

# BADANIA WŁAŚCIWOŚCI SUBSTANCJI STOSOWANYCH DO WYTŁUMIANIA FILTRÓW Z AKUSTYCZNĄ FAŁĄ POWIERZCHNIOWĄ

Bogumiła Niewczas, Elżbieta Dąbrowska, Piotr Nagłowski

W pracy została przedstawiona metoda oceny właściwości substancji, które mogą być zastosowane do wytłumiania niepożądanych odbitych fal powierzchniowych w filtrach z akustyczną falą powierzchniową (AFP). W opisanej metodzie stosuje się filtrową strukturę próbną o dwóch identycznych prostych przetwornikach międzypalczastych. W obszar międzypretwornikowy struktury nakłada się pasek badanej substancji o odpowiedniej szerokości. Opisano sposób nakładania warstw wytłumiających i wyniki badań wybranych kompozycji epoksydowych i substancji światłoczułych.

## 1. WPROWADZENIE

Filtry z akustyczną falą powierzchniową (AFP) z dwukierunkowymi przetwornikami (nadajnikiem i odbiornikiem) generują akustyczną falę powierzchniową w kierunku od przetwornika nadawczego do przetwornika odbiorczego, a także w kierunku krawędzi chipu przyległej do nadajnika. Fala ta odbija się od obydwu krawędzi chipu. Powstają w ten sposób niepożądane sygnały akustyczne, które zmieniając charakterystykę częstotliwościową filtru. Pokrywanie materiałem absorpcyjnym wolnych powierzchni filtru, szczególnie przy krawędziach chipu, ogranicza poziom tych sygnałów. Do tego celu używane są związki wielkocząsteczkowe, jak kauczuki silikonowe, żywice epoksydowe, poliimidy oraz smary, parafiny, woski, fotorezysty, fotopolimery na bazie żywic epoksydowych [1,2,3,4]. Związki te powinny posiadać korzystne właściwości tłumiące i wykazywać odpowiednie właściwości fizykochemiczne tzn.: zwilżalność podłoża, niekorozyjne oddziaływanie na strukturę Al, stabilność termiczną, a w stanie stałym - odpowiednią przyczepność do podłoża i odpowiednią spoiwość wewnętrzną.

Warstwy wytłumiające mogą być nakładane ręcznie, metodą sitodrukową, a doniesienia patentowe firmy Siemens z ostatnich lat mówią o możliwościach stosowania do tego celu techniki fotolitografii [1,2,5,6]. Według literatury patentowej

---

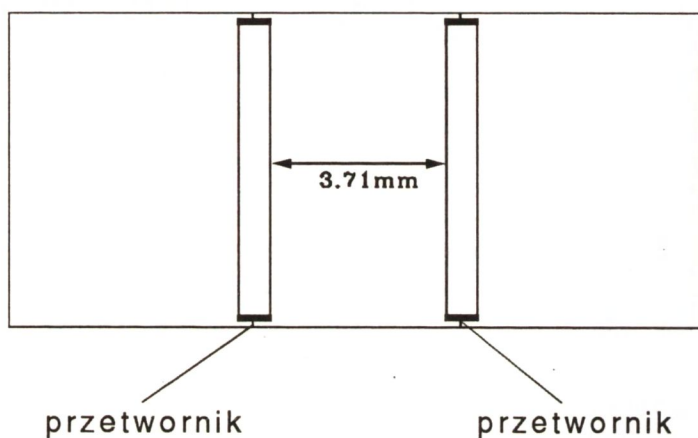
Institut Technologii Materiałów Elektronicznych  
ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

grubość warstw wytłumiających jest zależna od wielkości powierzchni i charakteru wytłumiacza i na ogół jest większa od  $10\ \mu\text{m}$ .

