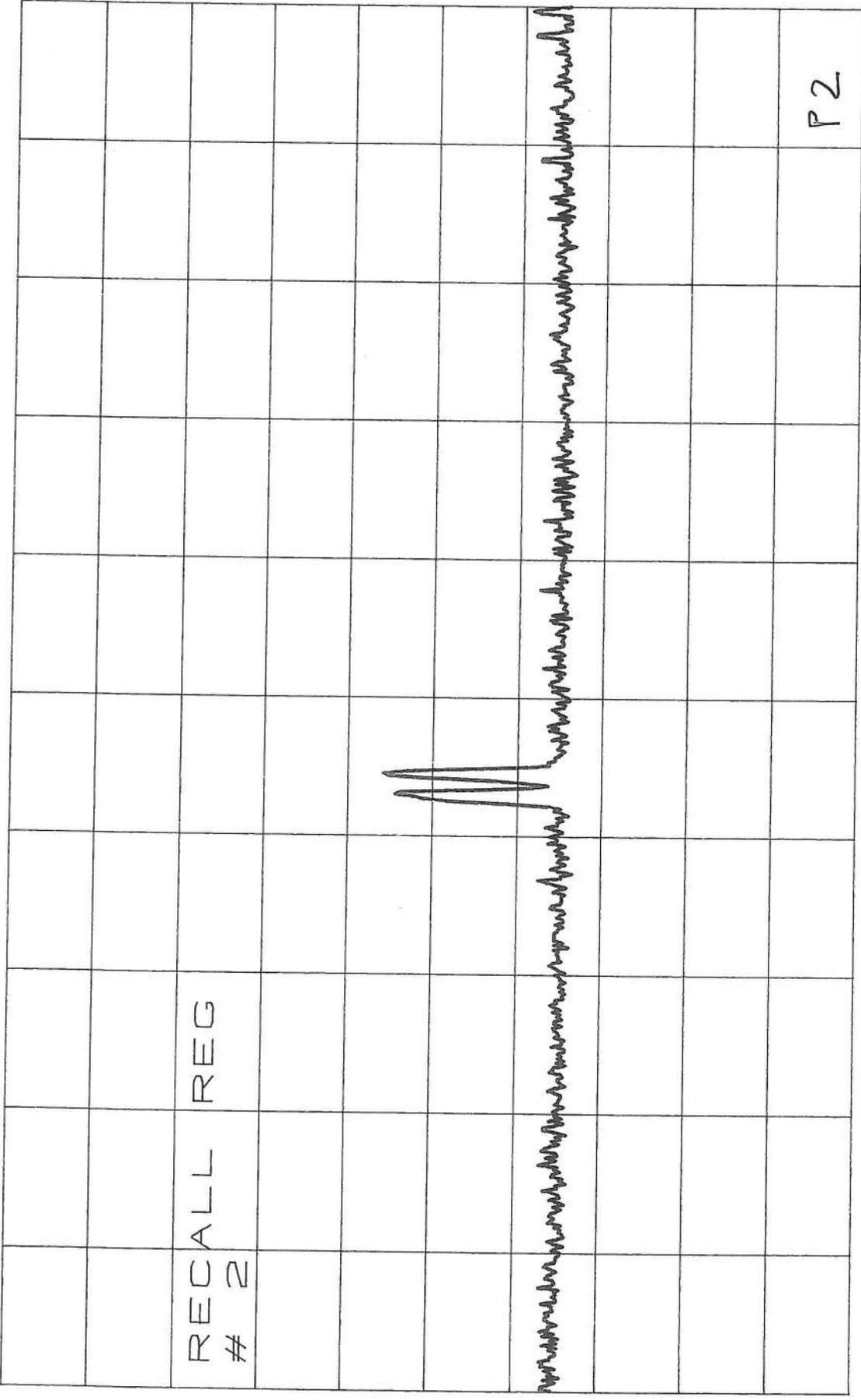
Punto 2

Località	Valletta sotto al Punto 1								
Latitudine N				-					
Longitudine E				-					
Altitudine (m)				900					
Data, Ora	9/11/97 - 11:00								
Condizioni meteo	Calma di Vento								
Sigla del grafico per banda (center/span in MHz)									
Nulla	Nulla	P2/2	P2/3	P2/4	P2/5	Nulla	Nulla	Nulla	Nulla
325/10	408/10	608/10	1700/1500	1400/100	1650/100	2300/200	4900/400	8400/400	14500/1000
		Fig. 8	Fig. 9	Fig. 10	Fig. 11				

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

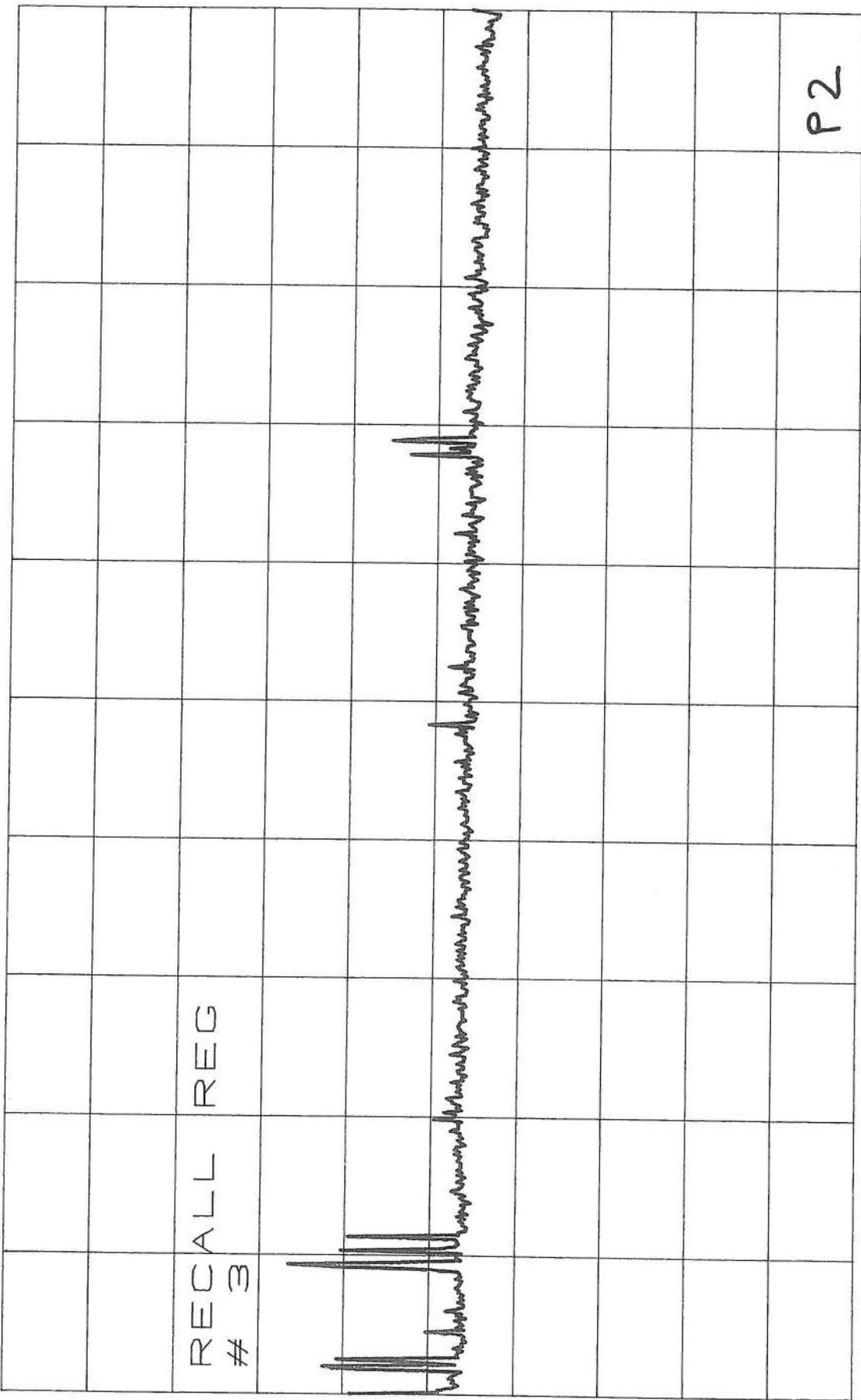
CENTER 608.00MHZ SPAN 10.00MHZ
RBW 30KHZ *VBW 10KHZ SWP 90ms

Fig. 8

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

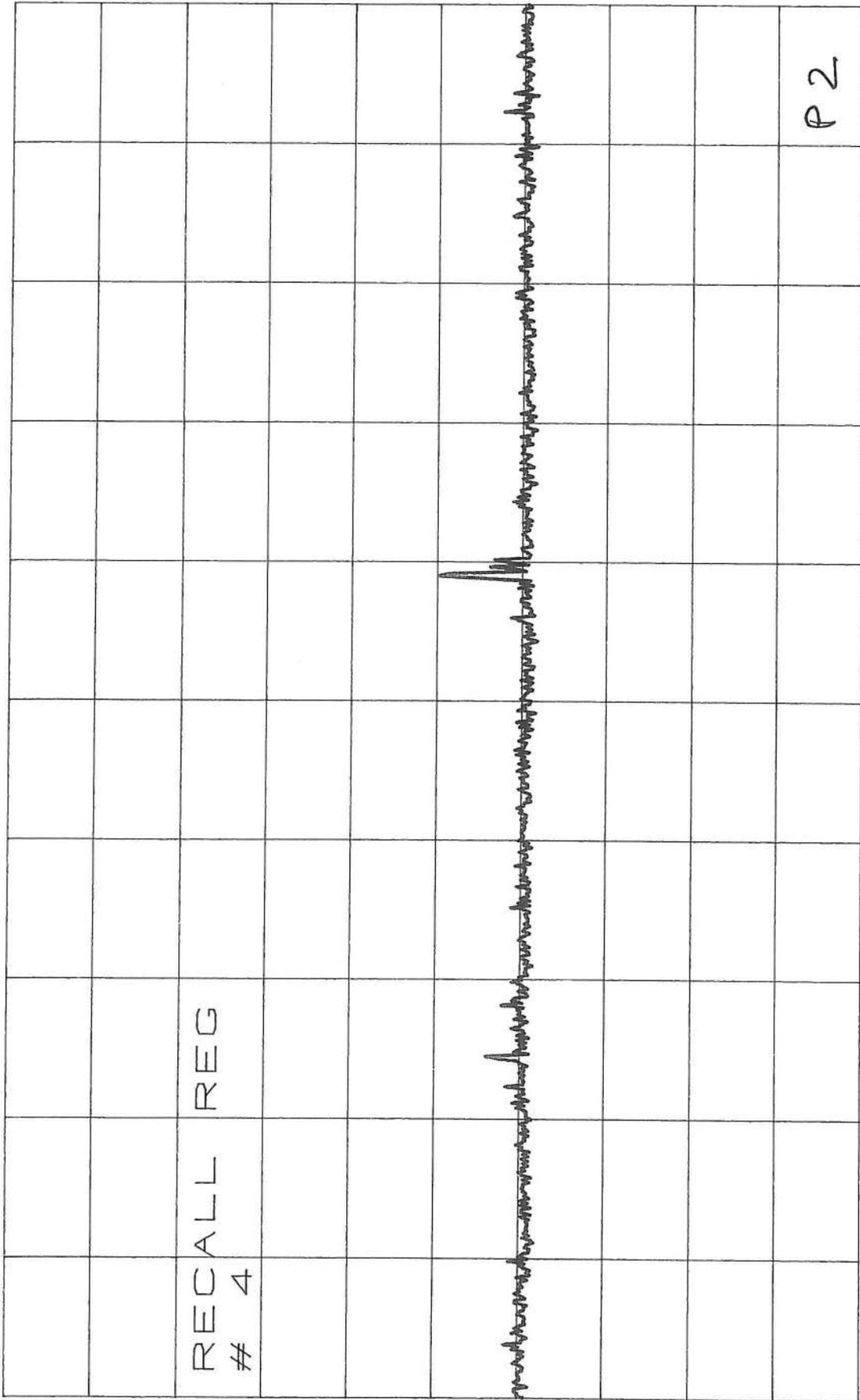
CENTER 1.700GHZ SPAN 1.500GHZ
*RBW 300KHZ *VBW 300KHZ SWP 50ms

