

Resonanzabsorption eines passiven HF-Schwingkreises

Versuchsziele

- Messung der Spannung U_1 an der Spule des HF-Schwingkreises bei induktiver Kopplung an einen passiven Schwingkreis in Abhängigkeit von der Frequenz
- Messung der Spannung U_2 über der Spule des passiven Schwingkreises in Abhängigkeit von der Frequenz.

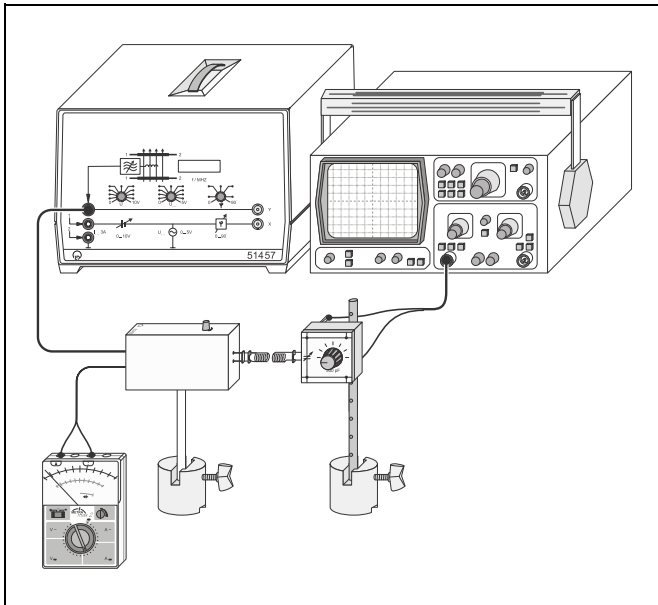


Fig. 1 Versuchsaufbau mit ESR-Grundgerät und induktiv angekoppeltem passivem Schwingkreis.

Grundlagen

Zum Nachweis der Elektronenspinresonanz an DPPH in Versuch P6.2.6.2 befindet sich die DPPH-Probe in einer HF-Spule, die Teil eines elektrischen Schwingkreises hoher Güte ist. Der Schwingkreis wird durch einen frequenzvariablen HF-Oszillator zwischen 15 und 130 MHz erregt. Ist die Bedingung für Elektronenspinresonanz bei einer Frequenz ν_0 erfüllt, absorbiert die DPPH-Probe Energie und der Schwingkreis wird belastet. Als Folge ändert sich der Wechselstromwiderstand des Schwingkreises und die Spannung über der Spule nimmt ab.

Die Belastung des aktiven Schwingkreises wird im vorliegenden Versuch mit einem passiven Schwingkreis nachvollzogen, dessen Spule koaxial gegenüber der leeren HF-Spule steht. Die Resonanzfrequenz

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L_2 C_2}} \quad (I)$$

des passiven Schwingkreises kann durch Veränderung seiner Kapazität C_2 variiert werden.

Wird der aktive Schwingkreis mit der Resonanzfrequenz ν_0 erregt, so wird er gedämpft und die Spannung U_1 über der HF-Spule nimmt ab. Zum Nachweis wird die gleichgerichtete Spannung U_1 gemessen als Strom I_1 durch einen Messwiderstand $R_1 = 56 \text{ k}\Omega$:

$$U_1 = 56 \text{ k}\Omega \cdot I_1 \quad (II)$$

Aufbau

Der Versuchsaufbau ist in Fig. 1 dargestellt.

- ESR-Grundgerät über 6-poliges Kabel mit ESR-Betriebsgerät verbinden und an Drehpotentiometer auf maximale Empfindlichkeit einstellen.
- Steckspule 30–75 MHz aufstecken und Amperemeter über Adapterkabel an Ausgang I anschließen (Messbereich $100 \mu\text{A}$).
- Spule des passiven Schwingkreises koaxial gegenüber Steckspule aufstellen und mittels Messkabel BNC/4 mm an Kanal I des Zweikanal-Oszilloskops anschließen.

Geräte

1 ESR-Grundgerät	514 55
1 ESR-Betriebsgerät	514 57
1 Zweikanal-Oszilloskop 303	575 211
1 Amperemeter, DC, $I \leq 1 \text{ mA}$ z.B.	531 100
1 Messkabel BNC/4 mm	575 24
1 Satz 6 Kupplungen	501 644
1 Stativlochstab, isoliert, 25 cm	590 13
2 Sockel	300 11

Durchführung

- Drehkondensator des passiven Schwingkreises auf Skt. = 3/6 stellen.
- Minimale Frequenz am ESR-Grundgerät einstellen.
- Frequenz ν am Betriebsgerät, Spannung U_2 der „passiven“ Spule am Oszilloskop sowie Spannung $U_1 = 56 \text{ k}\Omega \cdot I_1$ der HF-Spule messen und notieren.
- Frequenz schrittweise erhöhen und Messung wiederholen.
- Weitere Messreihen mit Einstellung Skt. = 2/ 6 und 1/6 aufnehmen.
- Passiven Schwingkreis entfernen und weitere Messreihe aufnehmen.