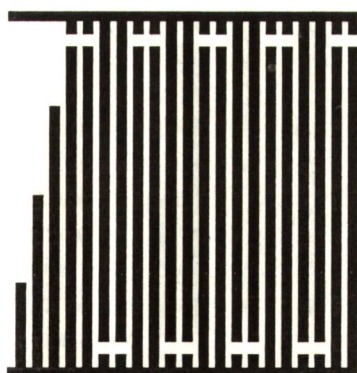
W niniejszym artykule przedstawiono zarys opracowanej metody badania właściwości tłumiących substancji przy użyciu filtrowej struktury próbnej. Struktura ta wykonana na podłożu piezoelektrycznym - niobianu litu o orientacji  $128^\circ\text{YX}$  - umożliwia badanie w zakresie częstotliwości odpowiadającym pasmu przepustowemu typowego filtra TV p.cz.

## 2. METODA BADANIA WŁAŚCIWOŚCI WYŁUMIAJĄCYCH

Zastosowana filtrowa struktura próbna (rys. 1) zawiera dwa identyczne, proste



Rys. 1. Kształt metalizacji filtrowej struktury próbnej do badania zdolności tłumiących żywic i materiałów światłoczułych,



Rys. 2. Schematyczne przedstawienie przetwornika międzypalczastego:

szerokość elektrody:  $13,4\ \mu\text{m}$   
liczba elektrod:  $18 + 3$   
okres struktury:  $26,8\ \mu\text{m}$   
szerokość szyny zbiorczej:  $50\ \mu\text{m}$   
szerokość przerw między elektrodami:  $5\ \mu\text{m}$   
apertura:  $4000\ \mu\text{m}$ .

(nieapodyzowane) przetworniki międzypalczaste. Każdy z nich zawiera 18 elektrod. Odległość między przetwornikami wynosi  $3,71\ \text{mm}$ . Trzy elektrody o długościach wynoszących odpowiednio:  $1/4$ ,  $1/2$  i  $3/4$  apertury filtra umieszczone dodatkowo na krańcach przetworników zapobiegają szkodliwemu wpływowi odbić AFP od przetworników międzypalczastych (rys. 2) [7]. Właściwości tłumiące badanej substancji określa się nakładając metodą sitodruku lub metodą fotolitografii paski substancji o odpowiedniej szerokości w środku obszaru podłoża piezoelektrycznego pomiędzy przetwornikami, równoległe do długości elektrod. Tak uzyskaną strukturę, po dodatkowych zabiegach technologicznych,

przykleja się do przepustu obudowy TS-56 w sposób stosowany przy wytwarzaniu filtrów TV z AFP i poddaje się kolejnym etapom procesu montażowego. Aby uniknąć szkodliwego wpływu odbić od krawędzi chipu, a więc silnego zafalowania pasma przepustowego, krawędce tego chipu wytłumia się ręcznie przy użyciu kompozycji epoksydowej. Następnie wykonuje się pomiary tłumienności wtrącenia struktury filtrowej z badaną substancją pomiędzy przetwornikami i porównuje ich wyniki z tłumiennością wtrącenia struktury filtrowej nie zawierającej badanej substancji. W ten sposób można uzyskać wartość tłumienia wnoszonego przez paski badanych substancji.

### 3. TECHNOLOGIA NAKŁADANIA WARSTW WYTŁUMIAJĄCYCH

We wstępnych próbach została ustalona szerokość paska substancji wprowadzanej w obszar międzyprzetwornikowy. Metodą sitodrukową [8] wprowadzono dwa rodzaje pasków kompozycji epoksydowej stosowanej w produkcji filtrów - o szerokości 1 mm i 3 mm. Na podstawie uzyskanych wartości tłumienności wtrącenia - 32,2 dB dla struktur filtrowych z paskiem 1 mm i 56 dB dla struktur filtrowych z paskiem 3 mm stwierdzono, że przy szerokości 1 mm wielkości tłumienia osiągają poziom wartości dogodnych do dalszych badań. Pasek substancji o szerokości 3 mm powodował zbyt duży wzrost tłumienności wtrącenia.