FIG. 9

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

CENTER 1.40000GHZ

SPAN 100.0MHZ

*RBW 100KHZ

*VBW 30KHZ

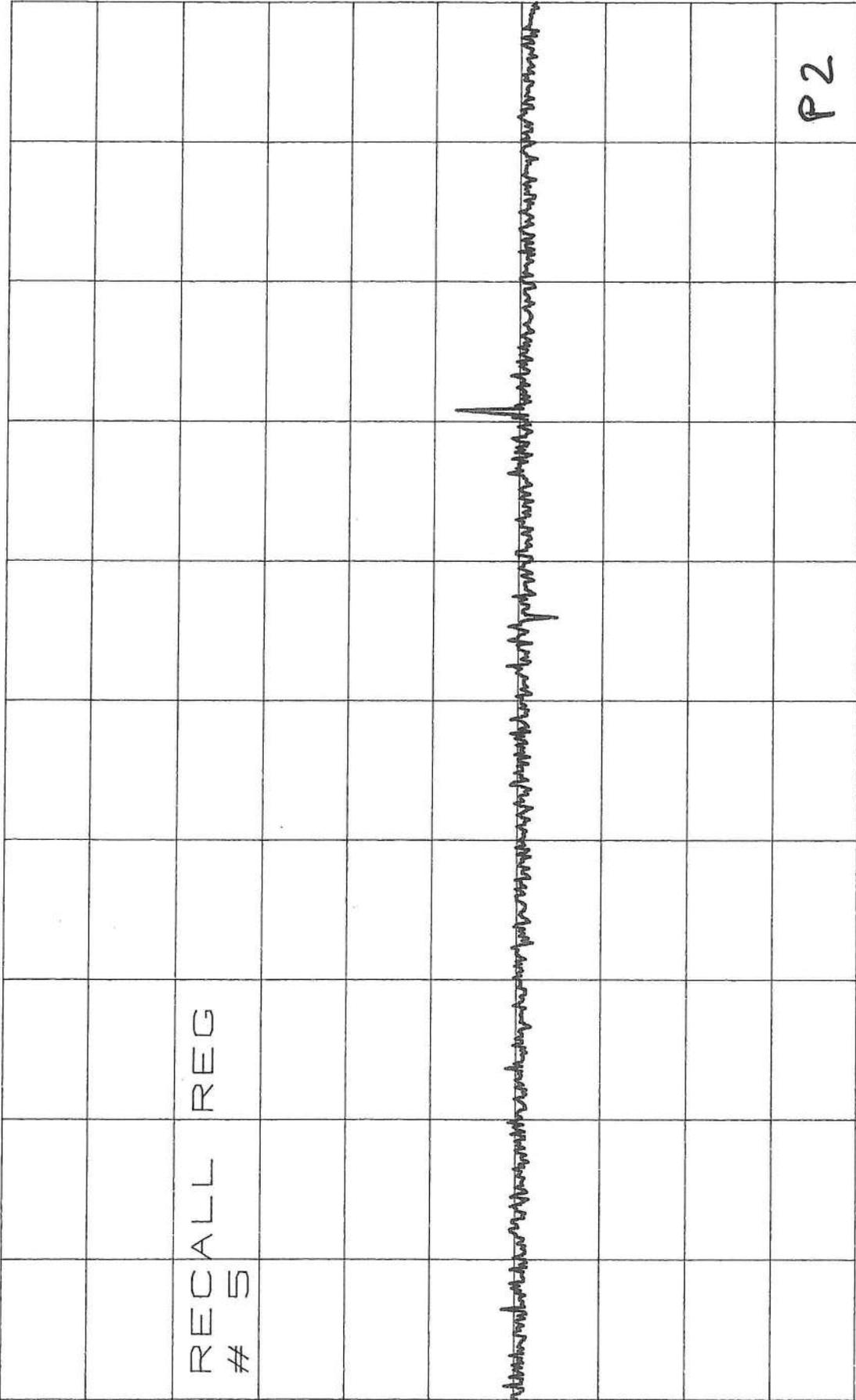
SWP 90ms

FIG. 10

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



RECALL REG
5

D

SPAN 100.0MHz

SWP 90ms

CENTER 1.6500GHz

*VBW 30kHz

*RBW 100kHz

FIG. 11

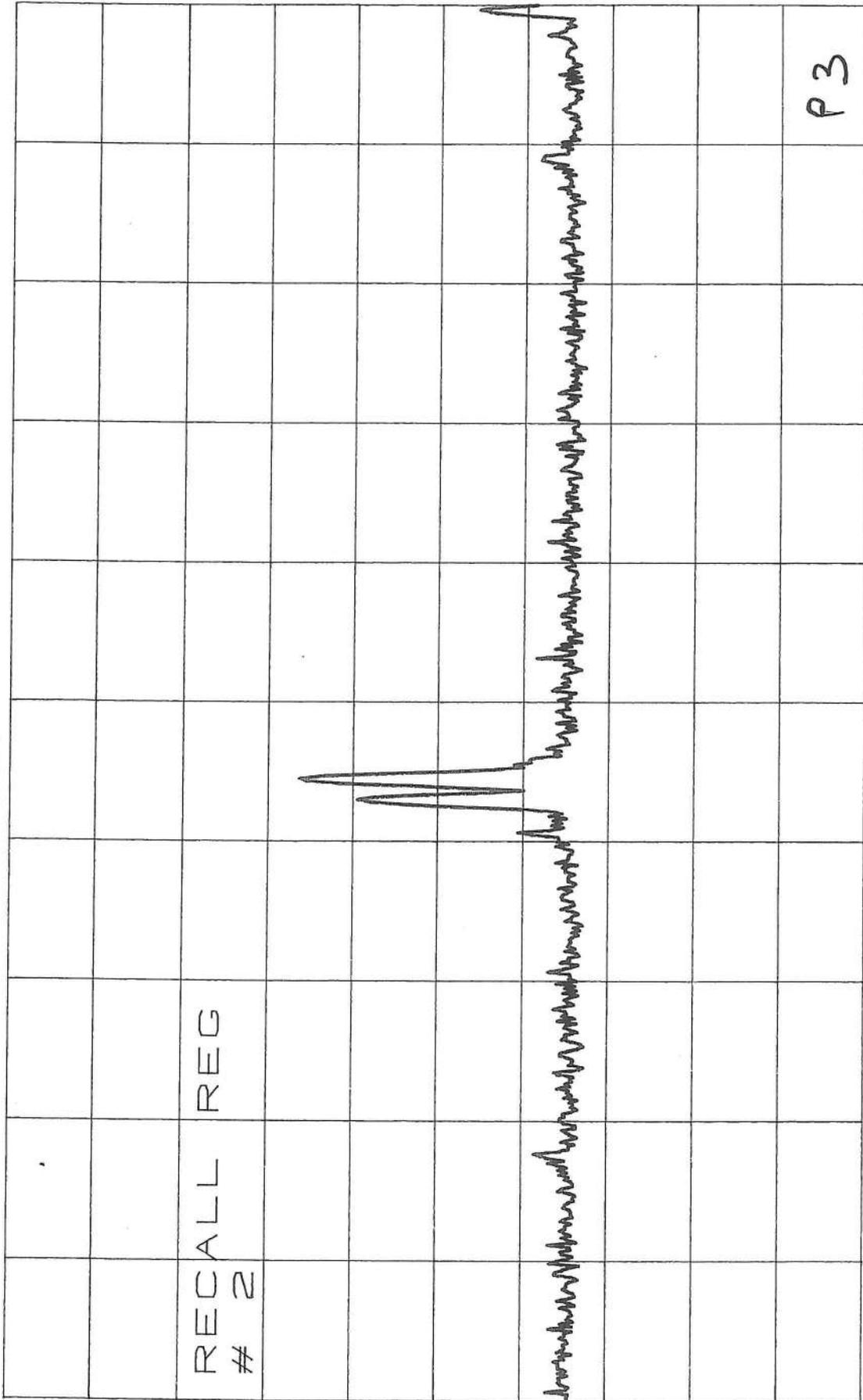
Punto 3

Località	Ampia valle (da allagare) vicino alla diga su R. Olai								
Latitudine N	40° 08'.78								
Longitudine E	9° 20'.65								
Altitudine (m)	950								
Data, Ora	9/11/97 - 12:15								
Condizioni meteo	Cielo sereno, calma di vento								
Sigla del grafico per banda (center/span in MHz)									
Nulla	Nulla	P3/2	P3/3	Nulla	P3/5	Nulla	Nulla	Nulla	Nulla
325/10	408/10	608/10	1700/1500	1400/100	1650/100	2300/200	4900/400	8400/400	14500/1000
		Fig. 12	Fig. 13		Fig. 14				

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/

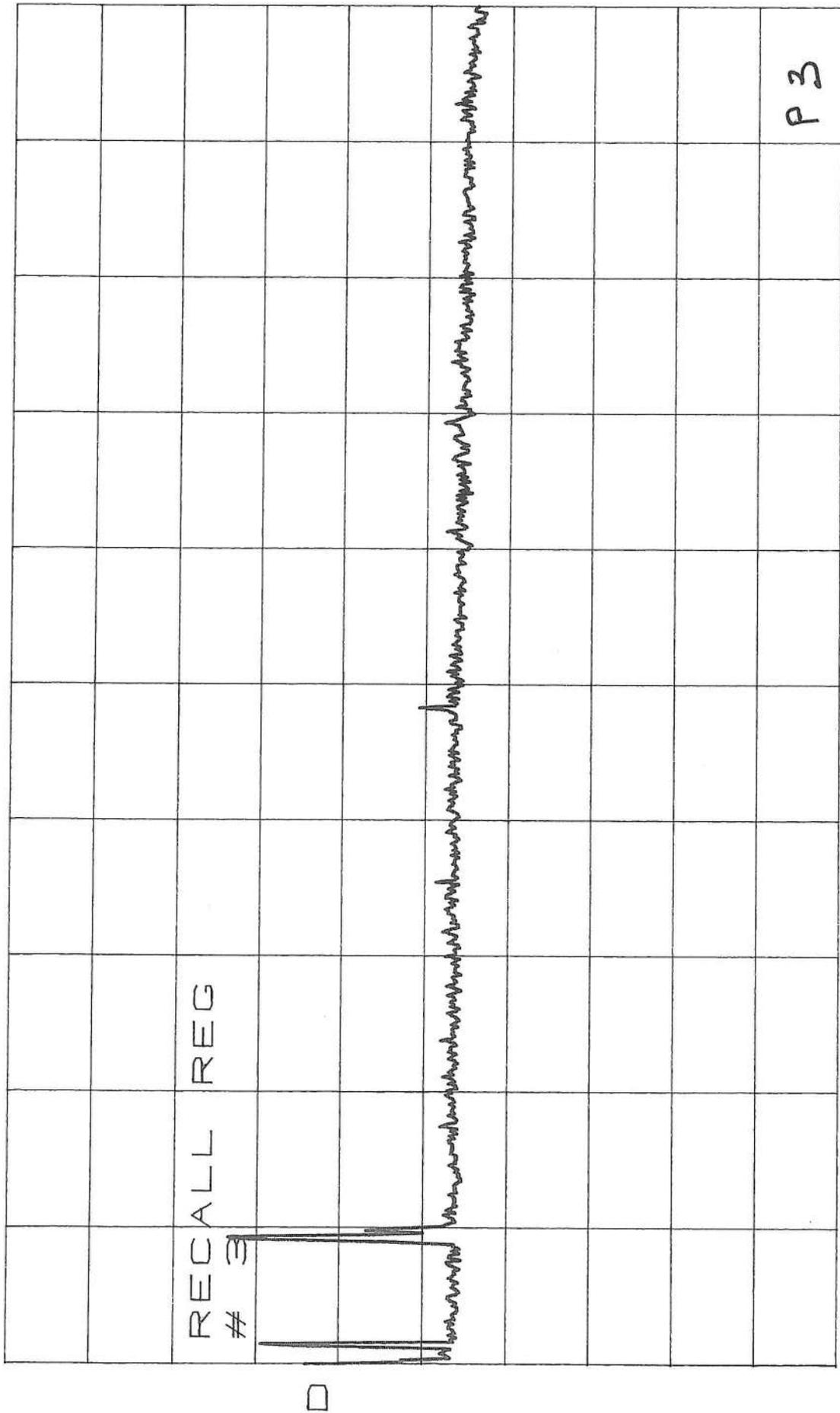


D

FIG. 12

CENTER 608.00MHz SPAN 10.00MHz
RBW 30kHz *VBW 10kHz SWP 90ms

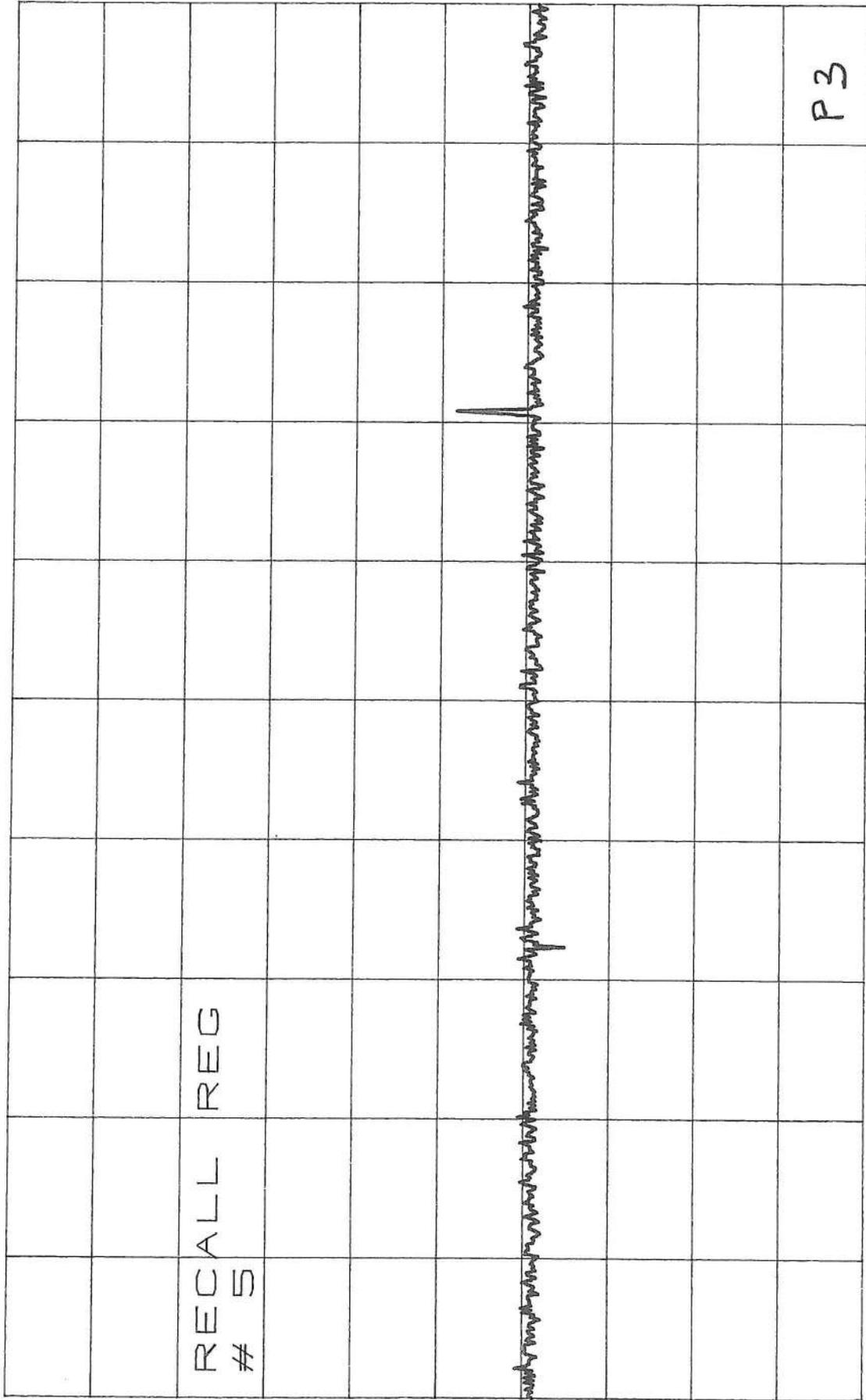
*ATTEN 0dB
RL -20.0dBm 10dB/



CENTER 1.700GHZ SPAN 1.500GHZ
*RBW 300KHZ *VBW 300KHZ SWP 50ms

Fig. 13

*ATTEN 0dB
RL -20.0dBm 10dB/



CENTER 1.6500GHZ SPAN 100.0MHZ
*RBW 100KHZ *VBW 30KHZ SWP 90ms

FIG. 14

Punto 4

Località	Verso Funtana Bona, ampia vallata, in piano		
Latitudine N	40° 08'.32		
Longitudine E	9° 21'.65		
Altitudine (m)	950		
Data, Ora	9/11/97 - 15:45		
Condizioni meteo	Pioggia leggera		

Sigla del grafico per banda (center/span in MHz)

