

W. Ciećwierz, R. Płowiec

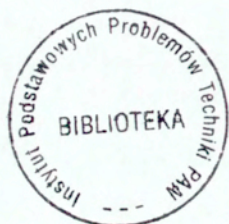
WPLYW IMPEDANCJI GENERATORA I OBWODÓW
POŚREDNICH NA IMPEDANCJĘ PLAZMY
W ZASTOSOWANIU DO NAPYLANIA
MAGNETRONOWEGO CIENKICH WARSTW
W POLU WIELKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

8/1994

P. 269



Praca wpłynęła do Redakcji dnia 21 grudnia 1993 r.



56640



N a p r a w a c h r ę k o p i s u

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN
Nakład 100 egz. Ark.wyd. 1,00 Ark.druk.1,25
Oddano do drukarni w marcu 1994 r.

Wydawnictwo Spółdzielcze sp. z o.o.
Warszawa, ul.Jasna 1

Wojciech Ciećwierz
Ryszard Piowiec
Zakład Akustyki
Fizycznej
IPPT PAN

WPLYW IMPEDANCJI GENERATORA I OBWODÓW POŚREDNICH NA IMPEDANCJE
PLAZMY W ZASTOSOWANIU DO NAPYLANIA MAGNETRONOWEGO CIENKICH WARSTW
W POLU WIELKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

STRESZCZENIE

W oparciu o pomiary parametrów napyłania magnetronowego w polu w. cz. tj. pojemności i przewodności plazmy w czasie wyładowania plazmowego w funkcji ciśnienia cząstkowego argonu oraz dostarczonej mocy z generatora wielkiej częstotliwości, dokonano obliczeń elementów układu dopasowującego wyrzutnię magnetronowa do oporności falowej kabla prowadzącego energię w.cz. z generatora. Opisano wykonany układ dopasowujący oraz omówiono jego działanie w praktyce.

1. WSTEP

Przetworniki piezoelektryczne pracujące w zakresie częstotliwości powyżej 100 MHz znajdują obecnie szerokie zastosowanie w różnych przyrządach stosowanych w akustyce ultradźwiękowej. Przyrządy tego typu mogą działać zarówno na fale objętościowe /BAW/, jak też powierzchniowe /SAW/. Spośród nich można tu wymienić przyrządy akustyczne takie jak linie opóźniające, modulatory światła, rezonatory, filtry, konwoluty, chemosensory, sensory gazów oraz temperatury, przetworniki fal objętościowych w badaniach NDT, w mikroskopii akustycznej itp [1,2].

Technologię otrzymywania przetworników piezoelektrycznych pracujących w zakresie częstotliwości powyżej 100 MHz można podzielić na dwie grupy:

- przetworniki łączone z podłożem za pomocą różnego rodzaju cienkich warstw pośrednich [3,4].
- przetworniki cienkowarstwowe osadzone bezpośrednio na podłożu.

Do łączenia przetworników piezoelektrycznych z podłożem jako warstwy pośrednie używane są tworzywa syntetyczne /zwykle epoksydowe, akrylowe oraz silikonowe/ oraz warstwy metaliczne takie, jak ind i złoto. Po wykonaniu połączenia przetworniki są mechanicznie ścielane poprzez szlifowanie proszkami szlifierskimi /karborundowymi i alundowymi/. Maksymalne częstotliwości pracy tego typu przetworników dochodzą do ok. 300 - 350 MHz. Odpowiada to grubościom samych przetworników rzędu pojedynczych mikrometrów /gdy grubość przetwornika maleje, częstotliwość rezonansowa przetwornika rośnie/. Technologia przetworników łączonych jest pracochłonna, niepowtarzalna, wymaga dużej precyzji i praktycznie trudno jest wykonać tą techniką przetworniki pracujące powyżej 200 MHz [4]. Natomiast w przypadku przetworników cienkowarstwowych osadzanych bezpośrednio na podłożu trudno jest uzyskać warstwy grubsze od 10 μm /grubsze warstwy łatwo się łuszcza/. Otrzymywane tą metodą warstwy są powtarzalne. W jednym procesie otrzymywania cienkiej warstwy można osadzać warstwy jednocześnie na wielu podłożach. Problemem jest tu opracowanie techniki osadzania cienkiej warstwy mającej własności zbliżone do monokryształu oraz o dobrej przyczepności do podłoża [5,6].

Materiały piezoelektryczne stosowane jako przetworniki cienkowarstwowe osadzane bezpośrednio na podłożu to: tlenek cynku - ZnO , azotek aluminium - AlN , siarczek kadmu - CdS , niobian litu - LiNbO_3 , ceramika piezoelektryczna. Grubości warstw są od dziesiątych części mikrometra do ok. 10 μm . Odpowiada to częstotliwościom pracy przetworników w granicach od ok. 100-200 megaherców do kilku-kilkunastu gigaherców.