W metodzie sitodrukowej zastosowano sitodrukarkę Electronic II - Zeico z sitem poliestrowym T 58 o wielkości oczka 105  $\mu\text{m}$ , średnicy nici 63  $\mu\text{m}$  z szablonem sitodrukowym pozwalającym uzyskać szerokość paska substancji badanej 1 mm. Badane substancje nakładano na płytki  $\text{LiNbO}_3$  128°YX o średnicy 76 mm z naparowaną aluminiową strukturą próbną. Grubość warstwy aluminium wynosiła około 0,25  $\mu\text{m}$ . Badaniami objęto żywice epoksydowe ze względu na związaną z nimi łatwość procesu technologicznego oraz ze względu na fakt, że kompozycje tego typu są stosowane przez firmę SIEMENS do wytłumiania produkowanych przez nią filtrów telewizyjnych. Badano następujące żywice: Epidian 57 prod. Zakładów Chemicznych Sarzyna [9], Araldit D i Araldit CY 221 prod. Ciba Geigy [10] oraz Araldit CY 221 z dodatkiem napelnaczy: 5 cz./100 cz. krzemionki koloidalnej (Aerosil) i 20 cz./100 cz. talku. Epidian 57 utwardzano dwuaminą alifatyczną V 214 firmy HÜLS, Araldity zaś - poliaminoamidowym utwardzaczem HY 842. Epidian 57 jest zmodyfikowaną żywicą Epidian 5 zawierającą żywicę poliestrową dodawaną do kompozycji w celu jej uelastycznienia. Naniesione sitodrukiem warstwy posiadały zafalowane krawędzie w wyniku odwzorowania nici sita. Szerokość paska była więc zróżnicowana; w miejscach maksymalnego rozszerzenia była to wartość  $d_z$ , w miejscach minimalnego wcięcia - szerokość  $d_w$ . Ze względu na rozrzut maksymalnej i minimalnej szerokości oraz rozrzut grubości w obrębie badanych płytek, w tabeli 1. podano zakres szerokości i grubości uzyskiwanych warstw.

Inną metodą nakładania warstw wytłumiających, wymienianą w literaturze, jest

Tabela 1. Charakterystyka warstw uzyskiwanych metodą sitodruku.

Lp.	Żywica	$d_z$ [mm]	$d_w$ [mm]	Grubość [ $\mu\text{m}$ ]
1.	Epidian 57	1,10-1,15	1,05-1,10	30-32
2.	Araldit D	1,10-1,20	1,04-1,10	36-40
3.	Araldit CY 221	1,12-1,15	1,00-1,07	28-30
4.	Araldit CY 221 + 20% talku	1,22-1,26	1,13-1,15	33,8-34,2
5.	Araldit CY 221 + 5% Aerosilu	1,10-1,17	1,04-1,06	28-29

metoda fotolitograficzna. Ze względu na wymaganą grubość warstw wytłumiających (większą niż 10  $\mu\text{m}$ ) zastosowane w metodzie fotolitograficznej fotorezysty powinny charakteryzować się wysoką lepkością i zawierać specjalne aktywne związki o niskiej absorpcji promieniowania uv. Znani producenci: Shipley i Hoechst produkują do tych celów pozytywowe fotorezysty, prawdopodobnie na bazie żywic fenoloformaldehydowych. Istnieje też grupa fotopolimerów negatywowych stosowanych w produkcji płytek z obwodami drukowanymi, wywodzących się z żywic epoksydowych, często z dodatkiem akrylanów. Naszym badaniom zostały poddane dostępne

Tabela 2. Warunki uzyskiwania warstw wytłumiających metodą fotolitograficzną.