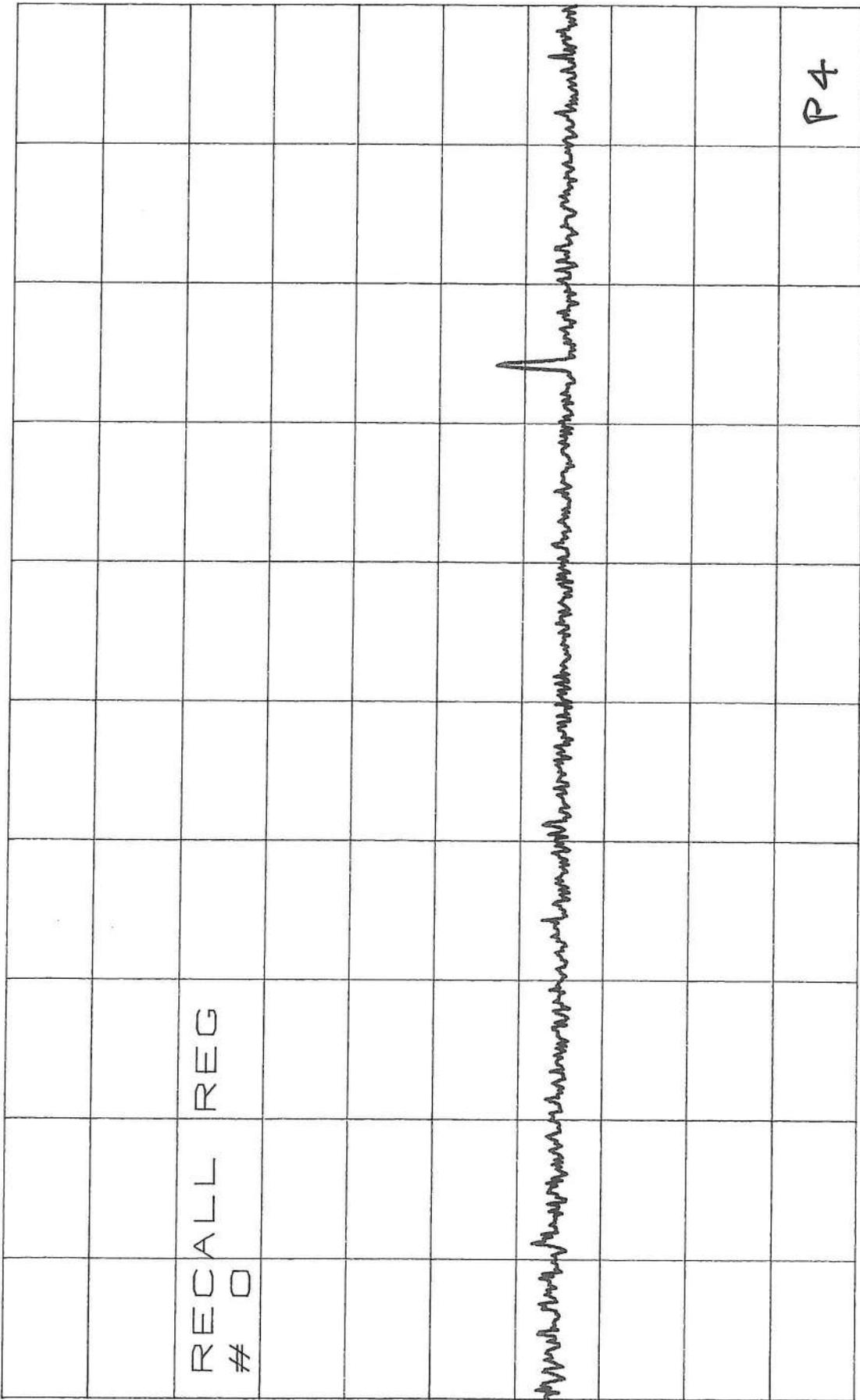
P4/0	Nulla	P4/2	P4/3	Nulla	P4/5	Nulla	Nulla	Nulla	Nulla
325/10	408/10	608/10	1700/1500	1400/100	1650/100	2300/200	4900/400	8400/400	14500/1000
Fig. 15		Fig. 16	Fig. 17		Fig. 18				
		P4/x							
		1100/100							
		Fig. 19							

Maschera di Elevazione

Azimut (gradi) Elevazione min (gradi)