Na podłoża używane są materiały charakteryzujące się małym współczynnikiem tłumienia fali ultradźwiękowej. Do tego typu materiałów należą między innymi: kwarc topiony / SiO_2 /, szafir / Al_2O_3 /, rutil / TiO_2 /, YAG /granat - $\text{Y}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ /, niobian litu / LiNbO_3 /, tantalit litu / LiTaO_3 /, krzem, arsenek galu / GaAs / [4].

Istnieje wiele metod nanoszenia na podłoża zorientowanych cienkich warstw. Metody te można podzielić na trzy grupy [9]:

1. Chemiczne metody otrzymywania cienkich warstw [6,8,9]
 - z roztworów /reakcje chemiczne lub elektrochemiczne/;
 - z fazy gazowej /pyroliza, epitaksja/.
2. Fizykochemiczne metody otrzymywania cienkich warstw
 - nanoszenie plazmowe warstw nieorganicznych;
 - polimeryzacja plazmowa.

3. Fizyczne metody otrzymywania cienkich warstw [9].

Fizyczne metody otrzymywania cienkich warstw są procesami próżniowymi. Różnią się one pomiędzy sobą zarówno pod względem ciśnień, przy których jest prowadzony proces nanoszenia cienkich warstw, jak i mechanizmu uwalniania ze źródła cząsteczek наносzonego materiału. Jedną z metod jest katodowe napylenie cienkich warstw z wykorzystaniem pola magnetycznego. Wariantem tej metody jest napylenie z wykorzystaniem tzw. wyrzutni magnetronowej planarnej pracującej w polu wielkiej częstotliwości, zwykle 13.56 MHz [9,10].

2. DOPASOWANIE IMPEDANCJI WYRZUTNI MAGNETRONOWEJ I GENERATORA W.CZ.

Napylenie magnetronowe w polu w.cz. jest w chwili obecnej intensywnie wykorzystywane do nanoszenia cienkich warstw metalicznych, dielektrycznych oraz nadprzewodzących [9,11]. Dobre dopasowanie elektryczne wyrzutni magnetronowej do impedancji kabla prowadzącego energię z generatora w.cz. /zwykle 13.56 MHz/ ma duże znaczenie ze względu na szkodliwy wpływ promieniowania elektromagnetycznego. Moc w.cz. wygenerowana w generatorze jest transmitowana poprzez kabel współosiowy o impedancji falowej zwykle 50 Ω do wyrzutni magnetronowej. Ponieważ impedancja wyrzutni magnetronowej różni się znacznie od impedancji falowej kabla, część mocy w.cz. zostaje odbita i powraca do generatora. W kablu tworzy się fala stojąca o możliwym do zmierzenia współczynniku fali stojącej /WFS /. Ponadto część mocy w.cz. powraca do stopnia końcowego generatora w.cz. Tak więc moc odbita jest wytracana w kablu oraz w stopniu końcowym generatora, a w szczególności w lampie nadawczej, którą zwykle bywa tetroda. Duża moc odbita może więc spowodować spalenie kabla lub uszkodzenie lampy nadawczej poprzez przegrzanie. Chcąc "wompować" większą moc do wyrzutni magnetronowej trzeba zwiększyć znacznie moc padającą i bez układu dopasowującego rośnie moc odbita zgodnie ze wzorem /1/:

$$P_{odb} = P_c - P_{pad} \quad /1/$$

gdzie: P_{odb} - moc odbita,

P_c - moc całkowita,

P_{pad} - moc padająca do wyrzutni magnetronowej.

Tak więc zwiększanie mocy całkowitej w celu zwiększania mocy padającej

ma niekorzystny wpływ ze względu na wzrost szkodliwego promieniowania elektromagnetycznego oraz zwiększone ryzyko uszkodzenia kabla w.cz. i stopnia końcowego generatora w.cz. Niezbędne staje się więc użycie układu dopasowującego, tzw. "match-box".

W celu właściwego dopasowania impedancji wyjściowej stopnia końcowego generatora w.cz. do impedancji wyładowania plazmowego /impedancji wejściowej wyrzutni magnetronowej w czasie pracy/, a zatem przesłanie maksymalnej mocy jest niezbędne spełnienie następującego warunku [16]:

$$Z_1 = Z_g^* \quad /2/$$

gdzie: Z_1 - zespolona impedancja obciążenia /plazmy/,

Z_g^* - zespolona sprzężona impedancja wyjściowa generatora.