Messbeispiel

In den Tab. 1–4 sind die Messergebnisse für verschiedene Einstellungen des Drehkondensators im passiven Schwingkreis zusammen gestellt.

Tab. 1: Spannungen U_1 und U_2 bei Skt. = 3/6

$\frac{\nu}{\text{MHz}}$	$\frac{U_2}{\text{V}}$	$\frac{U_1}{\text{V}}$	$\frac{\nu}{\text{MHz}}$	$\frac{U_2}{\text{V}}$	$\frac{U_1}{\text{V}}$
22,1	1,17	2,48	24,5	0,32	3,25
22,3	1,25	2,31	25,0	0,25	3,34
22,5	1,30	1,90	25,5	0,19	3,37
22,7	1,29	1,75	26,0	0,15	3,43
22,9	1,25	1,93	27,0	0,09	3,54
23,1	1,11	2,34	28,0	0,07	3,67
23,3	0,93	2,67	29,0	0,05	3,75
23,5	0,76	2,86	30,0	0,03	3,83
24,0	0,48	3,10			

Tab. 2: Spannungen U_1 und U_2 bei Skt. = 2/6

$\frac{\nu}{\text{MHz}}$	$\frac{U_2}{\text{V}}$	$\frac{U_1}{\text{V}}$	$\frac{\nu}{\text{MHz}}$	$\frac{U_2}{\text{V}}$	$\frac{U_1}{\text{V}}$
22,5	0,49	2,97	26,1	0,88	2,72
23,0	0,55	3,01	26,3	0,76	2,93
23,5	0,64	3,04	26,5	0,64	3,08
24,0	0,79	3,02	27,0	0,45	3,33
24,2	0,87	2,97	27,5	0,34	3,43
24,4	0,96	2,84	28,0	0,27	3,54
24,6	1,08	2,72	29,0	0,17	3,67
24,8	1,15	2,36	30,0	0,12	3,72
25,0	1,20	1,89	31,0	0,09	3,82
25,2	1,19	1,49	32,0	0,06	3,91
25,5	1,15	1,53	33,0	0,05	3,96
25,7	1,10	2,01	34,0	0,04	4,04
25,9	1,02	2,37	35,0	0,04	4,05

Tab. 3: Spannungen U_1 und U_2 bei Skt. = 1/6

$\frac{\nu}{\text{MHz}}$	$\frac{U_2}{\text{V}}$	$\frac{U_1}{\text{V}}$	$\frac{\nu}{\text{MHz}}$	$\frac{U_2}{\text{V}}$	$\frac{U_1}{\text{V}}$
23,0	0,28	3,10	33,3	0,91	1,79
24,0	0,28	3,23	33,5	0,89	1,44
25,0	0,28	3,32	34,0	0,86	1,47
26,0	0,28	3,42	34,2	0,85	2,04
27,0	0,29	3,52	34,4	0,80	2,59
28,0	0,31	3,60	34,6	0,76	2,82
29,0	0,34	3,68	34,8	0,67	3,14
30,0	0,39	3,71	35,0	0,60	3,36
31,0	0,48	3,70	35,5	0,46	3,70
31,5	0,54	3,70	36,0	0,36	3,86
32,0	0,64	3,60	36,5	0,30	3,99
32,5	0,77	3,32	37,5	0,22	4,14
32,7	0,83	3,10	38,5	0,15	4,26
32,9	0,88	2,79	39,5	0,12	4,30
33,1	0,91	2,36			

Tab. 4: Spannung U_1 ohne Resonanzabsorption

$\frac{\nu}{\text{MHz}}$	$\frac{U_1}{\text{V}}$	$\frac{\nu}{\text{MHz}}$	$\frac{U_1}{\text{V}}$	$\frac{\nu}{\text{MHz}}$	$\frac{U_1}{\text{V}}$
22,2	3,14	30,0	3,92	40,0	4,48
25,0	3,47	35,0	4,26		

Auswertung und Ergebnis

Der HF-Oszillator wird durch den passiven Schwingkreis gedämpft. Im Resonanzfall nimmt die Spannung deutlich ab.

Fig. 2 Spannung U_1 der HF-Spule (jeweils obere Kurve) und U_2 der „passiven“ Spule (jeweils untere Kurve) für drei Kapazitäten (\circ : 1/6 Skt., \square : 2/6 Skt., \diamond : = 3/6 Skt., \bullet : ohne passiven Schwingkreis) als Funktion der Oszillatorfrequenz ν .