25	13
90	9
135	10
220	11

*ATTEN 0dB
RL -20.0dBm 10dB/



D

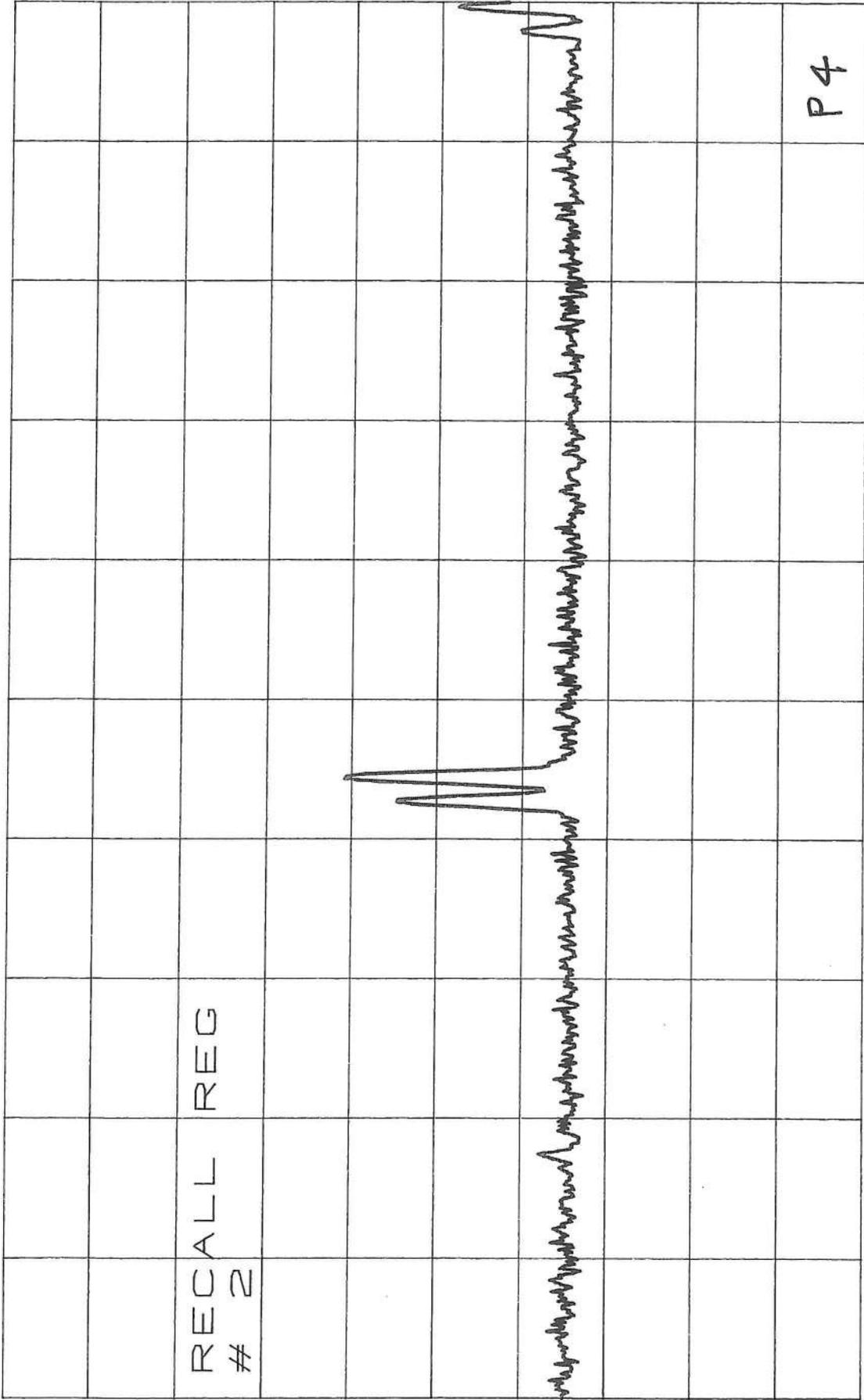
FIG. 15

CENTER 325.00MHZ SPAN 10.00MHZ
RBW 30KHZ *VBW 10KHZ SWP 90ms

* ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

CENTER 608.00MHZ

RBW 30KHZ

*VBW 10KHZ

SPAN 10.00MHZ

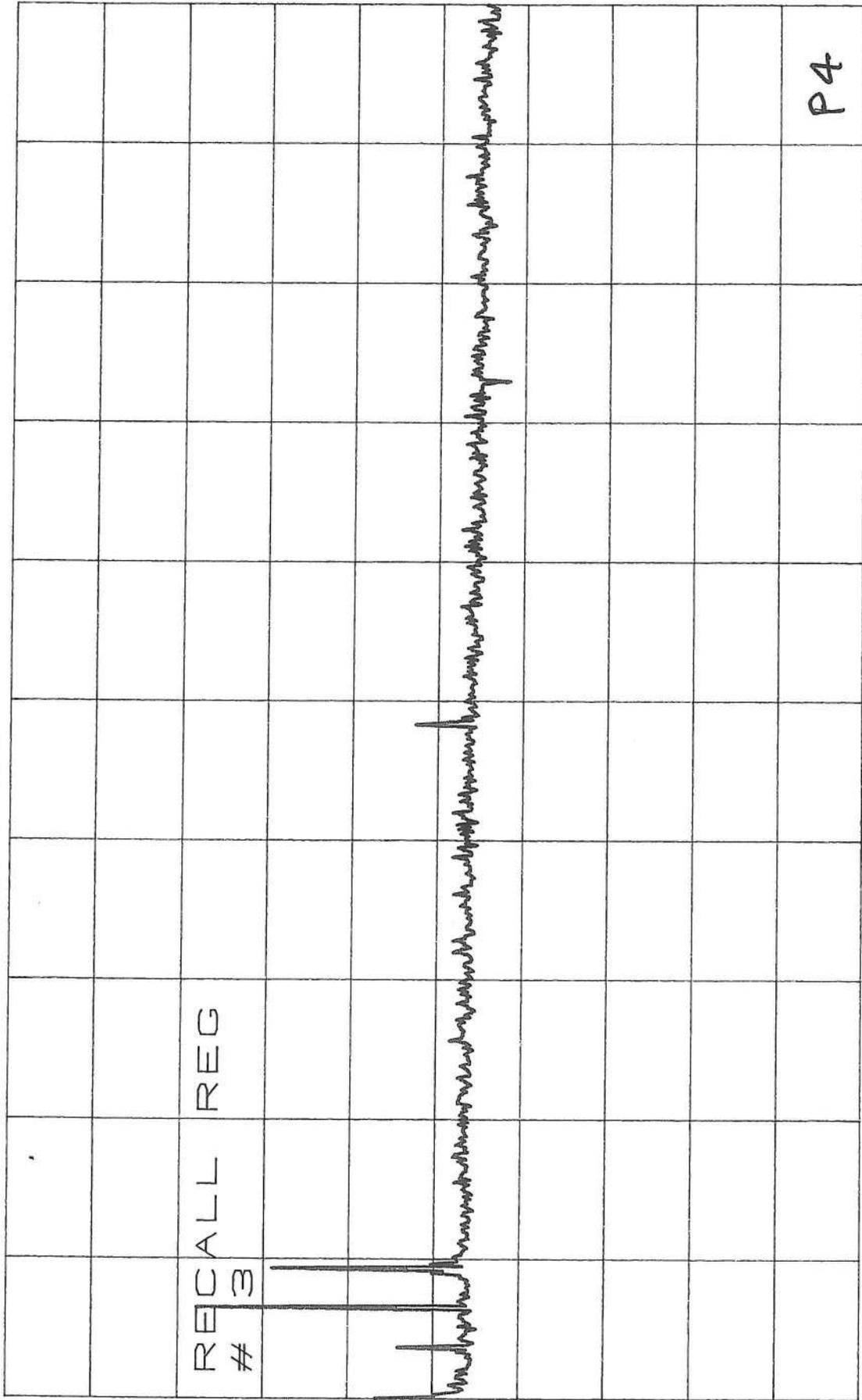
SWP 90ms

Fig. 16

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



CENTER 1.700GHZ

SPAN 1.500GHZ

*RBW 300KHZ

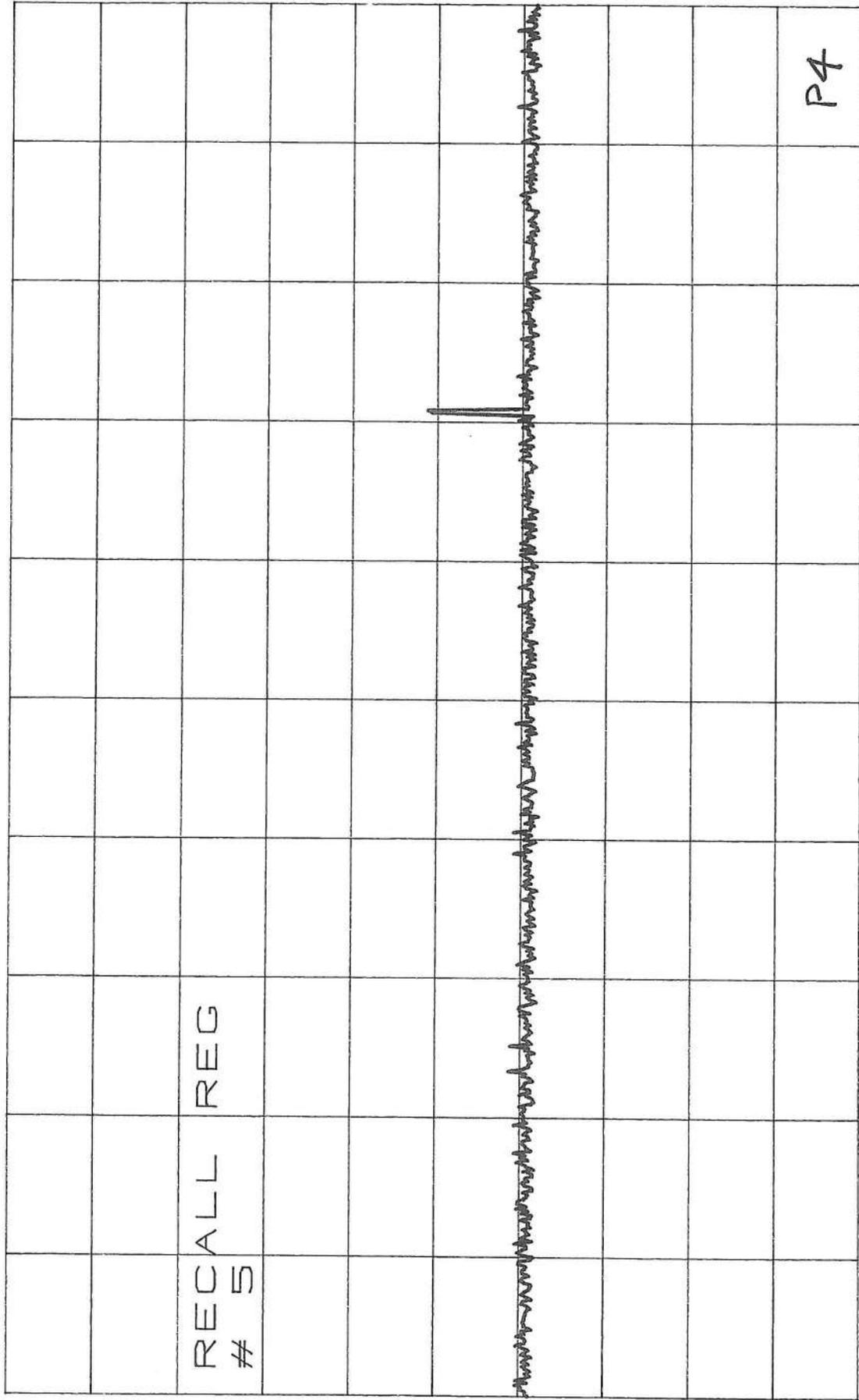
*VBW 300KHZ

SWP 50ms

FIG. 17

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm 10dB/



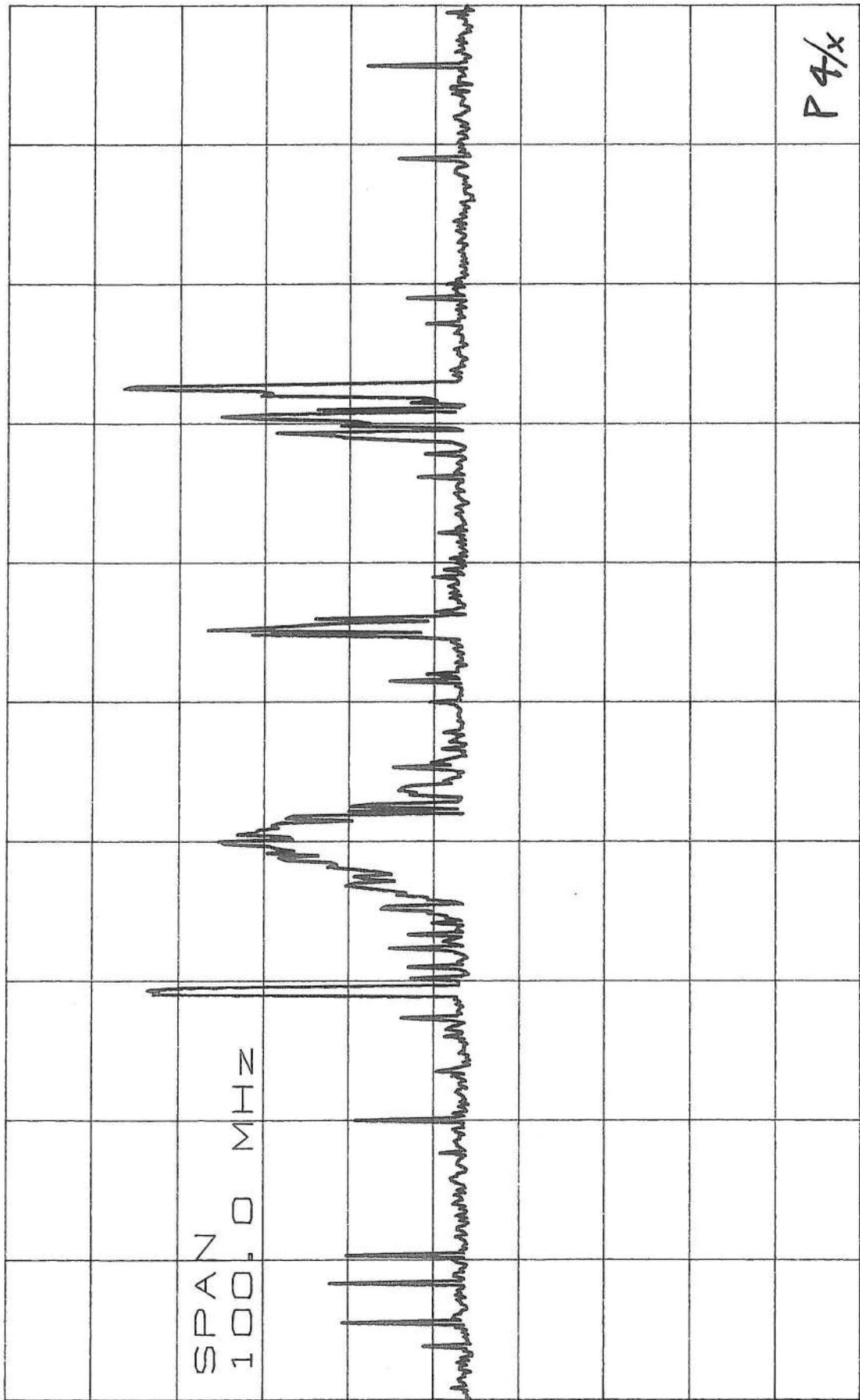
D

CENTER 1.65000GHZ SPAN 100.0MHZ
*RBW 100KHZ *VBW 30KHZ SWP 90ms

FIG. 18

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm 10dB/



D

CENTER 1.1000GHZ SPAN 100.0MHz
RBW 300KHZ VBW 1.0MHz SWP 50ms

FIG. 19

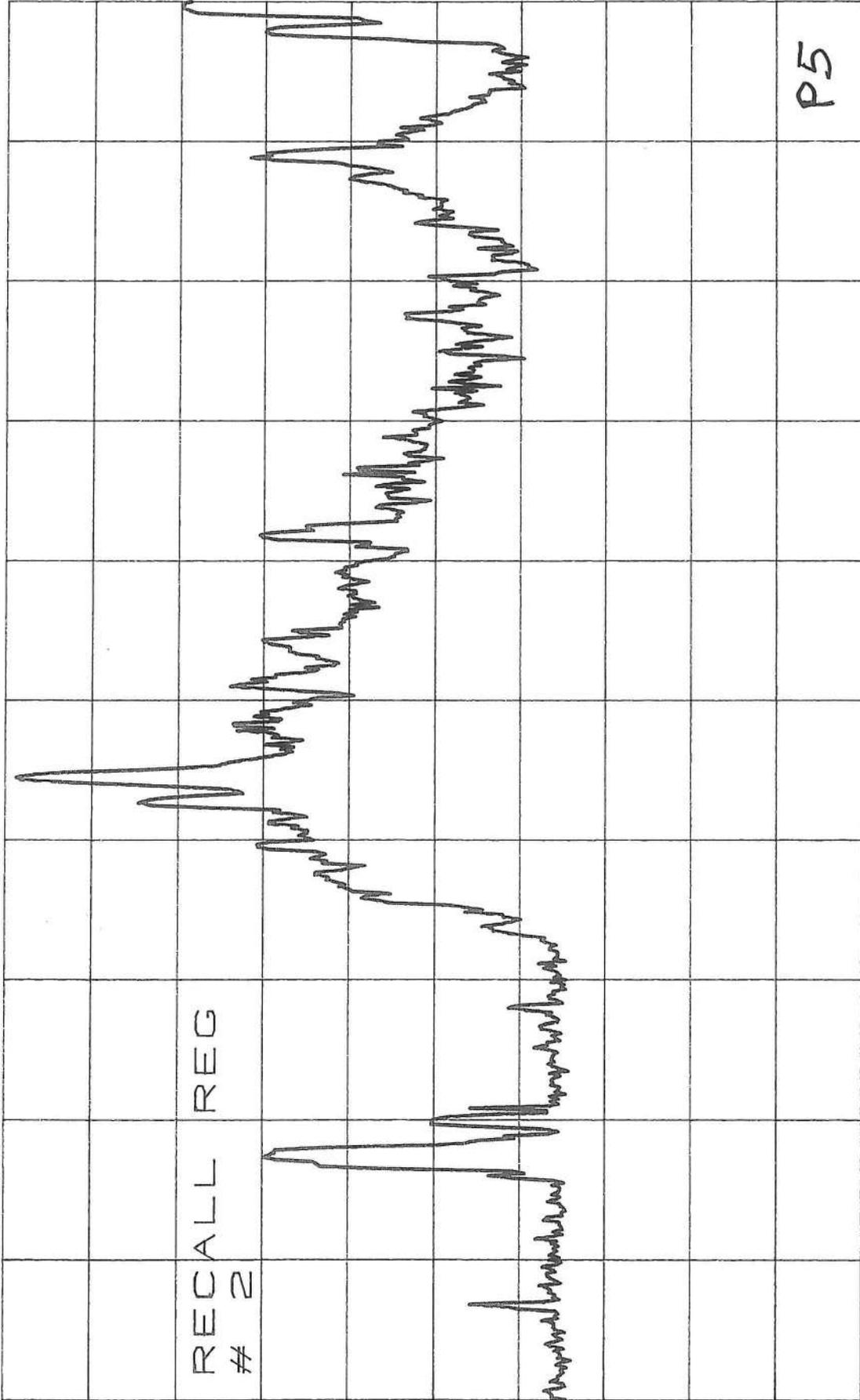
Punto 5

Località		Altura sopra la valle del Punto 4							
Latitudine N		40° 08'.22							
Longitudine E		9° 21'.29							
Altitudine (m)		1020							
Data, Ora		9/11/97 - 15:55							
Condizioni meteo		Pioggia leggera							
Sigla del grafico per banda (center/span in MHz)									
Nulla	Nulla	P5/2	P5/3	P5/4	P5/5	P5/6	Nulla	Nulla	Nulla
325/10	408/10	608/10	1700/1500	1400/100	1650/100	2300/200	4900/400	8400/400	14500/1000
		Fig. 20	Fig. 21	Fig. 22	Fig. 23	Fig. 24			
		P5/x							
		1100/200							
		Fig. 25							

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

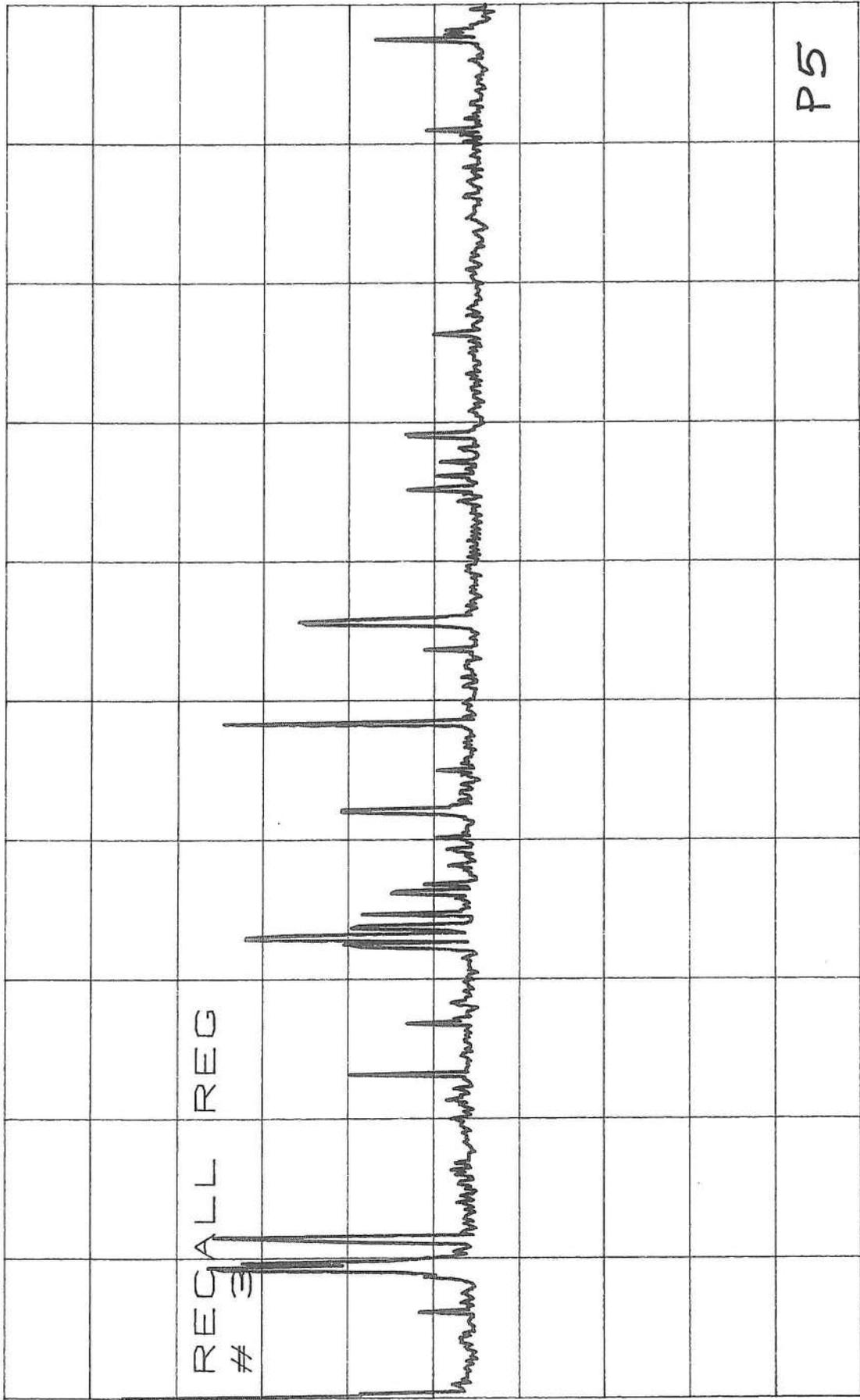
CENTER 608.00MHZ
RBW 30KHZ *VBW 10KHZ
SPAN 10.00MHZ
SWP 90ms

