

MATERIAŁY PL ISSN 0209-0058

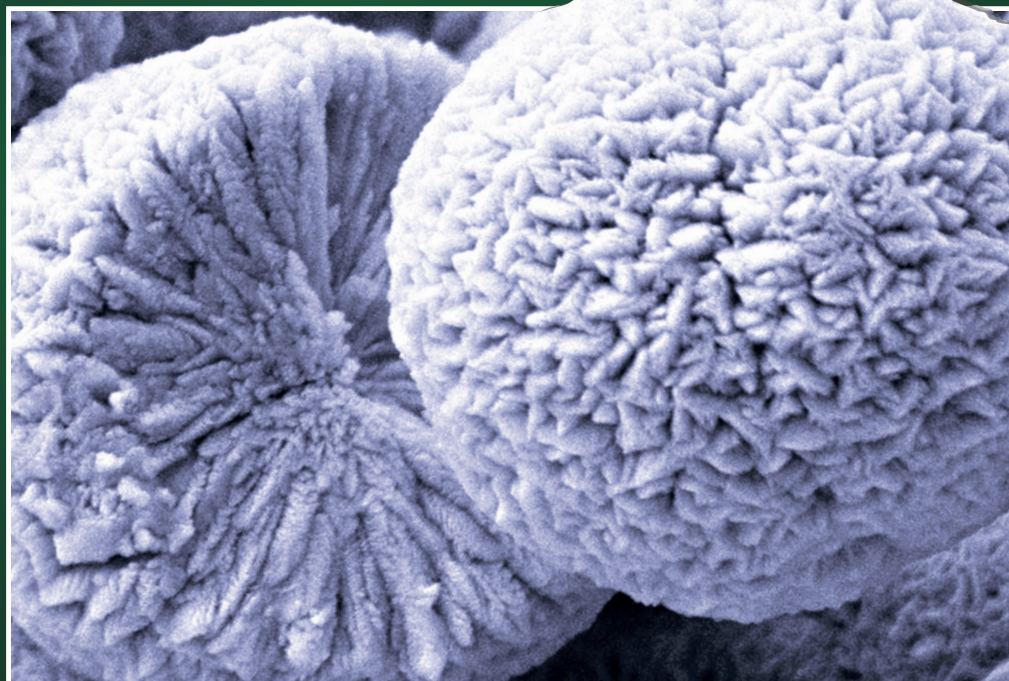
ELEKTRONICZNE

ELECTRONIC MATERIALS

1

Tom 44

Rok 2016



- 4 Surface acoustic wave low insertion loss delay line
for applications in sensors W. Soluch
- 7 Influence of carbon and oxygen on properties
of Cu-C-O composites C. Strąk, W. Olesińska, R. Siedlec
- 20 Kompozyt $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ wzmocniony płatkami
grafenowymi M. Boniecki, P. Gołębiwski, W. Wesolowski,
M. Woluntarski, R. Zybala et al.
- 29 Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych
w ocenie międzynarodowej A. Jeleński, Sz. Plasota



INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH
INSTITUTE OF ELECTRONIC MATERIALS TECHNOLOGY

<http://rcin.org.pl>



**INSTYTUT TECHNOLOGII
MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH**
ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

Redaktor Naczelny
tel.: (+48 22) 834 90 03
(+48 22) 639 58 05
e-mail: itme@itme.edu.pl

**Dział Informacji Naukowej
i Technicznej**
tel.: (+48 22) 639 55 29
e-mail: ointe@itme.edu.pl
www.itme.edu.pl

Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych wydaje dwa czasopisma naukowe, których tematyka dotyczy inżynierii materiałowej, elektroniki i fizyki ciała stałego, a w szczególności technologii otrzymywania nowoczesnych materiałów, ich obróbki, miernictwa oraz wykorzystania dla potrzeb elektroniki i innych dziedzin gospodarki:

- **Materiały Elektroniczne** – zawierające artykuły problemowe, teksty wystąpień pracowników ITME na konferencjach i Biuletyn PTWK,
 - **Prace ITME** – zawierające monografie, rozprawy doktorskie i habilitacyjne
- oraz
- stale aktualizowane katalogi i karty katalogowe technologii, materiałów, wyrobów i usług oferowanych przez Instytut i opartych o wyniki prowadzonych prac badawczych, opisy nowych wyrobów, metod i aparatury

Informacje można uzyskać:

Dział Organizacji tel.: (48 22) 639 58 08
Promocja i Marketing tel.: (48 22) 639 58 32
e-mail: itme@itme.edu.pl

INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH

**MATERIAŁY
ELEKTRONICZNE
ELECTRONIC MATERIALS
KWARTALNIK**

T. 44 - 2016 nr 1

Wydanie publikacji dofinansowane jest przez
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

WARSZAWA ITME 2016

<http://rcin.org.pl>

KOLEGIUM REDAKCYJNE

Redaktor Naczelny:

dr inż. Ireneusz MARCINIAK

Redaktorzy tematyczni:

Z-ca Red. Naczelnego

dr hab. inż. Katarzyna PIETRZAK, prof. ITME

prof. dr hab. inż. Andrzej JELEŃSKI

dr hab. inż. Paweł KAMIŃSKI, prof. ITME

dr hab. Dorota PAWLAK, prof. ITME

dr inż. Włodzimierz STRUPIŃSKI

prof. dr hab. inż. Andrzej TUROS

Rada programowa:

prof. dr hab. Jacek BARANOWSKI

prof. dr hab. inż. Zbigniew BIELECKI

prof. dr hab. Marek GODLEWSKI

prof. dr hab. Maria KAMIŃSKA

dr hab. inż. Jarosław MIZERA, prof. PW

prof. dr hab. inż. Antoni ROGALSKI

Sekretarz redakcji:

mgr Anna WAGA

Redaktorzy językowi:

mgr Maria SIWIK - GRUŻEWSKA

mgr Krystyna SOSNOWSKA

Redaktor techniczny:

mgr Szymon PLASOTA

ADRES REDAKCJI

Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych

ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa,

e-mail: ointe@itme.edu.pl;

www: matelektron.itme.edu.pl

KONTAKT

redaktor naczelny:

tel.: (22) 834 90 03 oraz (22) 639 58 05

sekretarz redakcji: (22) 639 55 29

PL ISSN 0209 - 0058

Kwartalnik notowany na liście czasopism naukowych

Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

7 pkt. - wg komunikatu MNiSW.

Opublikowane artykuły są indeksowane w bazach

danych: BazTech, CAS - Chemical Abstracts oraz In-

dex Copernicus

Publikowane artykuły mające charakter naukowy są

recenzowane przez samodzielnych pracowników na-

ukowych.

Wersja papierowa jest wersją pierwotną.

Kwartalnik publikowany jest w otwartym dostępie.

Nakład: 200 egz.

Na okładce: Cząstki chromu na powierzchni węgla krzemu (SiC) otrzymanego metodą PVD.

Autor zdjęcia: mgr Magdalena Romaniec

Projekt: „Korelacja pomiędzy morfologią warstwy przejściowej a transportem ciepła w kompozytach Cu-SiC, w zależności od formy stosowanego materiału wzmocnienia”, OPUS, finansowany przez Narodowe Centrum Nauki.

Koordinator projektu: dr hab. Katarzyna Pietrzak, prof. ITME

SPIS TREŚCI - CONTENTS

Surface acoustic wave low insertion loss delay line for applications in sensors	W. Soluch	4
Linia opóźniająca z akustyczną falą powierzchniową o małej tłumienności wtrącenia do zastosowań w czujnikach		
Influence of carbon and oxygen on properties of Cu-C-O composites	C. Strąk, W. Olesińska, R. Siedlec	7
Wpływ grafenu i tlenu na właściwości kompozytów miedź-tlen-węgiel		
Kompozyt Al ₂ O ₃ - ZrO ₂ wzmocniony płatkami grafenowymi	M. Boniecki, P. Gołębiewski,	20
Al ₂ O ₃ - ZrO ₂ composite reinforced with graphene platelets	W. Wesołowski, M. Woluntarski, R. Zybala, K. Kaszyca, A. Piątkowska, M. Romaniec, P. Ciepielewski, K. Krzyżak	
Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych w ocenie międzynarodowej	A. Jeleński, Sz. Plasota	29

STRESZCZENIA ARTYKUŁÓW ME 44 - 1 - 2016

Linia opóźniająca z akustyczną falą powierzchniową o małej tłumienności wtrącenia do zastosowań w czujnikach

ME 44, 1, 2016, s. 4

Wykazano, że mała tłumienność wtrącenia linii opóźniającej z akustyczną falą powierzchniową (AFP) jest możliwa do uzyskania, gdy występuje silny sygnał trzeciego echa (STE). Jako przykład, opracowana została linia opóźniająca na podłożu YZ LiNbO₃. W przetwornikach międzypalczastych i w ekranie zastosowano podwójne elektrody. Na częstotliwości 62 MHz uzyskano tłumienność wtrącenia około 8 dB. Mała tłumienność wtrącenia i wąskie pasmo czynią tę linię atrakcyjną do zastosowań w czujnikach fizycznych i gazowych.