Substancja	AZ 119S*	AZ 119S*	MICROPOSIT STR 1110	OZATEC LS F60
Proces				
Nakładanie				
szybkość [obr./min]	100	100	100	100 <sup>1)</sup> 100 <sup>2)</sup>
czas [s]	15	15	10	15 <sup>1)</sup> 10 <sup>2)</sup>
Rozwirowanie wstępne				
szybkość [obr./min]	300	200	700	300 <sup>1)</sup> 400 <sup>2)</sup>
czas [s]	5	5	5	5 <sup>1)</sup> 5 <sup>2)</sup>
Rozwirowanie końcowe				
szybkość [obr./min]	400	300	800	400 <sup>1)</sup> 500 <sup>2)</sup>
czas [s]	10	5	10	5 <sup>1)</sup> 5 <sup>2)</sup>
Grubość [ $\mu\text{m}$ ]	23,5-24,1	27,8-30,0	29,5-30,0	32,3-33,5

\* nakładanie dwukrotne przy takich samych parametrach procesu

<sup>1)</sup> nakładanie I

<sup>2)</sup> nakładanie II

fotorezysty pozytywowe: Microposit STR 1110 i AZ 119S firmy Shipley oraz fotopolimer negatywowy Ozatec LSF 60 firmy Morton [11, 12, 13].

Do nakładania i wywoływania warstw wykorzystano urządzenie LSI 45 firmy Eaton Semiconductor Equipment. Wymaganą grubość uzyskano w warunkach podanych w tabeli 2. Warstwy nakładano na płytki  $\text{LiNbO}_3$  128°YX ze strukturą próbną o grubości warstwy aluminium około 0,29  $\mu\text{m}$ . Suszono je w temperaturach odpowiednich dla każdego typu fotorezystu, a następnie naświetlano za pomocą urządzenia EM 576 z lampą rtęciową DRSZ-350, przy natężeniu promieniowania 21,6  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , przez maskę chromową z wzorem paskowym. Czas naświetlania dla wyżej wymienionych grubych warstw wynosił odpowiednio: AZ 119S - 10 min., Microposit STR 1110 - 5 min., Ozatec LSF 60 - 1 min.

Wywoływanie fotorezystów pozytywnych: AZ 119S i Microposit STR 1110 wykonywano odpowiednimi dla nich wywoływaczami: AZ 303 rozcieńczony w stosunku 1:4 dla fotorezystu AZ 119S i Developer 351 dla Microposit STR 1110. Do wywoływania fotopolimeru Ozatec LSF 60 służył 1,1% roztwór  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Płytki pokryte fotorezystem AZ 119S i fotopolimerem Ozatec LSF 60 wywoływano metodą natryskową w temperaturze pokojowej, płytki pokryte zaś fotorezystem Microposit STR 1110 - metodą zanurzeniową, dwustopniowo: I etap - przez zanurzenie w roztworze rozcieńczonym - 1:1, II etap - przez zanurzenie w roztworze bardziej rozcieńczonym - 1:3. Ze względu na alkaliczny charakter wywoływaczy i oddziaływanie na struktury aluminiowe czas wywoływania był ograniczony do koniecznego minimum. Z uwagi na wyższą precyzję kształtowania wzoru paskowego, przy zastosowaniu metody fotolitograficznej uzyskiwane szerokości pasków w obszarze międzyprzetwornikowym były równe 1 mm. Krawędzie pasków były ukształtowane pionowo, a rozrzut grubości na płycie wynosił 0,5-2,0  $\mu\text{m}$  zależnie od rodzaju stosowanego fotorezystu. Różnice te związane były z faktem powstawania przybrzeżnych pierścieni przy nakładaniu fotorezystów o wysokiej lepkości. Przy porównaniu właściwości tłumiących grupy substancji nanoszonych metodą sitodrukową i metodą fotolitograficzną wprowadza się pewien błąd pochodzący z uwarunkowań metody sitodrukowej, związany z rozplływaniem się żywicy i formowaniem zafalowanego zbrocza.