Zakładając, że zarówno impedancja generatora jak też obciążenia jest czysto rzeczywista, patrząc na rysunek 1 można zapisać [3]:

$$P_{\text{pad}} = I_0^2 \times R_L / 2 \quad /3/$$

$$P_{\text{pad}} = V_0^2 \times R_L / 2 R_G + R_L^2 \quad /4/$$

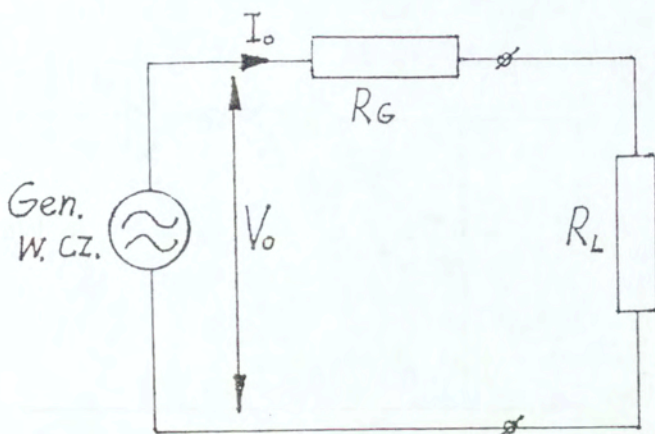
gdzie: R_G - jest opornością generatora,

R_L - jest opornością plazmy,

I_0 - jest amplituda prądu w.cz.,

V_0 - jest amplituda napięcia w.cz.

Z równania /4/ wynika, że dla danej wartości amplitudy napięcia V_0 , moc padająca P_{pad} jest maksymalna, gdy $R_G = R_L$ /oporność generatora równa się oporności plazmy/. Ponieważ impedancja plazmy zmienia się wraz z parametrami technologicznymi procesu napyłania, takimi jak: ciśnienie robocze gazu dozowanego, powierzchnia targetu, odległość pomiędzy targetem a podłożem oraz wielkością pola magnetycznego pod targetem. W związku z tym niezbędne jest zastosowanie regulowanego układu, dopasowującego stałą wartość oporności falowej kabla /50 Ω / do zmieniającej się każdorazowo impedancji plazmy. Zakłada się przy tym, że oporności wyjściowa generatora wielkiej częstotliwości jest równa oporności falowej kabla i wynosi 50 Ω .



Rys. 1. Schemat zastępczy układu: generator w.c.z. - magnetron

Istnieje wiele układów realizujących dopasowanie impedancji [12,13,16,17]. Można je podzielić na:

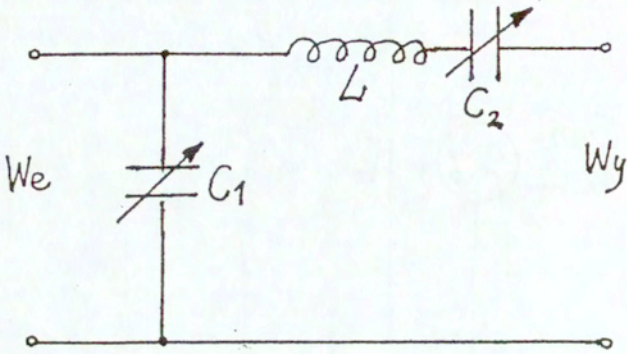
-dopasowanie za pomocą własności transformujących linii długich. Ten typ dopasowania jest trudny do realizacji w praktyce, gdyż wraz ze zmianą impedancji plazmy musi się zmieniać długość fizyczna kabla doprowadzającego energię w.c.z.

-dopasowanie za pomocą układów dopasowujących typu L, M i Π .

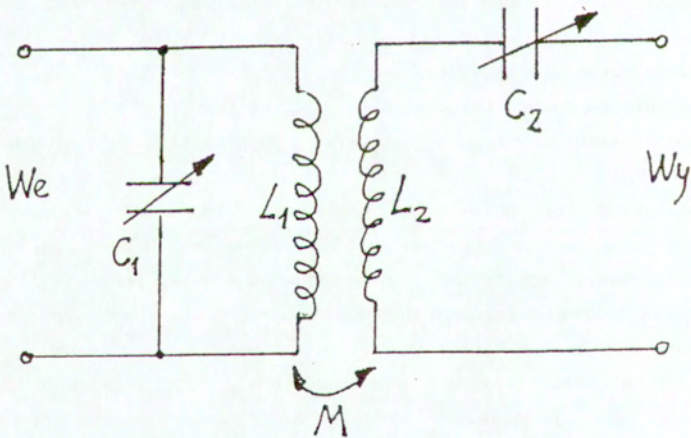
Układ dopasowujący typu L jest układem najprostszym, ale niestabilnym /rys.2/.

Ponadto układ ten pozwala na dopasowanie impedancji w ograniczonym zakresie.

Układ dopasowujący typu M /rys.3/ zapewnia dobre i stabilne dopasowanie w szerokim zakresie impedancji oraz częstotliwości. Wadą tego układu są trudności w wykonaniu samego transformatora w.c.z. o regulowanym sprzężeniu magnetycznym. Ponadto układ ten ma duże straty, ale ze względu na płynną regulację jest najczęściej wykorzystywany w automatycznych układach dopasowujących.