Wpływ grafenu i tlenu na właściwości kompozytów miedź-tlen-węgiel

ME 44, 1, 2016, s. 7

Kompozyty objętościowe wykonano stosując proszki miedzi, tlenku miedzi oraz handlowego grafenu i zredukowanego termicznie tlenku grafenu, na których osadzano tlenek miedzi metodą strącania z kąpeli elektrochemicznej. Proszki grafenu poddano obróbce termicznej w atmosferze beztlenowej, a następnie spieczono z nich kształtki stosując technikę SPS (*Spark Plasma Sintering*). Uzyskane kompozyty spajano z ceramiką korundową za pomocą lutów srebrowych (Ag-Sn). Przed procesem spajania kompozyty poddano procesowi galwanizacji miedzią. Zbadano mikrostrukturę, właściwości fizyczne i cieplne samego kompozytu oraz mikrostrukturę i wytrzymałość uzyskanych złączy. Na podstawie przeprowadzonych badań określono wpływ węgla i tlenu na zmiany współczynnika rozszerzalności cieplnej kompozytów Cu-C-O.

Kompozyt Al₂O₃-ZrO₂ wzmocniony płatkami grafenowymi

ME 44, 1, 2016, s. 20

W pracy zbadano wpływ płatków grafenowych na właściwości mechaniczne kompozytu o zawartości wagowej 20% Al₂O₃ - 80% ZrO₂ (stab. 3% mol. Y₂O₃). Do otrzymania próbek użyto handlowy proszek ceramiczny firmy Tosoh, tlenek grafenu (GO) otrzymany w ITME oraz grafen firmy SkySpring Nanomaterials Inc. (GN). Kompozyty otrzymano na bazie wodnych (GO) i alkoholowych (GN) mieszanin obu składników, które po wysuszeniu spiekano w piecu Astro pod jednoosiowym ciśnieniem i metodą SPS. Wykonano kompozyty o zawartości wagowej: 0; 0,1; 0,2; 0,5; 1 i 3% GO oraz 0,1% GN. Spektroskopia Ramana wykazała obecność grafenu. Stwierdzono, że w funkcji zawartości GO oraz GN: odporność na pęknięcie ma maksimum dla zawartości 0,1% GO i GN, wytrzymałość maleje, moduł Younga oraz twardość Vickersa utrzymują się stałe do zawartości 0,5% GO, a następnie maleją.

THE ARTICLES ABSTRACTS ME 44 - 1 - 2016

Surface acoustic wave low insertion loss delay line for applications in sensors

ME 44, 1, 2016, p. 4

It was shown that low insertion loss of a surface acoustic wave (SAW) delay line could be achieved when strong triple transit signals (TTS) are present. As an example, low insertion loss delay line on YZ LiNbO₃ was developed. Double electrodes were used in interdigital transducers (IDTs) and in a screen. At a frequency of 62 MHz, insertion loss of about 8 dB, was obtained. Low insertion loss and narrow bandwidth make this SAW delay line attractive for applications in physical and gas sensors.

Influence of carbon and oxygen on properties of Cu-C-O composites

ME 44, 1, 2016, p. 7

The basis of this project was to produce volumetric composites using copper, copper oxide as well as commercial graphene powders and thermally reduced graphene oxide, on which copper oxide (CuO) was deposited by electrochemical bath. The graphene powders were annealed in an oxygen-free atmosphere and underwent Spark Plasma Sintering. The outcome composites were first copper-plated and then using silver solders (Ag-Sn) welded to corundum ceramics. We examined the microstructure, physical and thermal properties of the composite itself and also the microstructure and flexural strength of the obtained joints. These studies helped us indicate the effect of carbon and oxygen on the changes of the thermal expansion coefficient in Cu-C-O composites.

Al₂O₃-ZrO₂ composite reinforced with graphene platelets

ME 44, 1, 2016, p. 20

This research addresses the effect of graphene flakes on the mechanical properties of the composite containing 20 wt. % Al₂O₃ and 80 wt. % ZrO₂ (stab. 3 mol. % Y₂O₃). The samples were made from a commercial ceramic powder produced by Tosoh, graphene oxide (GO) from ITME and graphene purchased from Skyspring Nanomaterials Inc. (GN). The obtained composites based on an aqueous (GO) and alcohol (GN) mixtures of both components were first dried and then sintered under an uniaxial pressure in an Astro furnace and in a SPS machine. The composites weight content equaled to: 0; 0.1; 0.2; 0.5; 1 and 3% of GO and 0.1% GN. Raman spectroscopy revealed the presence of graphene. It was found that as a function of the GO and GN content, the fracture toughness has a maximum for 0.1% GO and GN, the strength decreases, the Young's modulus and Vickers hardness remain constant up to 0.5% GO, and then decrease.