#### 4. WYNIKI POMIARÓW I ICH INTERPRETACJA

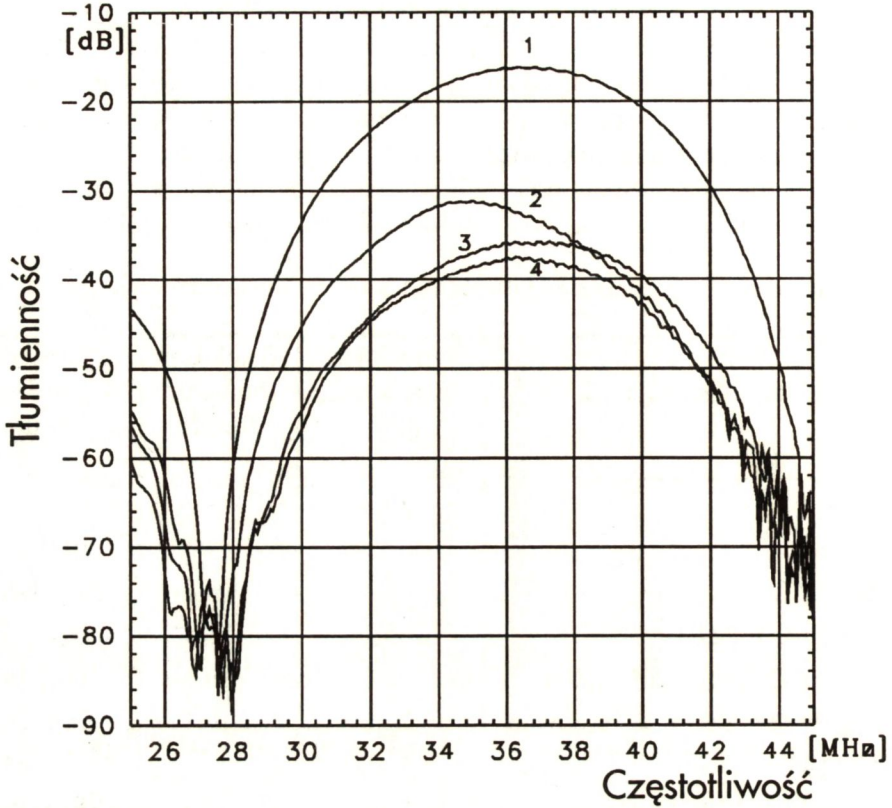
Tłumienność wtrącenia pojedynczych struktur z badanych płytek, przyklejonych do przepustów obudowy TS-56 i zmontowanych według technologii filtrów, mierzo- no przy częstotliwości 36,5 MHz. Tłumienność wtrącenia oraz charakterystykę amplitudową struktur filtrowych określano za pomocą testera filtrów typu Z-947 współpracującego z komputerem IBM PC XT. Tester filtrów wyposażony był w zewnętrzny czwórnik pomiarowy o impedancji sterującej 50  $\Omega$  i impedancji obciążenia

1,5 kW i 13pF, monitor ekranowy i drukarkę. Pomiarów dokonywano przy wykorzystaniu komputerowego programu testującego umożliwiającego pomiar i rejestrację charakterystyk amplitudowych. Dokładność pomiarów tłumienności wtrącenia wynosiła 0,5 dB. Wykorzystywano również oprogramowanie umożliwiające obliczenie średnich charakterystyk amplitudowych dla badanej grupy filtrów. Średnią wartość tłumienności wtrącenia struktur próbnych pokrytych badanymi substancjami nanoszonymi metodą sitodruku i metodą fotolitograficzną podano w tabeli 3. Średnie