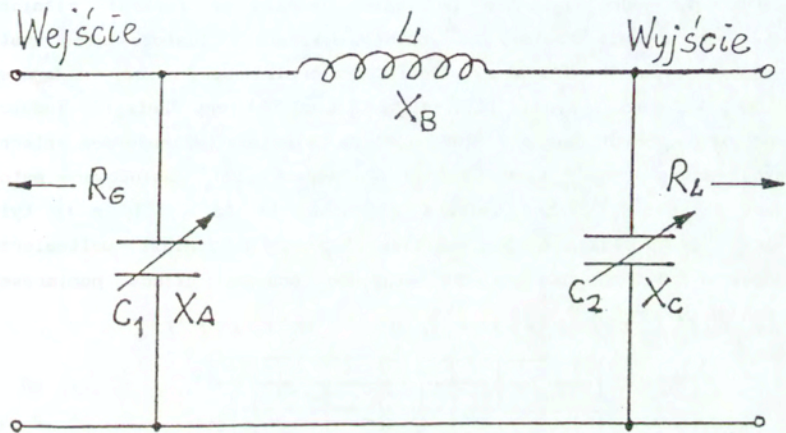
Rys. 2. Układ dopasowujący typu L



Rys. 3. Układ dopasowujący typu M

Optymalnym dla celów napyłania magnetronowego wydaje się być układ dopasowujący typu II, który charakteryzuje się dużą elastycznością

dopasowania w szerokim zakresie zmian impedancji obciążenia oraz prostota konstrukcji. Wadą tego układu są dość duże straty mocy [16,17]. Istnieją cztery konfiguracje układów dopasowujących typu II [16]. Jako układ dopasowujący do napylania magnetronowego najlepiej nadaje się układ typu III /rys. 4/.



Rys. 4. Układ dopasowujący typu III

Równania opisujące ten układ mają następującą postać [12,16]:

$$X_A = \frac{R_G R_L \sin \beta}{R_L \cos \beta - \sqrt{R_G R_L}} \quad /5/$$

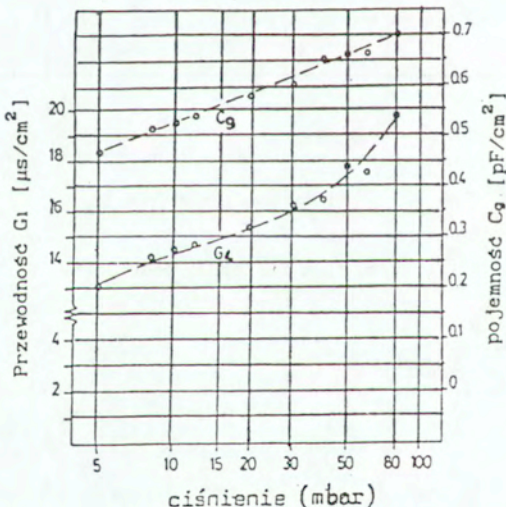
$$X_B = R_G R_L \sin \beta \quad /6/$$

$$X_C = \frac{R_G R_L \sin \beta}{R_G \cos \beta - \sqrt{R_G R_L}} \quad /7/$$

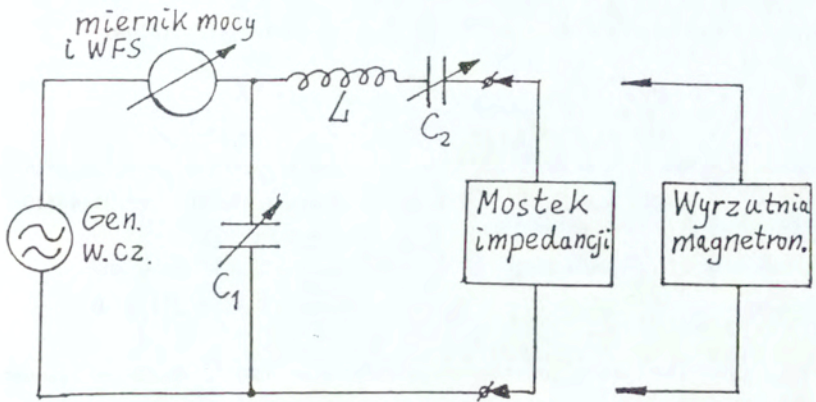
gdzie β jest kątem fazowym pomiędzy wejściem a wyjściem [12,16].

3. IMPEDANCJA PLAZMY

W celu obliczenia parametrów układu typu III dopasowującego impedancję wyrzutni magnetronowej do impedancji generatora w.cz. niezbędna jest znajomość pojemności oraz przewodności plazmy w funkcji: mocy padającej, częstotliwości, pola magnetycznego oraz ciśnienia roboczego /cząstkowego argonu/ wyrzutni magnetronowej. Na rysunku 5 przedstawiono wykresy z pomiarów przewodności oraz pojemności plazmy w funkcji ciśnienia cząstkowego argonu. Pomiarzy te zostały wykonane z zastosowaniem mostka impedancji typu BM 538 f-my "Tesla", miernika mocy w.cz. padającej, odbitej i WFS /współczynnik fali stojącej/ typu 700 f-my "Zetagi". Indukcja magnetyczna wyrzutni magnetronowej została zmierzona teslomierzem /miernik indukcji magnetycznej/ typu TH 26 f-my "Aspan" [10]. Zastosowano metodę pomiaru impedancji plazmy opisaną w pracach [12,13,14,15], z tą tylko różnicą, że posłużono się mostkiem impedancji zamiast woltomierzem wektorowym. Na rysunku 6 przedstawiono schemat układu pomiarowego impedancji plazmy.



