

Контрольная работа по дисциплине «Электротехническое материаловедение»

Плоский конденсатор с неидеальным диэлектриком

Имеется пластина из диэлектрического материала длиной $a=0.4$ м, шириной $b=0.25$ м, толщиной $h=1$ мм. На гранях с размерами $a \times b$ расположены металлические электроды того же размера, имеющие полный электрический контакт с диэлектриком. Вся конструкция образует плоский конденсатор. На электроды подаётся синусоидальное напряжение с частотой f . Напряжение создаёт электрическое поле в диэлектрике, под действием которого диэлектрик поляризуется и через него протекает объёмный и поверхностный ток проводимости (сквозной ток). В задаче учитываются следующие виды поляризации: мгновенная (электронная и ионная) с восприимчивостью χ_m , дипольно- релаксационная с восприимчивостью $\chi_{др}$ и постоянной времени релаксации $\tau_{др}$, электронно- релаксационная с восприимчивостью $\chi_{эр}$ и постоянной времени релаксации $\tau_{эр}$, ионно- релаксационная с восприимчивостью $\chi_{ир}$ и постоянной времени релаксации $\tau_{ир}$, миграционная с восприимчивостью $\chi_{ми}$ и постоянной времени релаксации $\tau_{ми}$. Параметры электропроводящих и поляризационных свойств диэлектрика по вариантам сведены в таблицу.

По условию задачи **требуется** рассчитать и построить графики частотных зависимостей активной, реактивной и полной проводимости конденсатора, тангенса угла диэлектрических потерь и относительной диэлектрической проницаемости диэлектрика. Последнюю из этих величин определить как $\epsilon = h \cdot \text{imag}(Y) / \omega a b / \epsilon_0$, где imag – имя функции, возвращающей мнимую часть комплексной величины, Y – комплексная проводимость конденсатора, $\omega = 2\pi f$ – циклическая частота изменения напряжения.

Частотный диапазон – от $f_1 = \frac{0.01}{2\pi\tau_{\max}}$ до $f_2 = \frac{100}{2\pi\tau_{\min}}$, где $\tau_{\max}$, $\tau_{\min}$ – максимальная

и минимальная из всех заданных постоянных времени. Целесообразно применить логарифмический масштаб при построении графиков.

При расчёте можно воспользоваться формулой

$$Y = \frac{\gamma ab}{h} + 2 \cdot \frac{a+b}{\rho_s \cdot h} + j\omega\epsilon_0 \cdot \frac{ab}{h} \cdot \left(1 + \chi_m + \frac{\chi_{др}}{1 + j\omega\tau_{др}} + \frac{\chi_{эр}}{1 + j\omega\tau_{эр}} + \frac{\chi_{ир}}{1 + j\omega\tau_{ир}} + \frac{\chi_{ми}}{1 + j\omega\tau_{ми}} \right).$$

Таблица

Варианты параметров свойств диэлектрика

Вар.	γ , пСм/м	ρ_s , ТОм	χ_m	$\chi_{др}$	$\tau_{др}$, нс	$\chi_{эр}$	$\tau_{эр}$, нс	$\chi_{ир}$	$\tau_{ир}$, мкс	$\chi_{ми}$	$\tau_{ми}$, мс
1	0.8147	170	0,529	0,538	586	0,990	852	0,704	56	0,826	6,80
2	0.9058	790	0,84	0,275	545	0,336	564	0,484	85	0,755	1,40
3	0.1270	310	0,521	0,678	871	0,406	930	0,997	35	0,207	7,20
4	0.9133	530	0,535	0,576	272	0,517	699	0,379	45	0,874	1,10
5	0.6323	170	0,76	0,756	324	0,259	586	0,721	6	0,937	1,20
6	0.976	600	0,548	0,759	128	0,747	817	0,683	18	0,816	6,40
7	0.2785	270	0,909	0,710	940	0,521	880	0,509	66	0,234	3,30
8	0.5469	650	0,908	0,226	649	0,986	989	0,313	33	0,502	6,50
9	0.9575	690	0,861	0,255	484	0,521	10	0,220	89	0,763	7,50
10	0.9648	750	0,574	0,455	642	0,696	866	0,536	12	0,783	5,80
11	0.1576	450	0,829	0,624	549	0,323	616	0,347	98	0,379	7,40
12	0.9705	90	0,759	0,723	650	0,505	990	0,780	54	0,415	2,40