FIG. 20

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

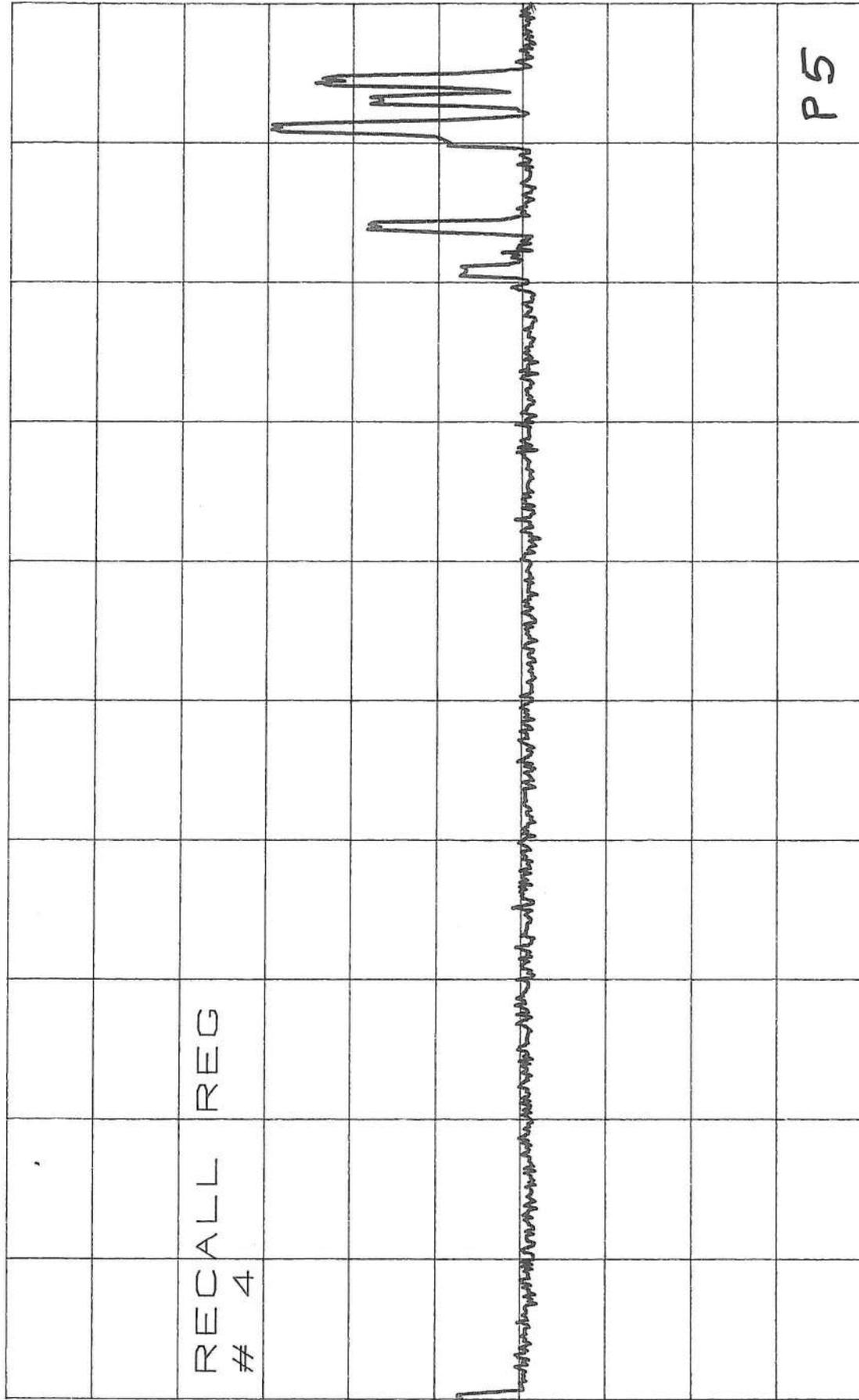
CENTER 1.700GHZ SPAN 1.500GHZ
*RBW 300KHZ *VBW 300KHZ SWP 50ms

FIG. 21

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



CENTER 1.4000GHZ

SPAN 100.0MHZ

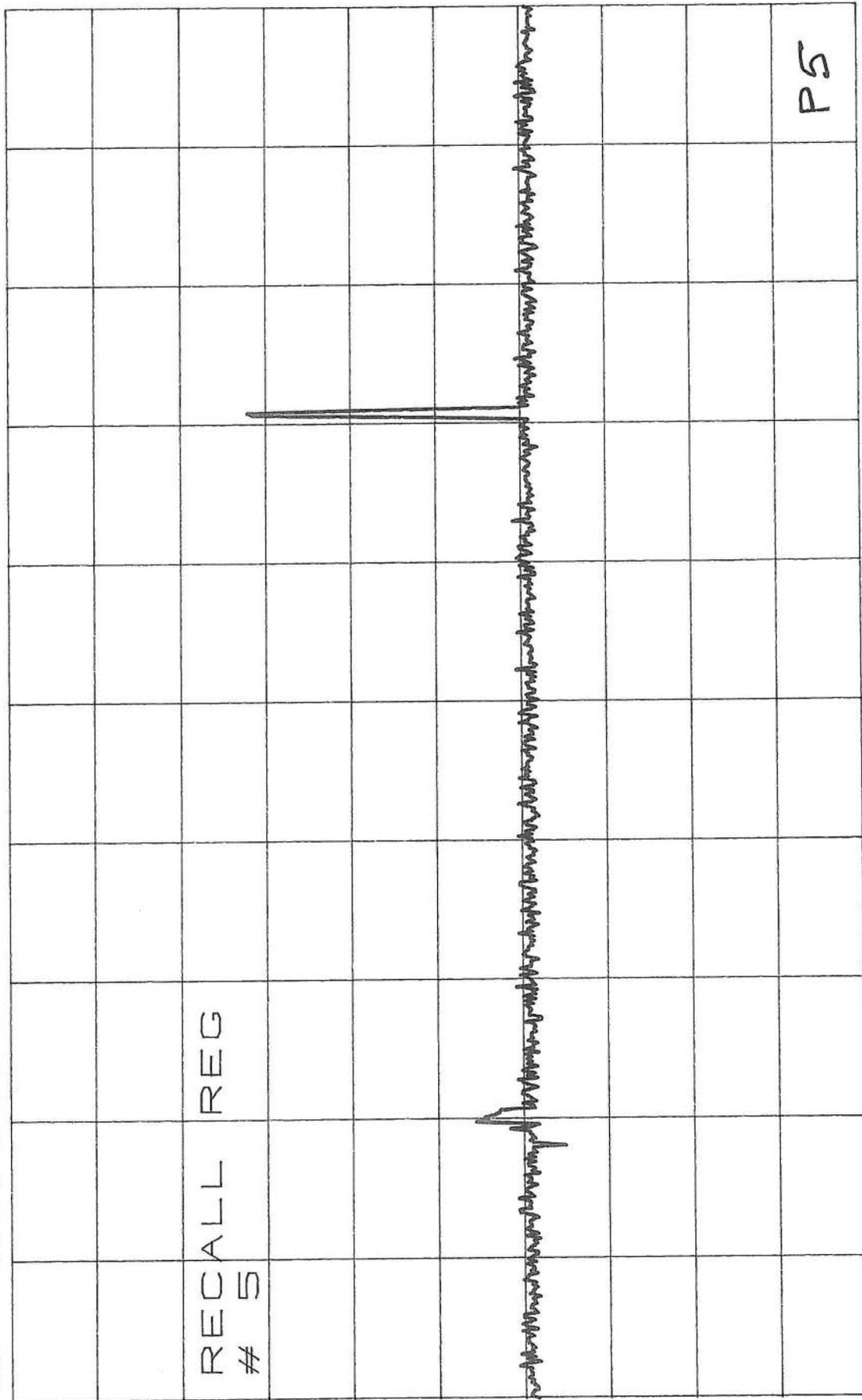
*RBW 100KHZ

*VBW 30KHZ

SWP 90ms

FIG. 22

*ATTEN 0dB
RL -20.0dBm 10dB/



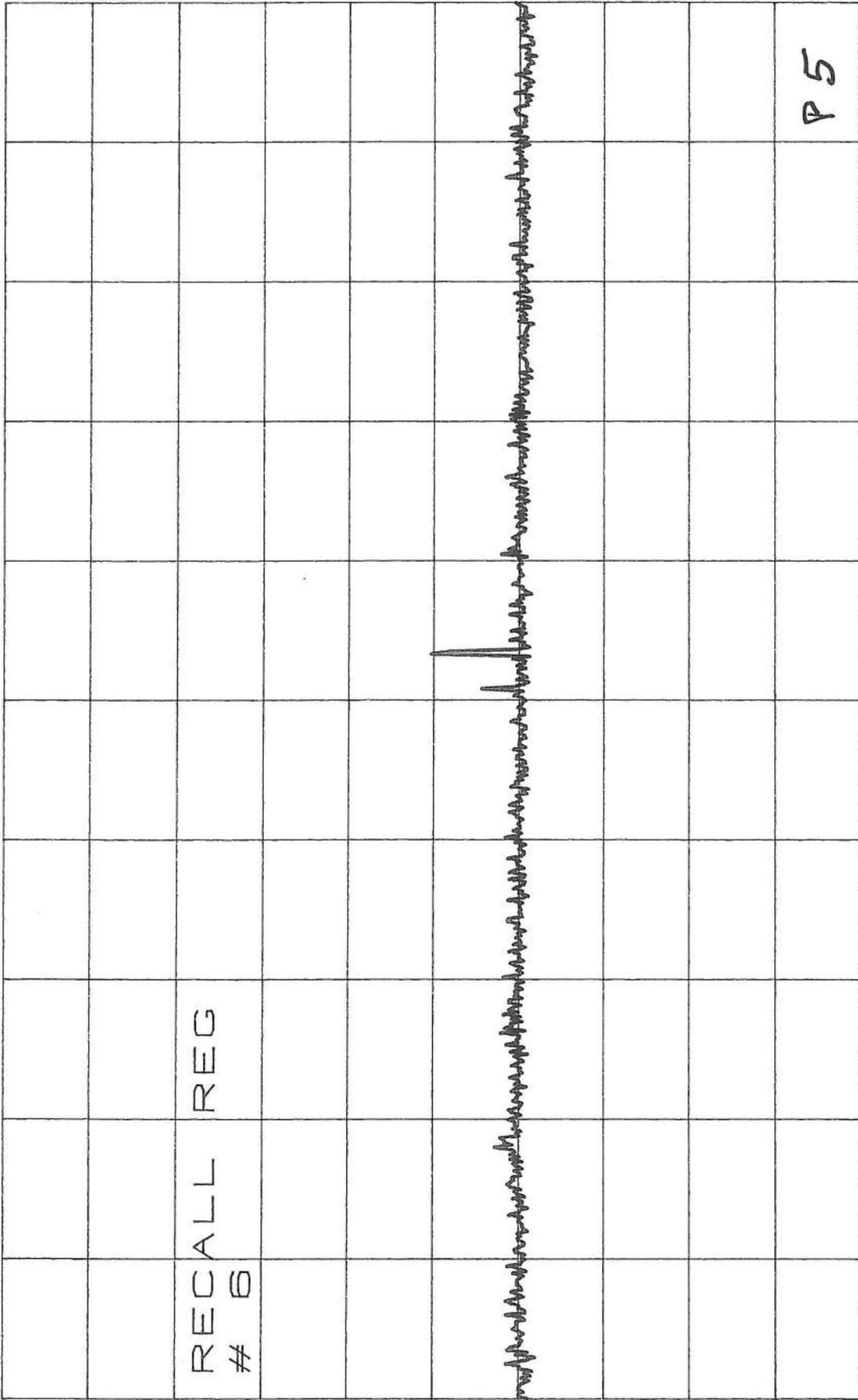
CENTER 1.6500GHZ SPAN 100.0MHZ
*RBW 100KHZ *VBW 30KHZ SWP 90ms

FIG. 23

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

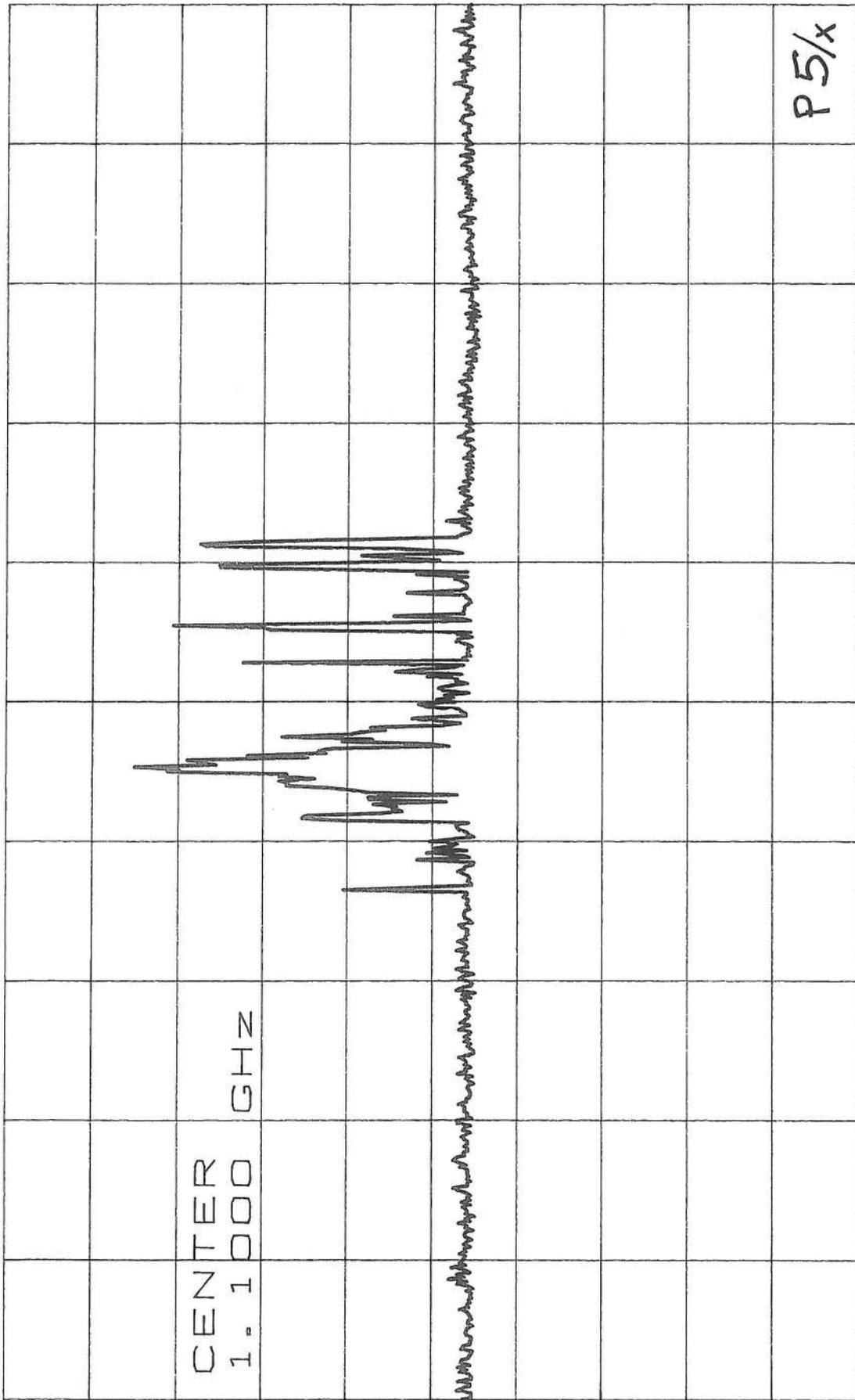
CENTER 2.30000GHZ SPAN 200.0MHZ
*RBW 100KHZ *VBW 100KHZ SWP 50ms