Rys. 5 Przewodność i pojemność plazmy w funkcji ciśnienia cząstkowego argonu dla częstotliwości $f = 13.5$ MHz oraz gęstości mocy w.cz. 1.5 W/cm²



Rys. 6 Układ pomiarowy impedancji plazmy

Do dalszych obliczeń impedancji plazmy wykorzystano dane z wykresu z rys.5. Przed tym jednak zmierzono średnice wykonanych w Zakładzie Akustyki Fizycznej IPPT PAN wyrzutni magnetronowych : $D = 5.5 \text{ cm}$, z tego wynika pole powierzchni targetu $S = 23.75 \text{ cm}^2$. W dalszej kolejności dokonano pomiarów pola magnetycznego [10]. Indukcja magnetyczna jest rzędu 20 mT, natomiast zmiany ciśnienia cząstkowego argonu zawierają się w granicach 5 - 80 mbar [10], przy częstotliwości pracy generatora w.cz. 13.5 MHz.

Korzystając z pomiarów z wykresu z rys. 5, obliczono:

zmiany pojemności plazmy w granicach: $C_G = 11.875 - 16.625 \text{ pF/}$,

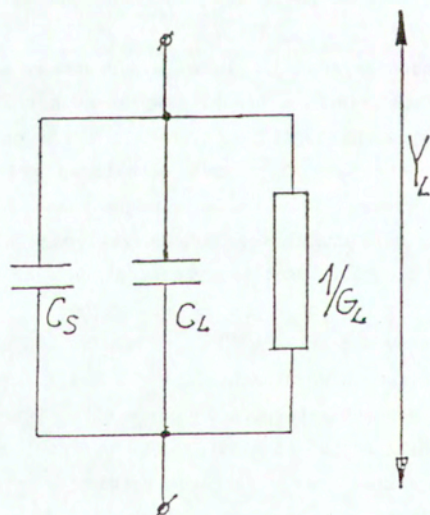
zmiany przewodności plazmy w granicach: $G_G = 285 - 451 \text{ } \mu\text{S/}$.

Zmierzono następnie za pomocą stałoprądowego mostka impedancji /typu E 314, f-my "Meratronik/ pojemność statyczna C_s wyrzutni magnetronowych: z targetem ceramicznym /ZnO/ oraz z targetem metalowym /miedź/ i otrzymano wyniki podane w tabeli 1.

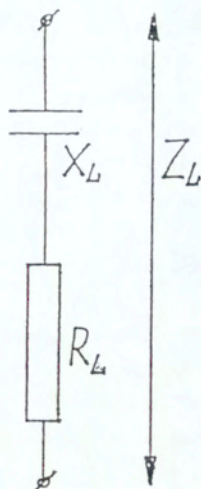
Tabela 1.

Target ceramiczny	Target metalowy
$C_s = 107 \text{ /pF/}$	$C_s = 151 \text{ /pF/}$
$C_L = C_c + C_s = 118 - 124 \text{ /pF/}$	$C_L = 163 - 168 \text{ /pF/}$
$Y_{Lmin} = 285 \cdot 10^{-6} + j10^{-3} \text{ /S/}$	$Y_{Lmin} = 285 \cdot 10^{-6} + j1.4 \cdot 10^{-2} \text{ /S/}$
$Y_{Lmax} = 451 \cdot 10^{-6} + j1.05 \cdot 10^{-2} \text{ /S/}$	$Y_{Lmax} = 451 \cdot 10^{-6} + j1.43 \cdot 10^{-2} \text{ /S/}$
$Z_L = 1/Y_L$	$Y_L = G_L + j\omega C_G$
$Z_{Lmin} = 4.08 - j95 \text{ /}\Omega\text{/}$	$Z_{Lmin} = 2.2 - j69.9 \text{ /}\Omega\text{/}$
$Z_{Lmax} = 2.85 - j100 \text{ /}\Omega\text{/}$	$Z_{Lmax} = 1.45 - j71.4 \text{ /}\Omega\text{/}$

Y_L - jest zespoloną przewodnością plazmy - rys.7, a Z_L - impedancja zespolona plazmy - rys. 8.