**Tabela 3.** Tłumienność wtrącenia struktur próbnych z badanymi substancjami.

Lp	Badana substancja	Tłumienność wtrącenia [dB]	Wnoszone tłumienie [dB/mm]	Grubość warstwy [ $\mu\text{m}$ ]
1.	-	16,2	-	0
2.	Epidian 57	32,6	14,3	30,0-32,0
3.	Araldit D	37,1	17,4	36,0-40,0
4.	Araldit CY 221	35,1	16,4	28,0-30,0
5.	Araldit CY221 + 20% talku	35,3	15,1	33,8-34,2
6.	Araldit CY 221 + 5% Aerosilu	35,0	16,1	28,0-29,0
7.	AZ119S	19,6	3,4	21,0-25,0
8.	Microposit STR 1110	20,5	4,3	29,5-29,8
9.	Ozatec LSF60	22,8	6,6	32,3-33,6

wartości tłumienności wtrącenia były obliczone z próbki 20-25 szt. struktur filtrowych wybranych z badanych płytek po szczegółowej obserwacji mikroskopowej. Do badań kwalifikowano testowane próbki bez widocznych wad w strukturze przetwornikowej, bez wad montażu, z możliwie jednorodnym paskiem substancji w obszarze międzyprzetwornikowym. Do wykreślenia średnich charakterystyk amplitudowych typowano charakterystyki struktur o kształcie najbardziej zbliżonym do charakterystyki struktury próbnej bez badanych substancji. Przebieg charakterystyk amplitudowych w odniesieniu do charakterystyki próbnej struktury bez paska w obszarze międzyprzetwornikowym przedstawiają rysunki: 3 i 4. Podają one zależność tłumienności względnej od częstotliwości w badanym zakresie częstotliwości 25-45 MHz. Częstotliwość odniesienia w tych pomiarach wynosiła 36,5 MHz. Zarówno dla warstw naniesionych metodą sitodrukową, jak i dla warstw naniesionych metodą fotolitograficzną charakterystyki były zniekształcone w stosunku do charakterystyki struktury próbnej, bez badanej substancji. Fakt ten można tłumaczyć niejednorodną



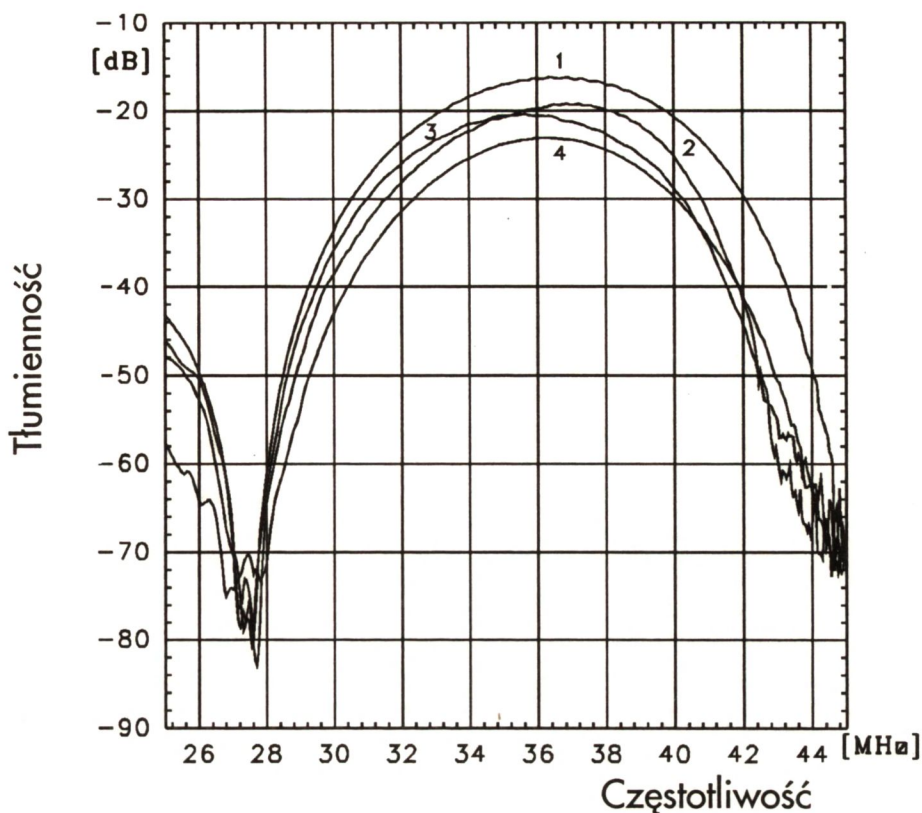
Rys. 3. Charakterystyka amplitudowa struktury próbnej z pasmem badanych kompozycji epoksydowych:

- 1 - charakterystyka struktury próbnej z pustą przestrzenią międzyprzetwornikową,
- 2 - Epidian 57,
- 3 - Araldit CY 221\*,
- 4 - Araldit D.

\* Rysunek nie pokazuje przebiegu charakterystyk amplitudowych struktur próbnych z Aralditem CY 221 z dodatkiem napętniaczy ze względu na bardzo zbliżony ich kształt do przebiegu charakterystyki amplitudowej struktury próbnej z Aralditem CY 221.

w całym obszarze badanym masą nałożonego wytłumiacza. Porównując średnie tłumienności wtrącenia struktur filtrowych z wprowadzonymi żywicami epoksydowymi zauważa się różnice kilku decybeli dla poszczególnych gatunków tych substancji, przy czym zastosowanie wybranych napętniaczy nie zmienia w sposób wyraźny tłumienności kompozycji. W badanej grupie żywic Araldity wykazywały wyższą tłumienność wtrącenia niż Epidian 57.

Zastosowany w kompozycji z Aralditami utwardzacz pochodzi z grupy poliaminoamidów będących produktem reakcji nienasyconych kwasów tłuszczowych i wieloamin. Ze względu na duży ciężar cząsteczkowy, długie łańcuchy kwasów tłuszczowych



Rys. 4. Charakterystyka amplitudowa struktury próbnej z pasmem badanych substancji światłoczułych:

- 1 - charakterystyka struktury próbnej z pustą przestrzenią międzyprzetwornikową,
- 2 - AZ-119 S,
- 3 - Microposit STR 1110,
- 4 - Ozatec LSF 60.

i znaczne odległości pomiędzy reaktywnymi grupami aminowymi, a w związku z tym zmniejszoną gęstością sieciowania żywic, poliaminoamidy działają jak plastyfikatory wewnętrzne. Obecność długich łańcuchów kwasu tłuszczowego w sąsiedztwie niewielkiej grupy aminowej nadaje poliaminoamidom charakter substancji powierzchniowo czynnej. Wpływa to korzystnie na zwilżanie podłoża i adhezję powłoki [14]. Być może, te cechy zdecydowały o nieznacznie lepszych właściwościach tłumiących Aralditów. Epidian 57, jako środek uelastyczniający, zawiera poliester i wchodzi w reakcję z utwardzaczem będącym dwuaminą alifatyczną. Dwuaminy alifatyczne, zależnie od rodzaju i długości giętkich segmentów, mogą wykazywać silniejsze lub słabsze działanie uelastyczniające. W badanym Epidianie 57 to oddziaływanie uelastyczniające jest obserwowane, ale można przypuszczać, że nie tylko te właściwości są odpowiedzialne za jakość oddziaływania wytłumiającego poszczególnych substancji. Należy zwrócić



uwagę na znacznie niższą tłumienność fotorezystów w porównaniu z żywicami epoksydowymi utwardzanymi aminowymi utwardzaczami. Można przypuszczać, że obserwowana duża różnica tłumienności wtrącenia związana jest z odmienną naturą chemiczną badanych substancji i odmiennym przebiegiem procesu sieciowania.