FIG. 24

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

CENTER 1.1000GHZ

SPAN 200.0MHZ

*RBW 300KHZ

*VBW 300KHZ

SWP 50ms

FIG. 25

Punto 6

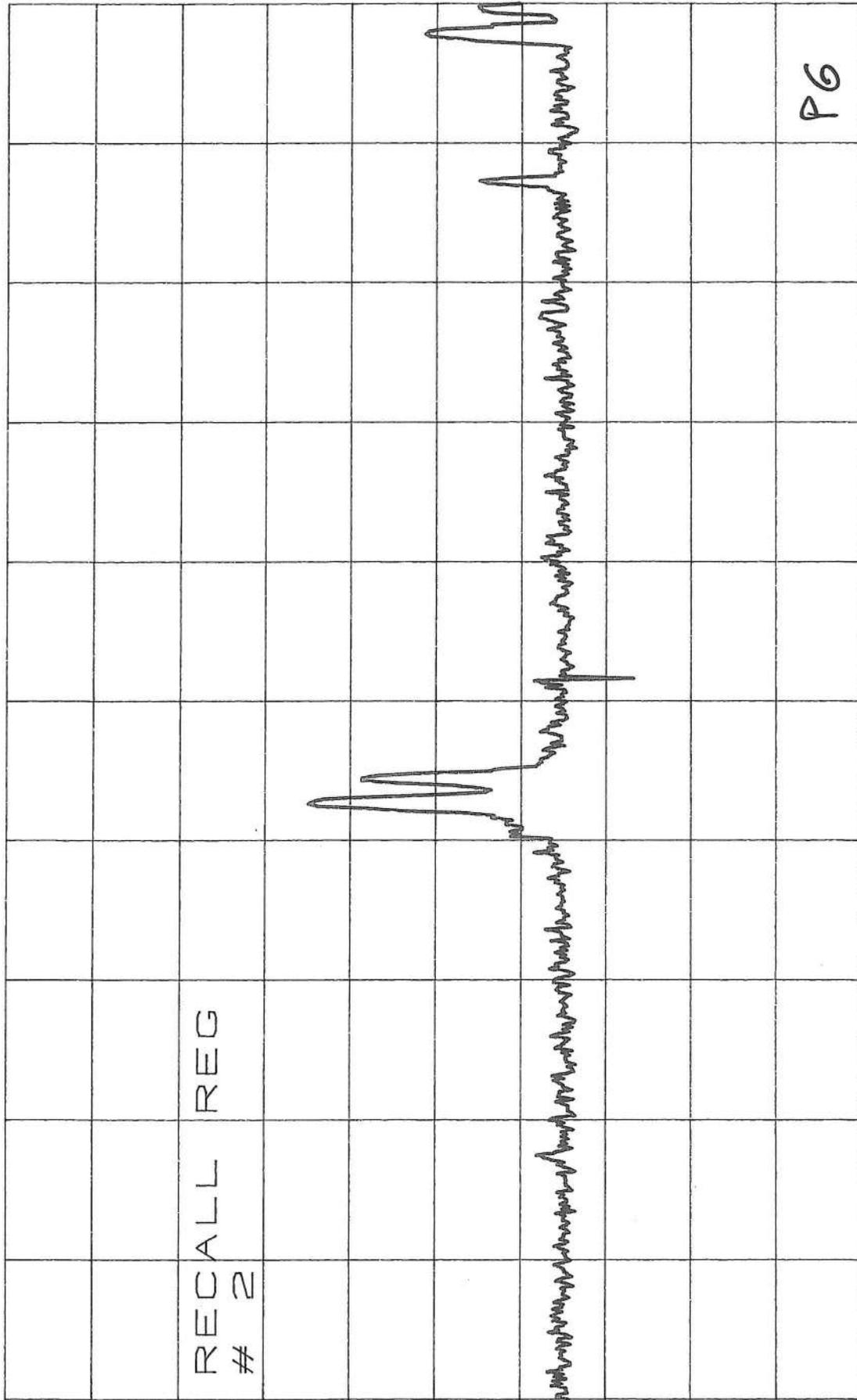
Località	vicino alla chiesa di Nostra Signora D'Itria		
Latitudine N	40° 09'.80		
Longitudine E	9° 15'.52		
Altitudine (m)		900	
Data, Ora	9/11/97 - 17:00		
Condizioni meteo	Pioggia a sprazzi		

Sigla del grafico per banda (center/span in MHz)

Nulla	Nulla	P6/2	P6/3	Nulla	P6/5	Nulla	Nulla	Nulla	Nulla
325/10	408/10	608/10	1700/1500	1400/100	1650/100	2300/200	4900/400	8400/400	14500/1000
		Fig. 26	Fig. 27		Fig. 28				

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm 10dB/



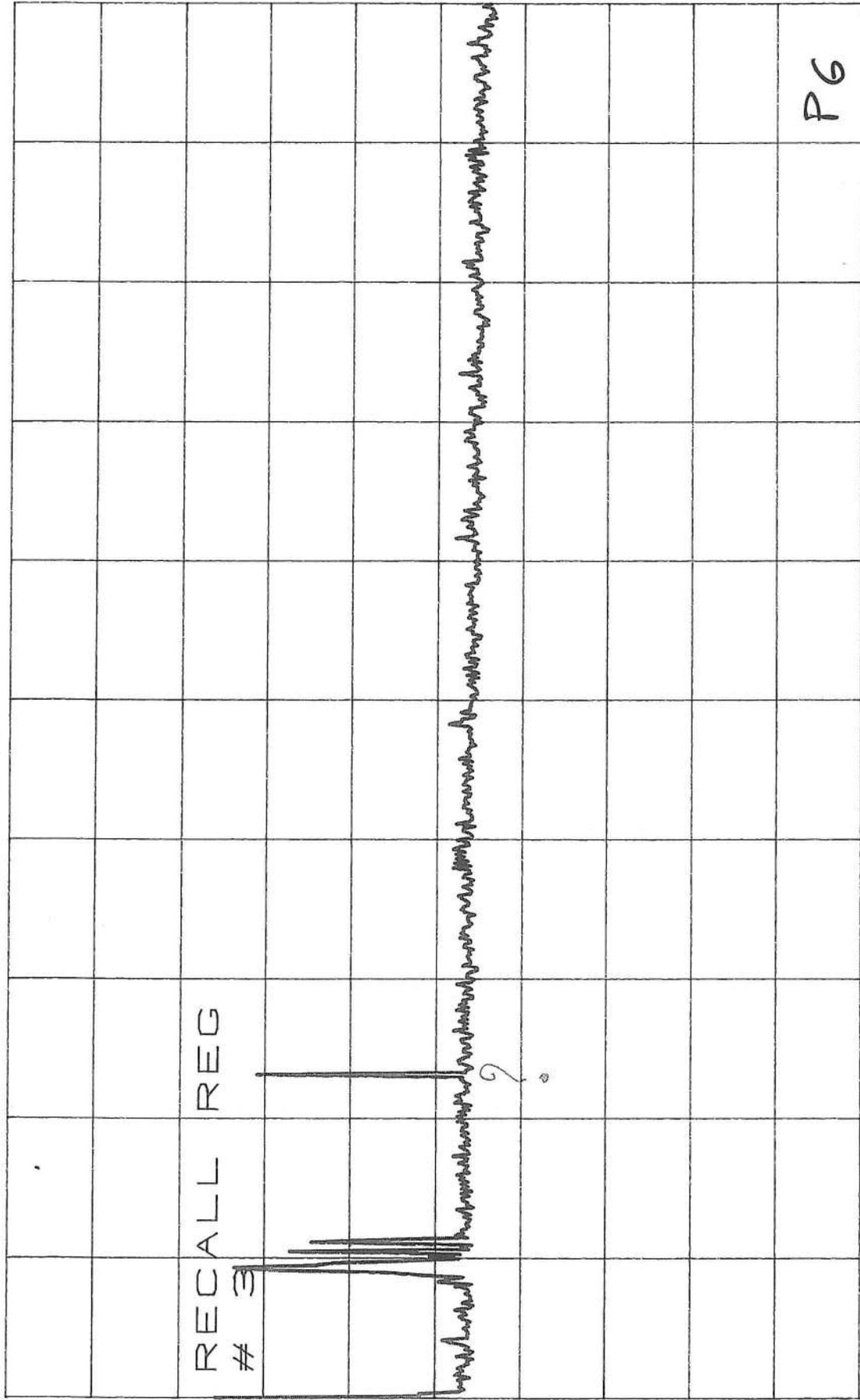
CENTER 608.00MHZ SPAN 10.00MHZ
RBW 30KHZ *VBW 10KHZ SWP 90ms

FIG. 26

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



SPAN 1.500GHz

SWP 50ms

CENTER 1.700GHz

*VBW 300kHz

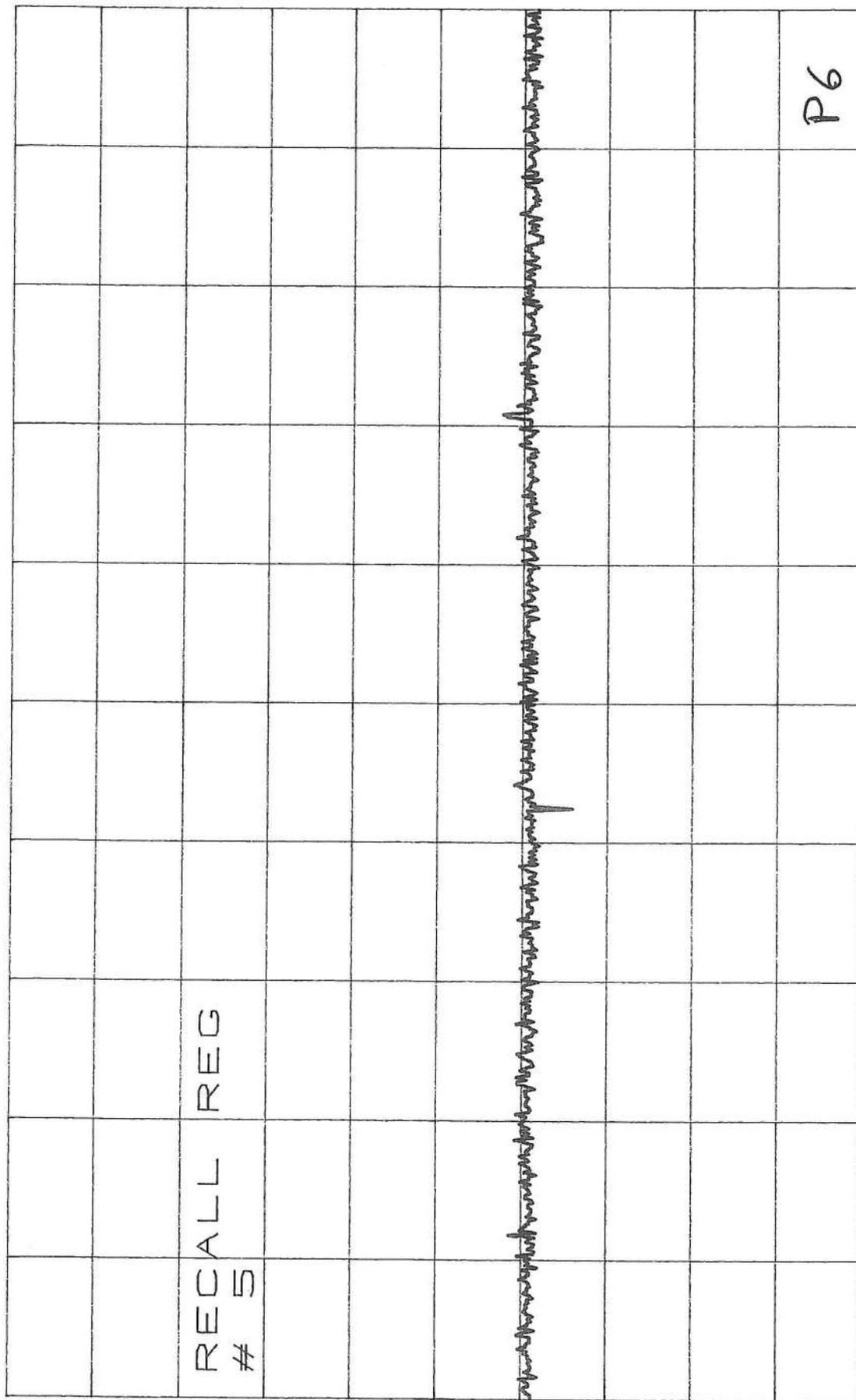
*RBW 300kHz

FIG. 27

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

CENTER 1.6500GHZ

*RBW 100KHZ

*VBW 30KHZ

SPAN 100.0MHZ

SWP 90ms

FIG. 28

P6

Punto 7

Località	Sud di S. Basilio, fondo della valletta		
Latitudine N	39° 31'.54		
Longitudine E	9° 12'.90		
Altitudine (m)	350		
Data, Ora	11/11/97-09:30		
Condizioni meteo	Cielo sereno, vento debole		

Sigla del grafico per banda (center/span in MHz)

Nulla	Nulla	P7/2	P7/3	Nulla	P7/5	Nulla	Nulla	Nulla	Nulla
325/10	408/10	608/10	1700/1500	1400/100	1650/100	2300/200	4900/400	8400/400	14500/1000
		Fig. 29	Fig. 30		Fig. 31				

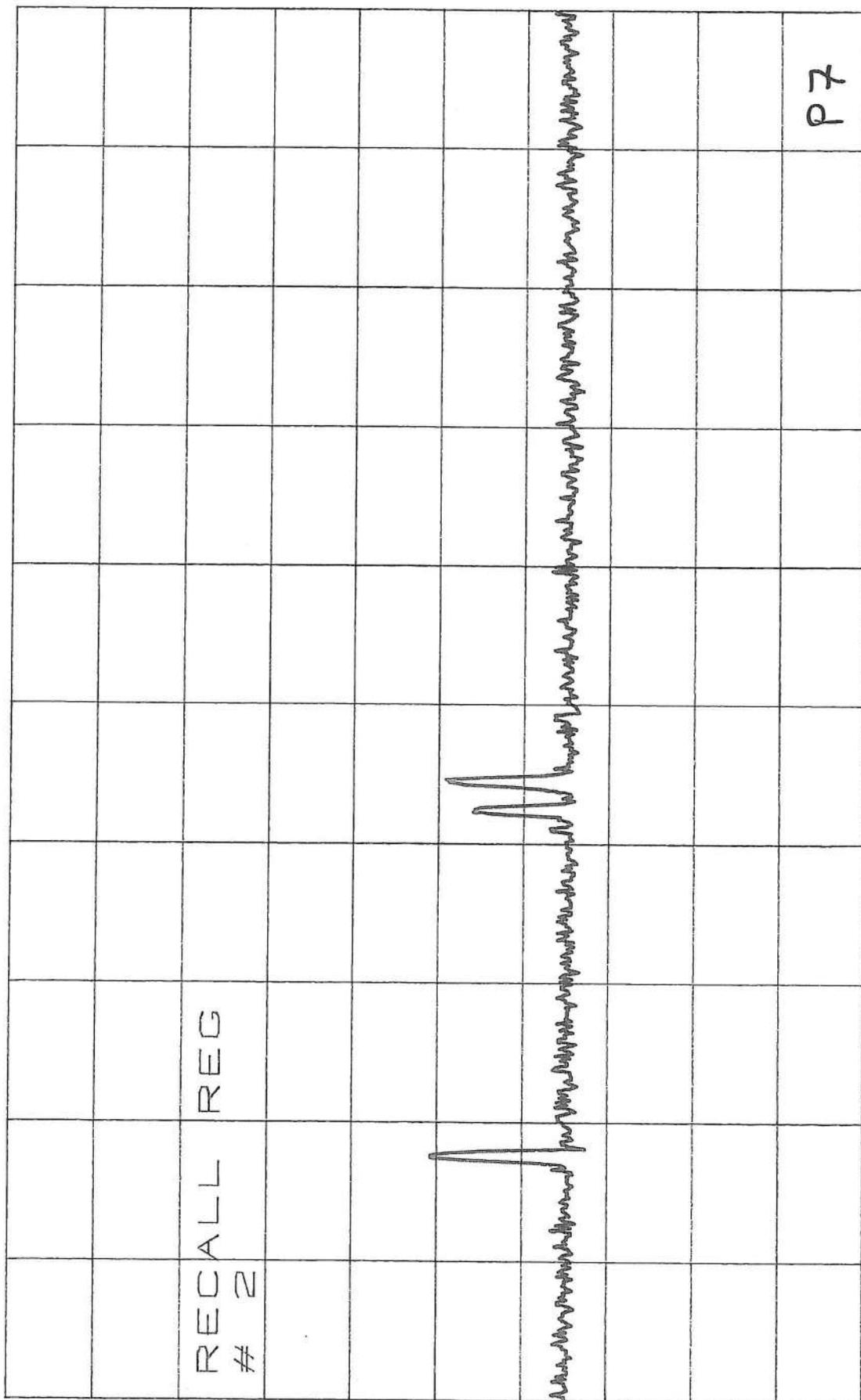
Maschera di Elevazione

Azimut (gradi)	Elevazione min (gradi)	(*)
150	14	12
190	14	12
260	7	

La colonna con l'asterisco riporta le Elevazioni minime ottenibili, spostandosi più all'interno della valle, di circa 100 metri.