13	0.9571	230	0,986	0,526	548	0,328	532	0,496	70	0,738	7,30
14	0.4854	910	0,824	0,855	723	0,806	484	0,873	99	0,581	9,70
15	0.8003	160	0,9	0,774	527	0,896	803	0,787	29	0,698	8,60
16	0.1419	820	0,726	0,974	993	0,480	235	0,656	42	0,389	0,9
17	0.4218	540	0,716	0,625	226	0,748	503	0,341	47	0,341	3,70
18	0.9157	990	0,912	0,460	114	0,435	901	0,965	76	0,863	3,70
19	0.7922	80	0,541	0,284	118	0,624	578	0,412	82	0,813	6,80
20	0.9594	440	0,566	0,688	72	0,865	846	0,939	10	0,947	6
21	0.6557	110	0,586	0,823	410	0,677	741	0,379	18	0,286	7,90
22	0.358	960	0,695	0,538	453	0,468	590	0,498	36	0,345	3,70
23	0.8491	10	0,915	0,272	372	0,439	254	0,270	6	0,279	2,10
24	0.9339	770	0,901	0,413	765	0,562	669	0,712	52	0,591	0,9
25	0.6787	810	0,53	0,322	631	0,538	92	0,344	34	0,354	7,70
26	0.7577	870	0,699	0,424	774	0,487	629	0,236	18	0,916	2,10
27	0.7431	90	0,763	0,552	933	0,646	664	0,778	21	0,279	3,90
28	0.3922	400	0,708	0,621	973	0,794	732	0,477	90	0,235	5,50
29	0.6555	260	0,828	0,565	200	0,539	891	0,728	67	0,645	2,30
30	0.1712	800	0,813	0,900	147	0,543	982	0,507	47	0,817	6,40
31	0.7060	430	0,645	0,614	699	0,299	771	0,701	91	0,449	4,80
32	0.319	910	0,715	0,954	102	0,219	585	0,217	11	0,343	1,60
33	0.2769	190	0,507	0,710	530	0,432	929	0,928	74	0,471	7,80
34	0.462	270	0,992	0,966	535	0,454	584	0,840	73	0,368	1
35	0.972	150	0,583	0,392	862	0,722	26	0,796	56	0,608	3
36	0.8234	140	0,553	0,740	490	0,965	129	0,850	19	0,925	2,40
37	0.6948	870	0,686	0,431	399	0,948	864	0,506	60	0,703	5,30
38	0.3171	580	0,599	0,737	674	0,566	489	0,693	30	0,281	1
39	0.9502	550	0,744	0,756	743	0,392	846	0,660	14	0,512	4,10
40	0.345	150	0,669	0,254	524	0,811	217	0,624	22	0,243	1,10
41	0.4388	850	0,975	0,403	354	0,807	556	0,420	89	0,601	1,20
42	0.3816	620	0,96	0,379	158	0,792	633	0,398	8	0,545	7,80
43	0.7655	350	0,526	0,734	590	0,794	41	0,561	25	0,998	2,90
44	0.7952	510	0,868	0,875	269	0,284	618	0,382	6	0,849	6
45	0.1869	400	0,634	0,475	54	0,745	368	0,843	44	0,588	9,60
46	0.4898	80	0,711	0,824	757	0,570	59	0,988	2	0,915	4,30
47	0.4456	240	0,773	0,740	250	0,369	494	0,223	89	0,310	6,90
48	0.6463	130	0,971	0,205	447	0,278	200	0,628	20	0,512	7,60
49	0.7093	190	0,708	0,681	690	0,858	131	0,269	10	0,941	4,30
50	0.7547	240	0,991	0,509	365	0,340	213	0,841	31	0,933	6,50
51	0.2760	420	0,65	0,932	738	0,330	155	0,991	46	0,770	1,10
52	0.6797	50	0,85	0,200	400	0,732	197	0,253	11	0,694	9,30
53	0.6551	900	0,833	0,569	686	0,915	52	0,951	99	0,474	1,90
54	0.1626	940	0,769	0,539	707	0,613	638	0,214	33	0,948	2,70
55	0.1190	490	0,849	0,568	447	0,762	289	0,747	30	0,299	7,90
56	0.4984	490	0,833	0,816	29	0,322	543	0,826	7	0,784	4,90
57	0.9597	340	0,589	0,457	337	0,962	698	0,627	30	0,717	7,70
58	0.3404	900	0,564	0,827	430	0,632	504	0,908	5	0,866	4
59	0.5853	370	0,999	0,577	277	0,743	540	0,919	51	0,518	2,80
60	0.2238	120	0,585	0,228	205	0,229	450	0,700	76	0,799	0,4
61	0.7512	780	0,516	0,340	823	0,847	132	0,310	63	0,868	6,70
62	0.2551	390	0,78	0,777	435	0,798	495	0,374	9	0,457	4,30
63	0.5060	240	0,94	0,578	888	0,296	854	0,345	9	0,641	4,50
64	0.6991	400	0,834	0,322	397	0,620	875	0,233	77	0,983	6,10
65	0.8909	100	0,595	0,472	771	0,460	277	0,285	90	0,639	0,6
66	0.9592	140	0,684	0,685	402	0,637	216	0,693	53	0,464	3,20