Rys. 7. Obwód zastępczy równoległy wyładowania plazmowego [12]



Rys. 8. Obwód zastępczy szeregowy wyładowania plazmowego [12]

Tak więc korzystając z danych z tabeli 1 i przyjmując obwód zastępczy z rys. 8, otrzymujemy zmiany impedancji Z_L w zakresie:

$$Z_L = 1.4 - 4.1 - j/69 - 100 / \Omega / \quad /8/$$

czyli: $R_L = 1.4 - 4.1 / \Omega / \quad /9/$

$$X_L = 69 - 100 / \Omega / \quad /10/$$

Ponadto na podstawie rys. 7 dla obwodu zastępczego równoległego można obliczyć rezystancję plazmy R_L jako $R_L = 1/G_L$ i dla naszego przypadku wyrzutni magnetronowych rezystancja R_L zawiera się w granicach:

$$R_L = 2.22 - 3.5 / k\Omega / \quad /11/$$

4. OBLICZANIE I WYKONANIE UKŁADU DOPASOWUJĄCEGO TYPU II

Jak już wspomniano w rozdziale 2 układ dopasowujący jest obliczany dla przypadku zmiennej impedancji /susceptancji/ plazmy obliczonej jak wyżej /tabela 1/, dopasowywanej do stałej impedancji falowej kabla, równej 50Ω . Taki przypadek ma miejsce w praktyce, gdyż impedancja falowa kabla jest dopasowana do impedancji wyjściowej generatora. Zmiany impedancji plazmy związane są, między innymi /rozdział 3/, ze zmianami ciśnienia gazu

roboczego w granicach 5 - 80 mbar. Korzystając ze wzorów /5/, /6/, /7/, zakładając kąt β zmieniający się w granicach $\beta = 167^\circ - 170^\circ$ [7, 8] oraz przyjmując obliczone wartości R_L i X_L zarówno dla układu zastępczego równoległego, jak też szeregowego /wartości: /9/, /10/ i /11//, otrzymuje się następujące wartości elementów układu dopasowującego typu III z rys. 4 dla wyrzutni magnetronowych /tabela 2/:

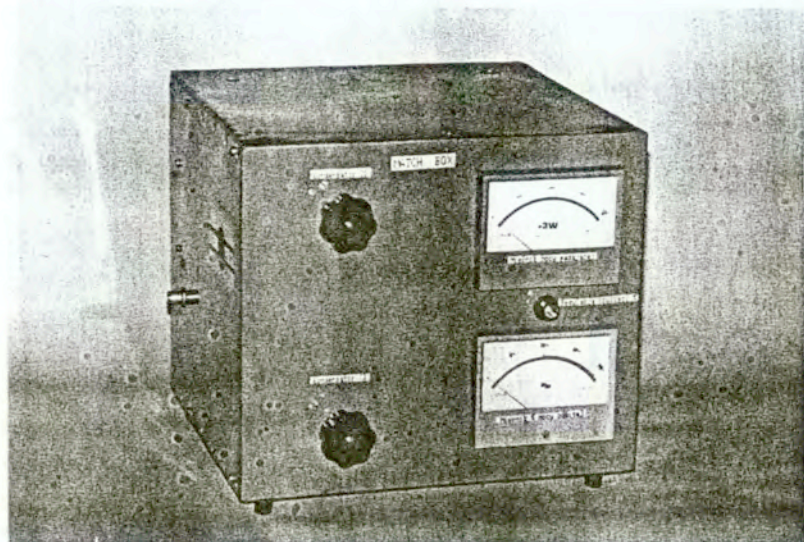
Tabela 2.

Indukcyjność $L = 0.86 \mu\text{H}$ /odpowiada to cewce o 5 zwojach,
średnicy 6 cm i długości 7 cm [16, 17];
pojemność $C_1 = 1200 - 1500 \text{ pF}$ /zmiana pojemności o 300 pF/;
pojemność C_2 /pomniejszona o pojemność statyczną wyrzutni
magnetronowych C_s /;
 $C_2 = 30 - 80 \text{ pF}$ /regulacja pojemności w granicach 50 pF/.

W dalszej kolejności wykonano układ dopasowujący /"match-box"/ o wartościach elementów jak w tabeli 2. Kondensatory powietrzne zmienne obrotowe C_1 i C_2 zostały zaprojektowane [16], a następnie wykonane z blachy duraluminiowej /PA-6/ o grubości 1 mm. Odległości pomiędzy okładkami kondensatorów powietrznych są rzędu 2.5 mm, ze względu na możliwość przebicia dielektrycznego. Elementy izolacyjne kondensatorów wykonano z teflonu /materiał o małych stratach dielektrycznych/. Kondensator C_1 składa się z 20 płytek stałych i 19 obrotowych, każda o powierzchni ok. 40 cm^2 - zmierzone zmiany pojemności mostkiem RLC /typ E-314, f-my "Meratronik"/ wynosiły od 76 pF do 448 pF. Kondensator C_2 składa się z 4 płytek stałych i z 3 płytek ruchomych /o powierzchni ok. 40 cm^2 każda/ - zmierzone zmiany pojemności: od 34 pF do 86 pF. Kondensator C_1 został dodatkowo zbocznikowany doświadczalnie dobraną pojemnością o wartości 900 pF /kondensator ceramiczny o napięciu przebicia 6 kV/.