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm 10dB/

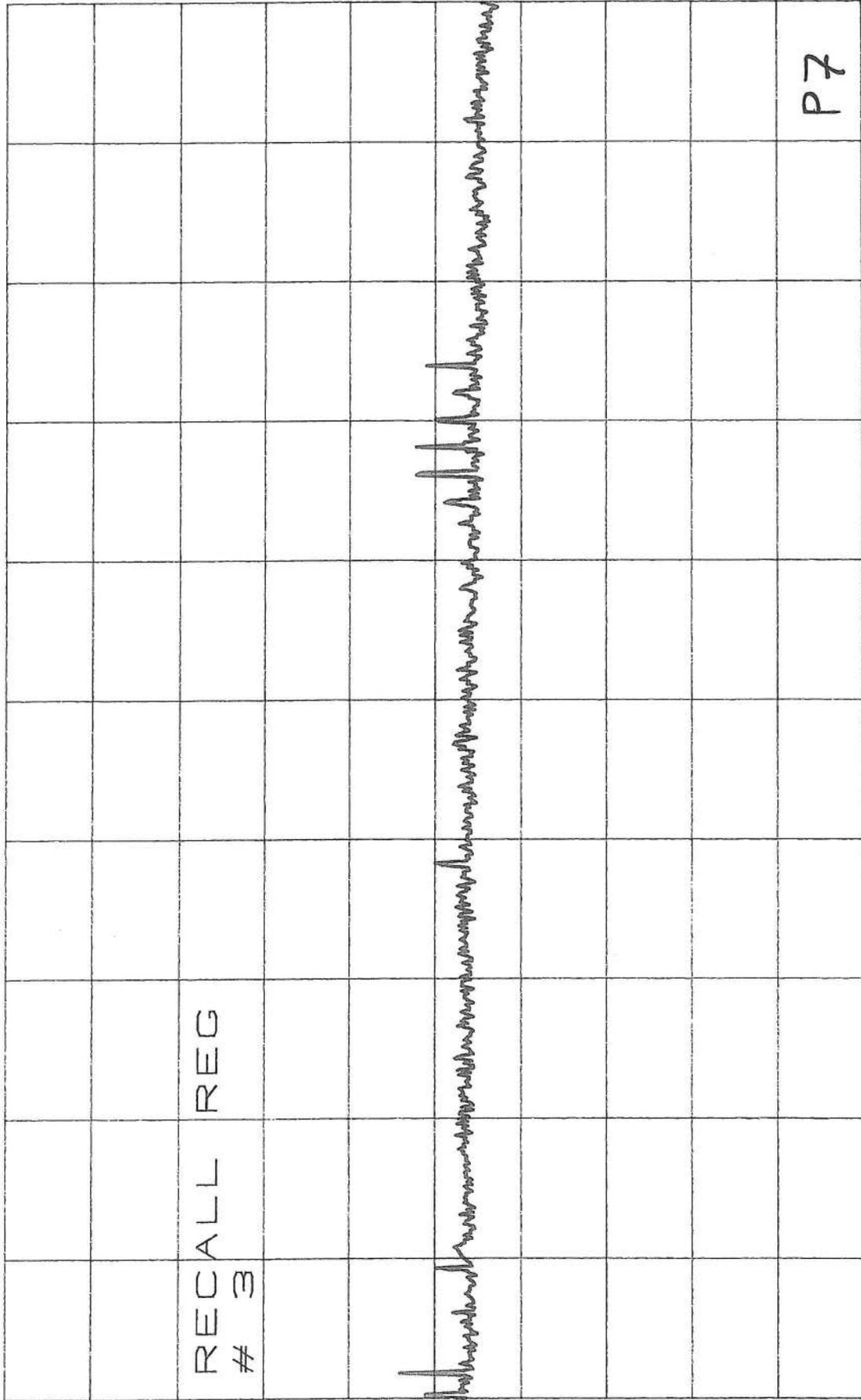


D

CENTER 608.00MHz SPAN 10.00MHz
RBW 30kHz *VBW 10kHz SWP 90ms

Fig. 29

*ATTEN 0dB
RL -20.0dBm 10dB/



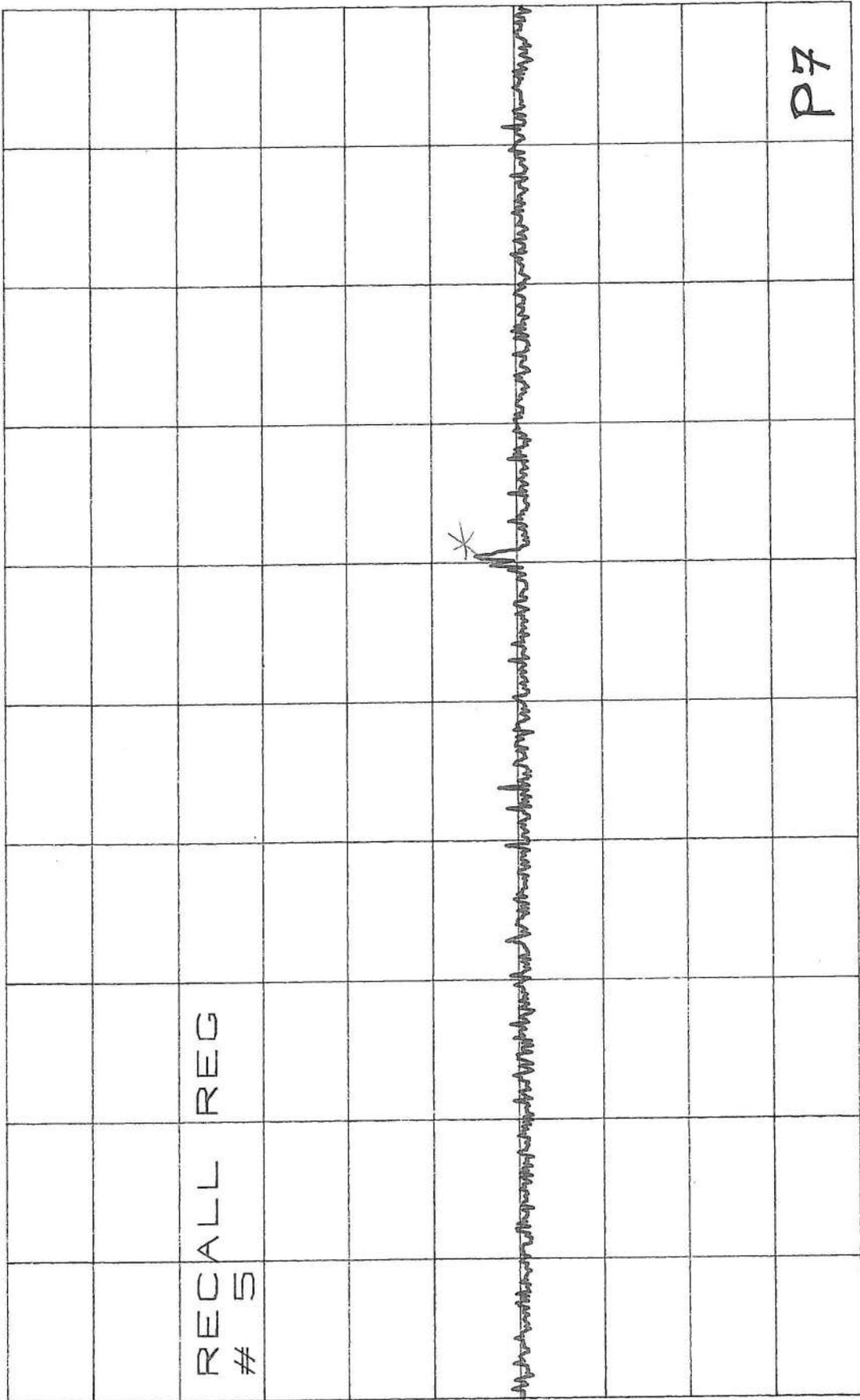
CENTER 1.700GHZ SPAN 1.500GHZ
*RBW 300KHZ *VBW 300KHZ SWP 50ms

FIG. 30

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

CENTER 1.65000GHZ SPAN 100.0MHZ
*RBW 100KHZ *VBW 30KHZ SWP 90ms

FIG. 31

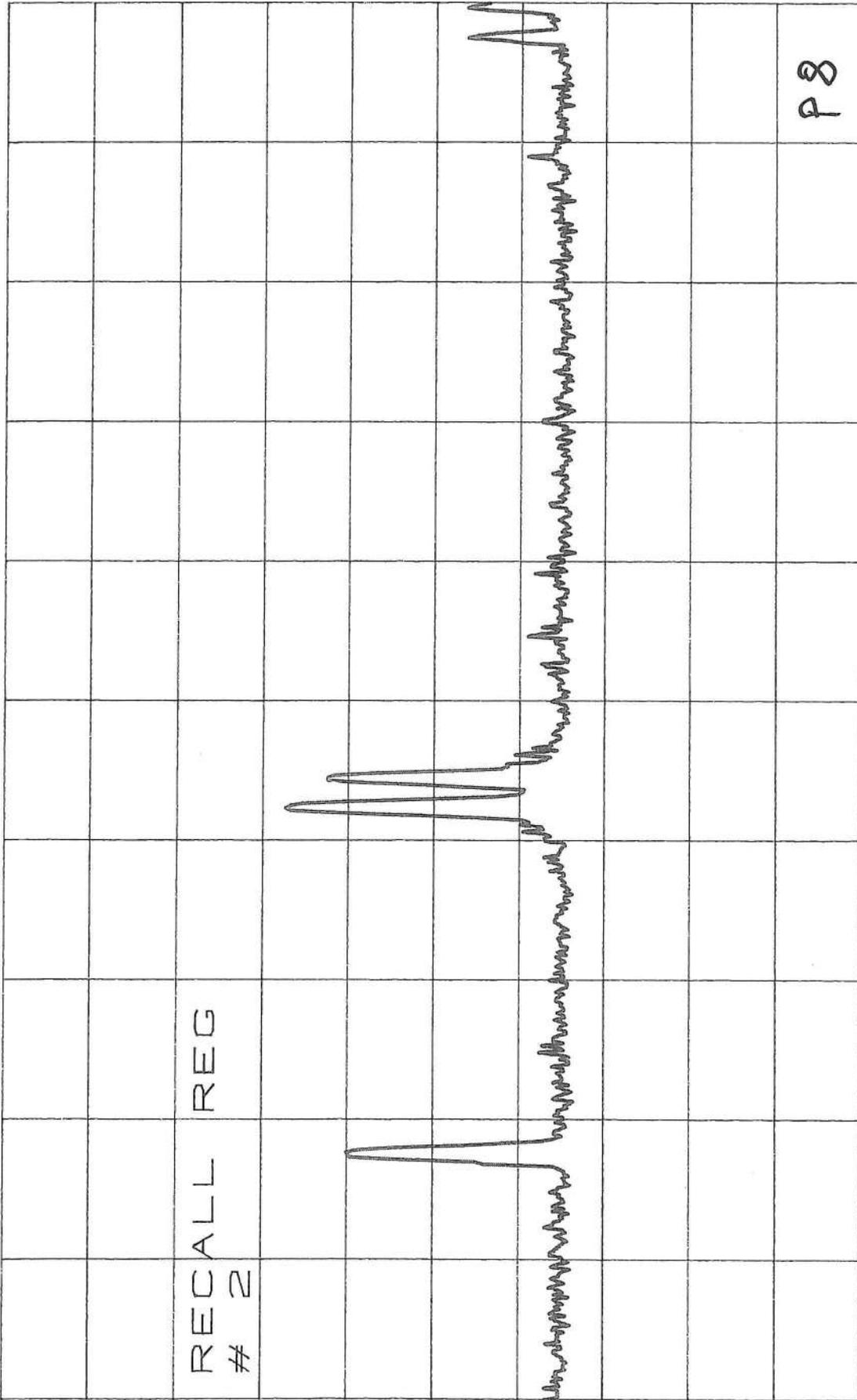
Punto 8

Località	Sud di S. Basilio, sul dosso che sovrasta la valletta								
Latitudine N	39° 31'.32								
Longitudine E	9° 13'.28								
Altitudine (m)		400							
Data, Ora	11/11/97 - 10:30								
Condizioni meteo	Cielo sereno, vento debole, qualche goccia di pioggia								
Sigla del grafico per banda (center/span in MHz)									
Nulla	Nulla	P8/2	P8/3	P8/4	P8/5	P8/6	Nulla	Nulla	Nulla
325/10	408/10	608/10	1700/1500	1400/100	1650/100	2300/200	4900/400	8400/400	14500/1000
		Fig. 32	Fig. 33	Fig. 34	Fig. 35	Fig. 36			