67	0.5472	940	0,73	0,353	810	0,519	569	0,951	11	0,695	7,70
68	0.1387	950	0,99	0,790	757	0,532	643	0,483	82	0,488	6,90
69	0.1493	570	0,578	0,394	383	0,344	422	0,528	34	0,805	1,30
70	0.2575	60	0,927	0,933	223	0,404	213	0,987	30	0,531	1,30
71	0.8407	240	0,822	0,415	792	0,216	948	0,956	74	0,593	1
72	0.2543	350	0,688	0,812	949	0,938	91	0,741	2	0,755	0,1
73	0.8143	820	0,595	0,350	334	0,722	114	0,990	5	0,978	4,20
74	0.2436	20	0,714	0,429	674	0,946	150	0,813	67	0,462	6,50
75	0.9292	50	0,741	0,272	444	0,330	174	0,469	60	0,870	7,20
76	0.3500	170	0,56	0,660	835	0,936	624	0,729	53	0,791	5,30
77	0.1966	650	0,794	0,746	771	0,835	577	0,395	73	0,963	1,10
78	0.2511	730	0,613	0,637	175	0,661	61	0,436	71	0,225	6,30
79	0.6160	650	0,692	0,540	863	0,552	931	0,744	78	0,485	1,30
80	0.4733	450	0,791	0,715	989	0,406	731	0,622	29	0,730	1,40
81	0.3517	550	0,625	0,718	519	0,801	740	0,529	69	0,425	1
82	0.8308	300	0,645	0,743	885	0,382	72	0,682	56	0,384	1,50
83	0.5853	740	0,808	0,708	592	0,251	861	0,800	40	0,768	1,70
84	0.5497	190	0,632	0,956	163	0,813	935	0,666	7	0,699	2
85	0.9172	680	0,912	0,367	207	0,736	984	0,641	78	0,672	3,20
86	0.2859	190	0,991	0,767	412	0,772	860	0,666	34	0,728	3,20
87	0.7572	370	0,865	0,388	751	0,713	787	0,609	61	0,238	2,20
88	0.7537	620	0,671	0,295	827	0,535	518	0,266	74	0,479	2,50
89	0.3805	780	0,792	0,685	792	0,512	185	0,775	11	0,561	8,90
90	0.5678	90	0,553	0,560	325	0,852	404	0,996	13	0,392	7
91	0.759	930	0,953	0,566	538	0,453	142	0,483	55	0,772	5,60
92	0.540	770	0,939	0,729	99	0,851	40	0,977	49	0,884	1,90
93	0.5308	490	0,908	0,816	120	0,831	939	0,477	89	0,425	2,10
94	0.7791	440	0,63	0,480	144	0,881	308	0,909	80	0,784	0,8
95	0.9340	450	0,797	0,729	681	0,604	302	0,563	73	0,310	9,10
96	0.1299	310	0,511	0,532	500	0,708	339	0,530	6	0,869	7
97	0.5688	510	0,712	0,873	197	0,960	472	0,374	8	0,310	5,60
98	0.4694	510	0,656	0,866	500	0,555	651	0,300	9	0,670	3,20
99	0.120	810	0,58	0,405	156	0,248	34	0,447	80	0,492	1,70
100	0.3371	790	0,589	0,690	64	0,893	843	0,780	94	0,845	6,20