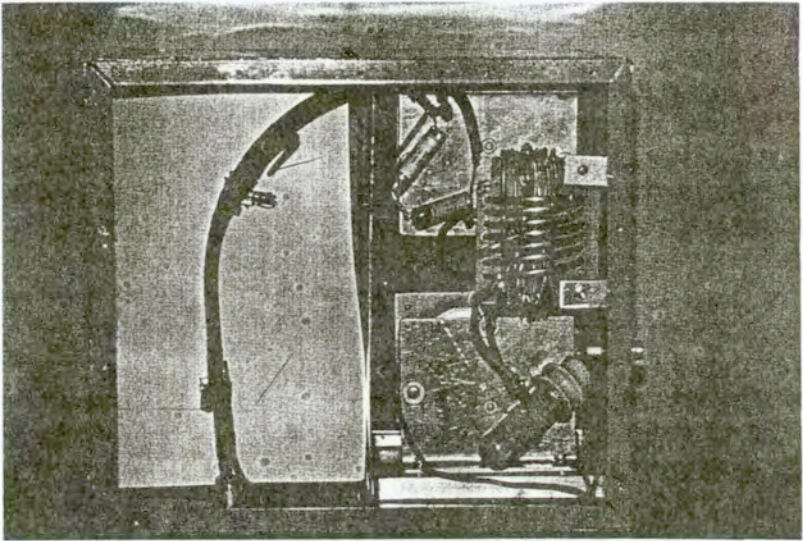
Cewkę L o parametrach jak w tabeli 2 wykonano z miedzianej rurki o średnicy $\phi = 4 \text{ mm}$. Cewka ta ma 7 zwojów i ma przesuwane i regulowane odczepy w celu praktycznego dobrania jej indukcyjności. Zmierzona dobroć tak wykonanej cewki wynosiła $Q = 200$. Następnie wszystkie elementy układu dopasowującego zostały zamontowane w metalowej lakierowanej obudowie /fotografie na rysunkach 9 i 10/. Na zewnątrz wyprowadzono pokrętła do regulacji kondensatorów C_1 i C_2 . Cały układ dopasowujący został wyposażony w

reflektometr - układ do pomiaru mocy padającej /bezpośrednio do wyrzutni magnetronowej/ oraz mocy odbitej /od wyrzutni magnetronowej/.

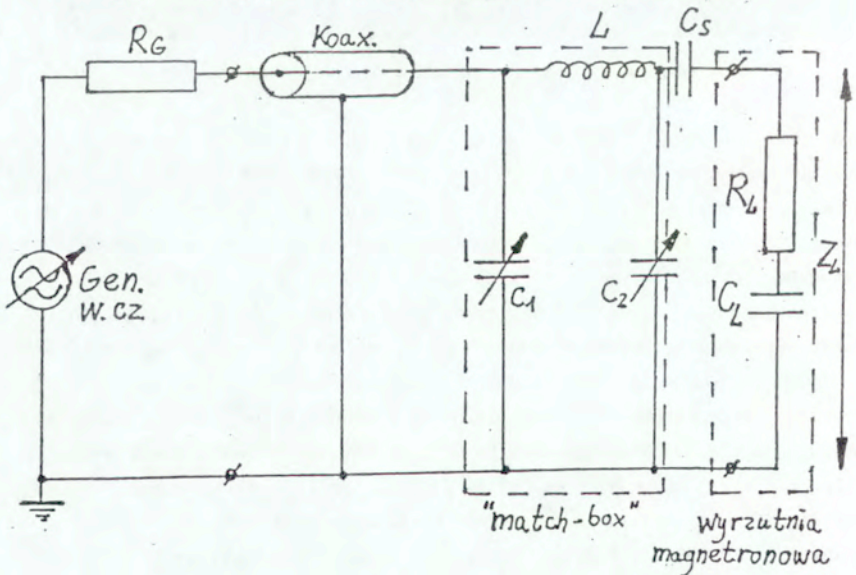


Rys. 9. Wygląd wykonanego układu dopasowującego /match-box/

Oba mierniki mocy w.cz. padającej i odbitej zostały wyskalowane przy użyciu miernika mocy w.cz. model 700 f-my "Zetagi", generatora w.cz./wykonanego w ZAF IPPT, o mocy regulowanej w granicach 50 - 1000 W i częstotliwości 13.5 MHz/ oraz sztucznego obciążenia 50 Ω /moc 1000 W/. To sztuczne obciążenie zostało wykonane z 20 sztuk oporników węglowych /bezindukcyjnych/ typu MGRM 63 /"Telpod"/ o oporności 1 k Ω i mocy 63 W każdy. Oporniki te połączono równolegle i umieszczono w metalowej obudowie z otworami chłodzącymi. W celu otrzymania oporności czysto rzeczywistej, dobrano doświadczalnie rozmieszczenie przestrzenne tych oporników, posługując się mostkiem impedancji typu BM 538 f-my "Tesla". W efekcie, w zależności od długości kabla /od 20 cm do 100 m/ łączącego mostek impedancji ze sztucznym obciążeniem, udało się uzyskać zmiany oporności w granicach 42 - 58 Ω i fazy w granicach $\pm 4^\circ$ dla częstotliwości 13.5 MHz. Następnie przystąpiono do prób układu dopasowującego pracującego z wyrzutnią magnetronową oraz generatorem w.cz. /rys. 11/.