Wskazówki dla autorów

Redakcja wydawnictwa **Materiały Elektroniczne** prosi autorów o nadsyłanie zamówionych artykułów pocztą elektroniczną, pod adres ointe@itme.edu.pl lub na nośniku magnetycznym, według następujących specyfikacji:

Tekst

- a) Treść artykułu powinna być dostarczona w plikach o rozszerzeniu obsługiwanym przez program Word (najlepiej DOC i DOCX). Tekst powinien być pisany w sposób ciągły, podzielony na kolejno ponumerowane, zawierające tytuły, rozdziały. Oznaczenia zmiennych należy pisać czcionką pochyłą (kursywą). W tekście powinny być zaznaczone miejsca, w których mają znajdować się materiały ilustracyjne, jednak same grafiki powinny być umieszczone poza nim w oddzielnych plikach (patrz punkt 4).
- b) Podpisy do rysunków w języku polskim i angielskim, również winny być zapisane w oddzielnym pliku.
- c) Na pierwszej stronie artykułu powinny znajdować się następujące elementy: imię i nazwisko autora, tytuł naukowy, nazwa miejsca pracy, adres pocztowy, e-mail, tytuł artykułu zarówno w języku polskim jak i angielskim.

Streszczenie

- a) Do artykułu należy dołączyć streszczenie w języku polskim i angielskim. Każde z nich nie powinno przekraczać 200 słów.
- b) Należy także dodać słowa kluczowe zarówno w języku polskim jak i angielskim.

Bibliografia

- a) Pozycje bibliograficzne należy podawać w nawiasach kwadratowych w kolejności ich występowania.
- b) Sposoby sporządzania opisów bibliograficznych:

- Opis bibliograficzny całej książki:

Autor: Tytuł. Numer wydania. Miejsce wydania: Nazwa wydawca, Rok wydania, ISBN.

- Opis bibliograficzny pracy zbiorowej pod redakcją:

Tytuł. Pod red. (nazwiska redaktorów): Numer wydania. Miejsce wydania: Nazwa wydawca, Rok wydania, ISBN.

- Opis bibliograficzny fragmentu (rozdziału) książki, (gdy cała książka jest tego samego autorstwa):

Autor: Tytuł książki. Numer wydania. Miejsce wydania: Nazwa wydawca, Rok wydania, ISBN. Tytuł fragmentu, Strony rozdziału.

- Opis bibliograficzny fragmentu (rozdziału) książki z pracy zbiorowej:

Autor: Tytuł fragmentu. W: Tytuł książki. Miejsce wydania: Nazwa wydawca, Rok wydania, ISBN.

- Opis bibliograficzny artykułu z czasopisma:

Autor: Tytuł artykułu . „Tytuł czasopisma” Rok, Wolumin, Numer, Strony.

- Opis artykułu w czasopiśmie internetowym:

Autor: Tytuł artykułu [on line], Rok, Wolumin, Numer [dostęp – data] Strony, Adres w Internecie. ISSN

- Strona WWW:

Autor: Tytuł [on line]. Miejsce wydania: Instytucja sprawcza [dostęp – data], Adres w internecie.

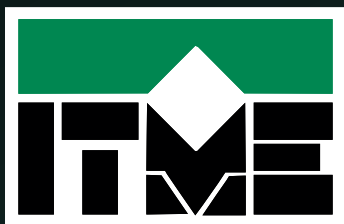
Elementy graficzne

- a) Każdy materiał ilustracyjny powinien być zapisany w oddzielnym pliku (PCX, TIF, BMP, WFM, WPG, JPG) o rozdzielczości nie mniejszej niż 150 dpi.
- b) W przypadku materiałów ilustracyjnych niebędących oryginalnym dorobkiem autora/ów należy zacytować ich źródło, umieszczając je w bibliografii.

Wzory

- a) Wzory należy numerować kolejno cyframi arabskimi
- b) Zmienne należy oznaczyć czcionką pochyłą.
- c) W przypadku wzorów niebędących oryginalnym dorobkiem autora/ów należy zacytować ich źródło, umieszczając je w bibliografii.