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

CENTER 608.00MHZ SPAN 10.00MHZ
RBW 30KHZ *VBW 10KHZ SWP 90ms

FIG. 32

*ATTEN 0dB
RL -20.0dBm 10dB/

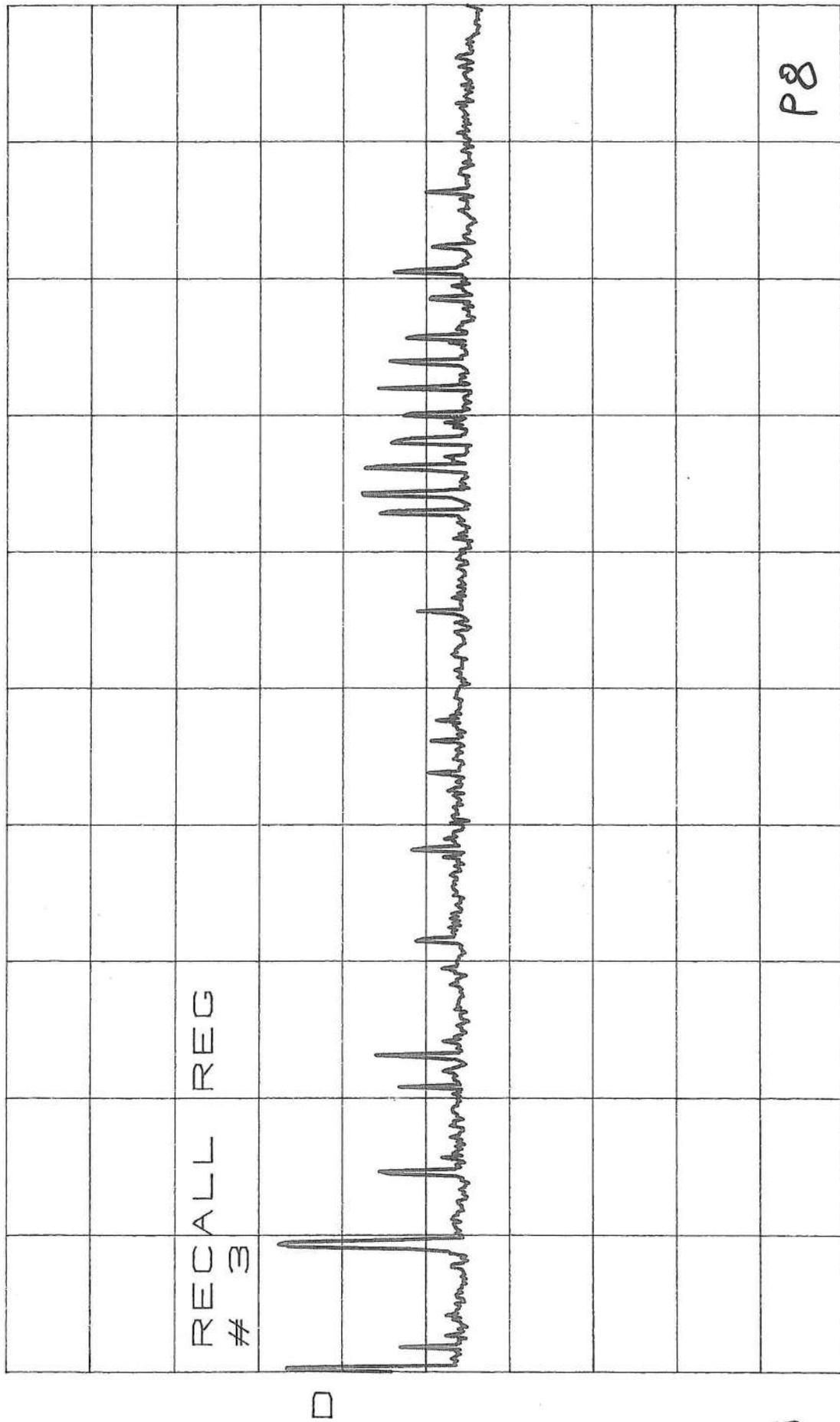


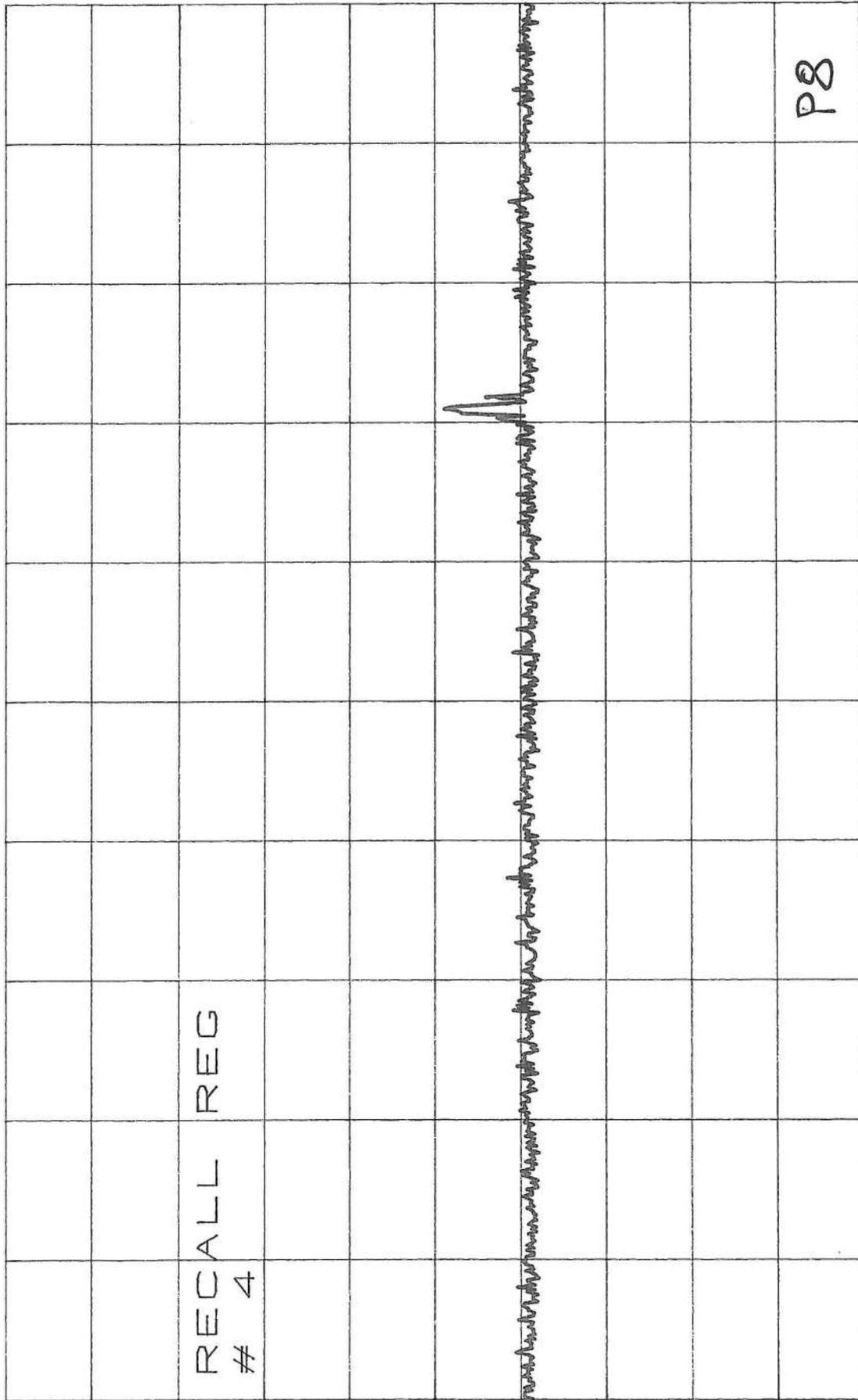
FIG. 33

CENTER 1.700GHZ SPAN 1.500GHZ
*RBW 300KHZ *VBW 300KHZ SWP 50ms

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

SPAN 100.0MHz

SWP 90ms

CENTER 1.4000GHz

*VBW 30kHz

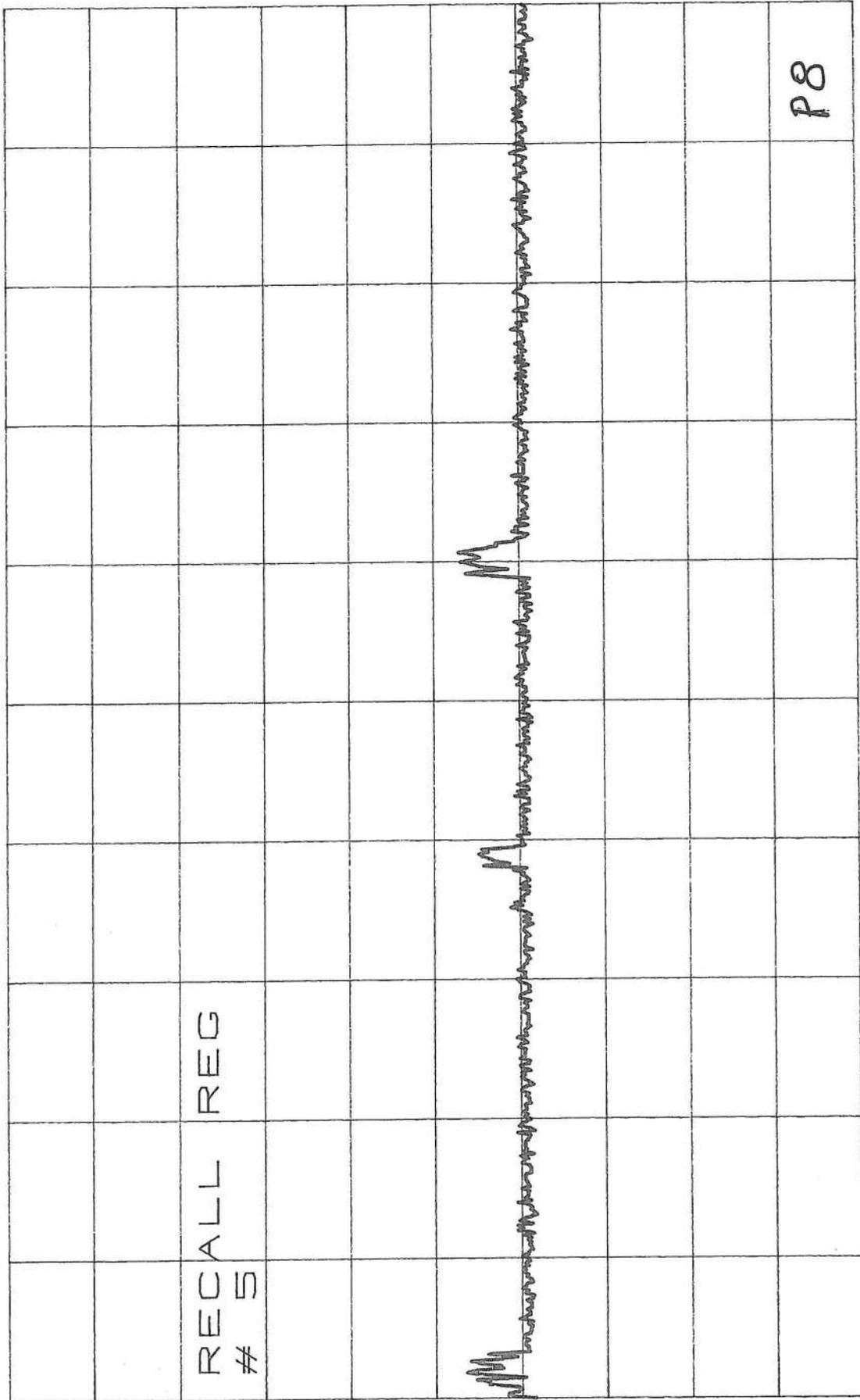
*RBW 100kHz

FIG. 34

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

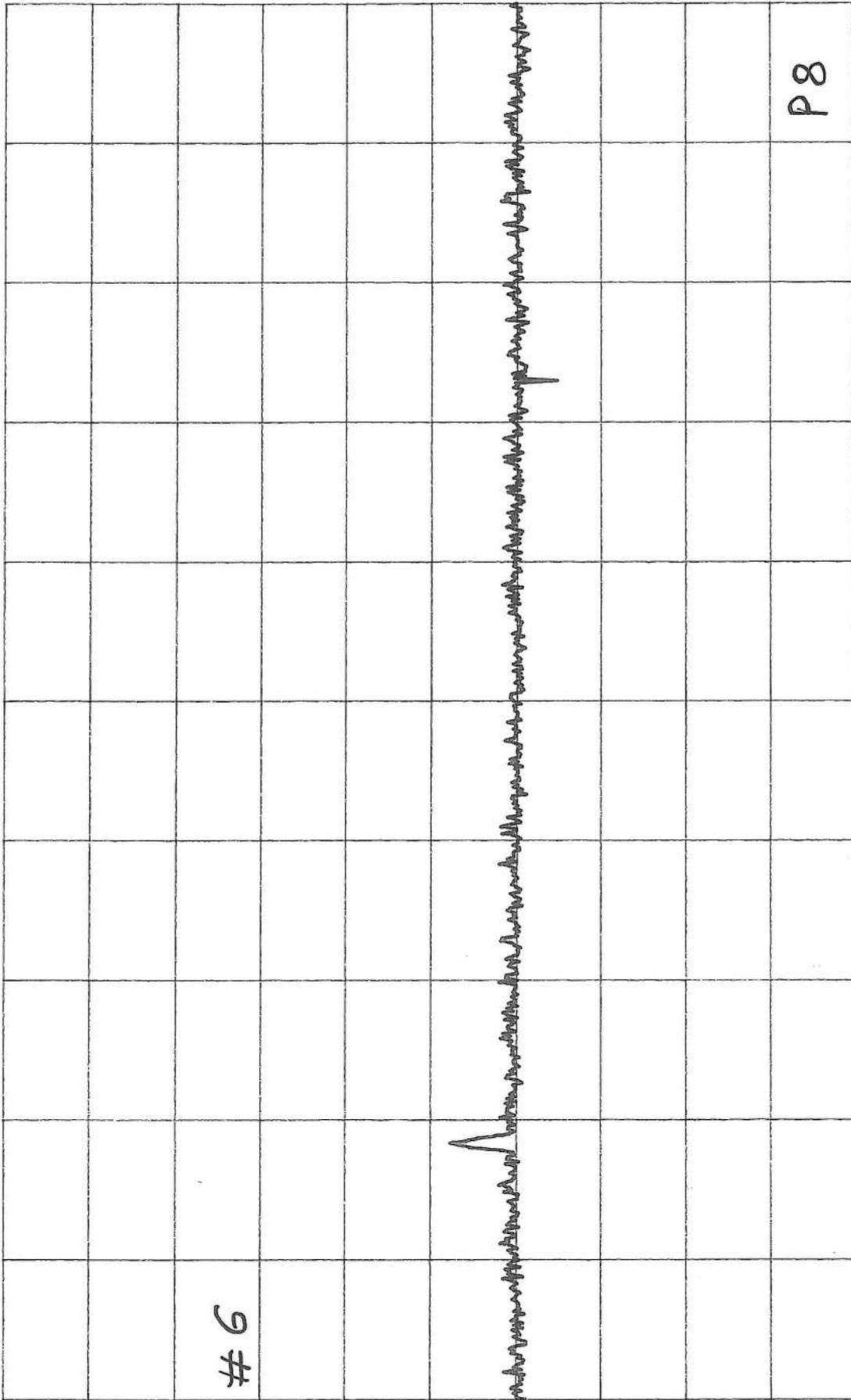
CENTER 1.6500GHZ SPAN 100.0MHZ
*RBW 100KHZ *VBW 30KHZ SWP 90ms

FIG. 35

*ATTEN 0dB

RL -20.0dBm

10dB/



D

CENTER 2.3000GHZ SPAN 200.0MHZ
*RBW 100KHZ *VBW 100KHZ SWP 50ms

FIG. 36