Rys. 10. Wygląd wnętrza wykonanego układu dopasowującego



Rys. 11. Układ pracy wyrzutni magnetronowej w module w.c.z.

- C_5 pojemność sprzęgająca /600 pF, 9 kV/

Poprzez zmianę pojemności kondensatorów C1 i C2 układu dopasowującego oraz zmianę indukcyjności cewki L starano się zminimalizować moc odbita, jednocześnie "zapalając" /jonizując argon w komorze próżniowej/ wyrzutnie magnetronowa /z targetem z miedzi/. W efekcie dla różnych ciśnień cząstkowych argonu w granicach 10^{-2} - 10^{-3} mbar w komorze próżniowej i różnych poziomów mocy w.cz. z generatora w granicach 100 - 500 W, poprzez zmianę pojemności C1 i C2 oraz indukcyjności L, udawało się minimalizować moc odbita na poziomie 5 - 15 % mocy padającej. Ostatecznie praktycznie ustalono wartości elementów układu dopasowującego:

Pojemność C1: zmiana w granicach od 1000 pF do 1450 pF

/obliczone wartości były w granicach: 1200 - 1500 pF, por. tabela 2/;

Pojemność C2: zmiana w granicach od 34 pF do 86 pF

/obliczone wartości były w granicach 30 - 80 pF, por. tabela 2/;

Indukcyjność L: wartość dobrana doświadczalnie - 0.8 μ H /4 zwoje/

/obliczona wartość: 0.86 μ H - 5 zwojów, por. tabela 2/.

Dodatkowo okazało się, że należy pogorszyć dobroć cewki L, gdyż układ dopasowujący był zbyt czuły na niewielkie odstrojenia. Wykonano więc cewkę o tej samej geometrii, ale z rurki mosiężnej o średnicy $\Phi = 4$ mm. Dobroć nowej cewki wynosiła $Q = 150$ /o 50 mniej niż w przypadku cewki miedzianej/. Indukcyjność L pozostała nie zmieniona /0.8 μ H/. Powtórzono próby z dopasowaniem. Tym razem układ nie był już tak czuły na odstrojenie jak poprzednio, niemniej wydaje się pożądane dalsze zmniejszenie dobroci cewki.

5. ZAKOŃCZENIE

Wykonany w Zakładzie Fizyki Akustycznej IPPT PAN układ /"match-box"/ dopasowujący impedancję generatora w.cz. do impedancji wyrzutni magnetronowych pozwala na przeprowadzanie wielorakich prób technologicznych nad otrzymywaniem różnego rodzaju cienkich warstw metalicznych oraz warstw nieprzewodzących napyłanych w polu wielkiej częstotliwości. Wraz z wykonanymi uprzednio wyrzutniami magnetronowymi [10], stanowiskiem próżniowym, generatorem w. cz. oraz zasilaczem stałoprądowym, układ dopasowujący wchodzi w skład zbudowanego w ZAF stanowiska do napyłania cienkich warstw.

LITERATURA :

- [1] E.D. Matamedi, IEEE Trans.on UFFC, vol. UFFC-34, No 2, March 1987, p.122.
- [2] Y. Ito, K. Kushida i inni, "High-frequency ultrasonic transducer arrays using ZnO thin films", IEEE Ultrasonic Symposium, 1993 /w druku/.
- [3] J. Resenbaum i inni, IEEE Trans. on Sonics and Ultrasonics, vol. SU-32, No 1, January, 1985, p.49.
- [4] E.K. Sittig, Physical Acoustics W.P. Mason ed., vol.IX, Academic Press, NY, 1972, p.221.
- [5] J.de Klerk, Physical Acoustics W.P. Mason ed., vol.IV A, Academic Press, NY, 1966, p.195.
- [6] F.S. Hickernell, Ultrasonic Symposium, 1989, p.285.
- [7] T. Shiosaki, Appl. Phys. Lett., vol. 33, September, 1978, p.406.
- [8] S.K. Ghandi, Appl. Phys. Lett., vol. 37, September, 1980, p.449.
- [9] J.L. Vossen ed., Thin Film Processes, Academic Press, NY, 1978, p.12.
- [10] W. Ciećwierz, Prace IPPT, 42/1992, 1992.
- [11] P.G. Quincy, Meas. Sci. Technol., vol.1, No 8, August, 1990, p.710.
- [12] N. Norström, Vacuum, vol. 29, No 10, 1979, p.341.
- [13] J.S. Logan, N.M. Mazza, The Journal of Vacuum Sci.and Technol., vol.6, No 1, p.120, 1969.
- [14] N. Norström, Vacuum, vol.30, No 6, 1980, p.225.
- [15] G.N. Jackson, Vacuum, vol.11, No 10, 1971, p.533.
- [16] F.E. Terman, "Radio Engineers Handbook", McGraw-Hill, New York, 1943, p.211.
- [17] D.M. Usher and G.A. Cox, Vacuum, vol.31, No 1, 1981, p.23.