## 5. PODSUMOWANIE

Omówiona wyżej metoda umożliwia ocenę właściwości tłumiących związków wielkocząsteczkowych poprzez pomiar tłumienności wtrącenia filtrowej struktury próbnej. Wprowadzenie tej metody pozwoliło określić stopień tłumienia AFP poprzez stosowaną w produkcji filtrów kompozycję epoksydową i porównać ją z grupą kompozycji epoksydowych wywodzących się z Aralditów oraz z substancjami światłoczułymi stosowanymi w fotolitografii grubowarstwowej. Tłumienność kompozycji epoksydowej stosowanej w produkcji filtrów wynosi 14,3 dB/mm warstwy o grubości około 30  $\mu\text{m}$ ., tłumienność badanych Aralditów jest wyższa o kilka decybeli, tłumienność zaś badanych substancji światłoczułych jest niższa i wynosi dla najefektywniejszego fotopolimeru Ozatec LSF 60 6,6 dB/mm warstwy o porównywalnej grubości.

Omówiona metoda umożliwia określenie tłumienia (w dB/mm) substancji, które mogą być używane do wytłumiania niepożądaných, odbitych fal powierzchniowych w filtrach z AFP. Parametr ten jest najistotniejszym parametrem tego typu substancji. Opracowana metoda jest więc przydatnym narzędziem, ułatwiającym właściwy dobór substancji wytłumiających AFP.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Pat. USA 4 575 653, 1986
- [2] Pat.USA 4 604 594, 1986
- [3] Pat. Europejski 0 259 72, 1987
- [4] Johnsen C.A. i in., Polyimide as an acoustic absorber for high frequency SAW applications. IEEE 1988 Ultrasonics Symposium, 1., 279
- [5] Offenlegungsschrift DE 3 235 236, RFN, 1984
- [6] Patent USA 4 666 822, 1987
- [7] Visintini G. i in.: Full two-dimensional modelling of broadband SAW filters. Electronics Letters , 24,1988,23,1468-1469
- [8] Niewczas B.: Badania własności fizykochemicznych substancji wytłumiających oraz zjawisk towarzyszących procesowi tłumienia powierzchniowych fal akustycznych. Sprawozdanie ITME, etap I i II, 1993
- [9] Epidian 57, Prospekt Zakładów Chemicznych Sarzyna

- [10] Araldite structural adhesives supplied by Ciba-Geigy, Prospekt firmy Ciba-Geigy, 1988
- [11] Niewczas B.: Badania przydatności warstw wytłumiających naniesionych metodą fotolitografii do ograniczenia poziomu sygnałów odbitych w filtrach z AFP. Sprawozdanie ITME, 1994
- [12] Microposit STR 1000 Series Photo-Resist, Prospekt firmy Shipley 1993
- [13] Ozatec LSF 60, Prospekt firmy Morton International, Dynachem Electronic Materials, Belgia
- [14] Brojer Z., Hertz Z., Penczek P.: Żywice epoksydowe. Warszawa: WNT 1982,173

## SUMMARY

### **INVESTIGATION OF PROPERTIES OF MATERIALS APPLIED FOR SPURIOUS SIGNALS SUPPRESSION IN SURFACE ACOUSTIC WAVE FILTERS**

The paper presents a method which makes it possible to evaluate damping properties of materials which are applied to suppress undesirable reflected waves in surface acoustic wave (SAW) filters. The method utilizes the filter test structure containing two identical uniform (unapodized) transducers. According to the method the area between the transducers is partly covered with the material under investigation. The deposited material has the form of a uniform width strip. The paper describes the strip forming techniques as well as experimental results concerning various epoxy resins and light -sensitive synthetic resins.

## СОДЕРЖАНИЕ

### **ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ В ФИЛЬТРАХ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ**

В работе представлены метод оценки поглощающих свойств материалов, которые применяется, как береговые поглотители нежелательных отражённых поверхностных волн в фильтрах на поверхностных акустических волнах (ПАВ). В методе используется фильтрующая пробная структура с двумя прямыми, одинаковыми, встречно-штыревыми преобразователями. В область между преобразователями наносится полоса соответствующей ширины исследуемого материала. Представлены два способа нанесения полосы и результаты исследований избранных композиций эпоксидных смол, а также светочувствительных материалов.