Autora obowiązuje wykonanie korekty autorskiej.



INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH

ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

tel. - dyrektor: (+48 22) 639 58 05
e-mail: itme@itme.edu.pl

tel.: (+48 22) 835 30 41
www.itme.edu.pl

Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych jest wiodącym polskim ośrodkiem prowadzącym badania naukowe oraz prace badawczo-rozwojowe w zakresie fizyki ciała stałego, projektowania i technologii nowoczesnych materiałów, struktur i podzespołów dla mikro- i nanoelektroniki, fotoniki i inżynierii.

Badania te dotyczą następujących grup materiałów i ich zastosowań w postaci podzespołów:

- **materiały nowej generacji:** grafen, metamateriały, materiały samoorganizujące się i gradientowe, nanokryształy tlenkowe w różnych matrycach (szkło, tworzywa sztuczna);
- **materiały półprzewodnikowe i ich zastosowania:**
 - **monokryształy** hodowane metodą Czochralskiego Si, GaAs, GaP, GaSb, InAs, InSb, InP i transportu z fazy gazowej SiC, o średnicach do 10 cm;
 - **warstwy epitaksjalne** półprzewodnikowe uzyskiwane za pomocą metod CVO i MOCVO z Si, SiC, GaN, AlN, InN, GaAs, GaP, GaSb, InP, InSb oraz opartych o nie związków potrójnych i poczwórnych;
 - **podzespoły** dla elektroniki i fotoniki: diody Schottky'ego, tranzystory FET i HEMT, lasery, fotodetektory, IR i UV;
- **materiały tlenkowe i ich zastosowania:**
 - **monokryształy**, YAG domieszkowany: (Nd, Yb, Er, Pr, Ho, Tm, Cr), YVO: (Nd, Tm, Ho, Er, Pr) i podwójnie domieszkowany: (Ho + Yb, Er + Yb), GdVO₄: (Er, Tm); LuVO₄: (Er, Tm); GdCoB: (Nd, Yb) dla zastosowań laserowych; kwarc, LiNbO₃, LiTaO₃, SeBa_(1-x), Nb₂O₆ dla zastosowań elektrooptycznych i piezoelektrycznych; CaF₂, BaF₂, jako materiały przezroczyste; Ca₄GdO(BO)₃ jako materiał nieliniowy oraz NdGaO₃, SrLaGaO₄, SrLaAlO₄, jako materiały podłożowe dla osadzania warstw nadprzewodników wysokotemperaturowych;
 - **szkła** o zadanych charakterystykach spektralnych i szkła aktywne;
 - **ceramiki** (Al₂O₃, Y₂O₃, ZrO₂, Si₃N₄), ceramiki przezroczyste i aktywne;
 - **Warstwy epitaksjalne** YAG: Nd, Cr dla zastosowań laserowych;
 - **światłowodów** specjalne, fotoniczne, aktywne i obrazowody;
 - **podzespoły dla elektroniki i fotoniki:** filtry i rezonatory z akustyczną falą powierzchniową; soczewki dyfrakcyjne, maski chromowe do fotolitografii;
- **inne materiały dla elektroniki:**
 - **kompozyty** metalowo-ceramiczne, kompozyty metalowe;
 - **złącza** zaawansowanych materiałów ceramicznych (Si₃N₄, AlN), kompozytów ceramiczno-metalowych i ceramiki z metalami;
 - **metale czyste** (Ga, In, Al, Cu, Zn, Ag, Sb);
 - **pasty** do układów hybrydowych;
 - **materiały** dla jonowych ogniw litowych, ogniw paliwowych i kondensatorów.

Instytut prowadzi również badania i wykonuje usługi w zakresie:

- **innych technologii HI-TECH:** fotolitografia, elektronolitografia, osadzanie cienkich warstw, trawienie, obróbka termiczna;
- **charakterystyki materiałów:** spektrometria mas i Mössbauera, elektronowy rezonans paramagnetyczny (EPR), rozpraszanie wsteczne Ruthforda (RBS), absorpcja atomowa, wysokorozdzielcza dyfrakcja rentgenowska, spektroskopia optyczna i w podczerwieni (FTIR), pomiary widm promieniowania, fotoluminescencja, mikroskopia optyczna i skaningowa mikroskopia elektronowa i sił atomowych (AFM); spektroskopia głębokich poziomów: pojemnościowa (DLTS) i fotoprądowa (PITS), pomiary impedancyjne i szumów, temperaturowa analiza fazowa, pomiary dyfuzyjności ciepła.