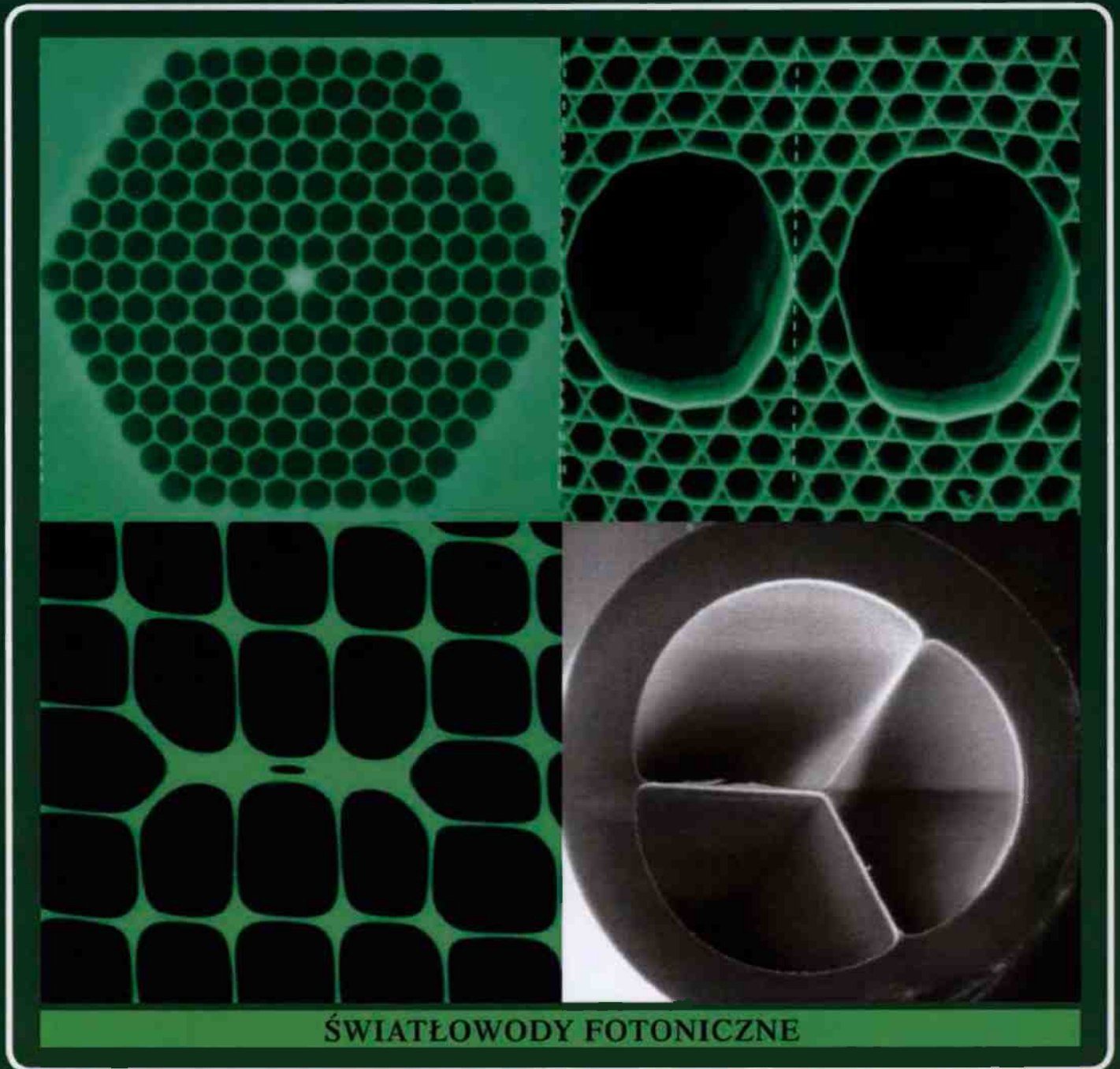


# MATERIAŁY ELEKTRONICZNE ELECTRONIC MATERIALS



ŚWIATŁOWODY FOTONICZNE



INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH  
INSTITUTE OF ELECTRONIC MATERIALS TECHNOLOGY

**Nr 4**

2011 T. 39



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

sekretarz naukowy  
tel. (48 22) 835 44 16  
fax: (48 22) 834 90 03  
e-mail: [andrzej.jelenski@itme.edu.pl](mailto:andrzej.jelenski@itme.edu.pl)

Ośrodek Informacji Naukowej  
I Technicznej (OINTE)  
tel.: (48 22) 835 30 41-9 w. 129, 498  
e-mail: [ointe@itme.edu.pl](mailto:ointe@itme.edu.pl)  
<http://itme.edu.pl/external-lib/index.html>

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:  
tel. (48 22) 834 97 30; fax: (48 22) 834 90 03  
e-mail: [itme@itme.edu.pl](mailto:itme@itme.edu.pl)

INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH

**MATERIAŁY  
ELEKTRONICZNE  
ELECTRONIC MATERIALS  
KWARTALNIK**

**T. 39 - 2011 nr 4**

Wydanie publikacji dofinansowane przez  
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

WARSZAWA ITME 2011

<http://rcin.org.pl>

## KOLEGIUM REDAKCYJNE:

prof. dr hab. inż. Andrzej JELEŃSKI (redaktor naczelny),  
dr hab. inż. Paweł KAMIŃSKI (z-ca redaktora naczelnego)  
prof. dr hab. inż. Zdzisław JANKIEWICZ  
dr hab. inż. Jan KOWALCZYK  
dr Zdzisław LIBRANT  
dr Zygmunt ŁUCZYŃSKI  
prof. dr hab. inż. Tadeusz ŁUKASIEWICZ  
prof. dr hab. inż. Wiesław MARCINIAK  
prof. dr inż. Anna PAJĄCZKOWSKA  
prof. dr hab. inż. Władysław K. WŁOSIŃSKI  
mgr Anna WAGA (sekretarz redakcji)

Adres Redakcji: INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH  
ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, e-mail: ointe@itme.edu.pl; http://www.itme.edu.pl

tel. (22) 835 44 16 lub 835 30 41 w. 454 - redaktor naczelny  
(22) 835 30 41 w. 426 - z-ca redaktora naczelnego  
(22) 835 30 41 w. 129 - sekretarz redakcji

PL ISSN 0209 - 0058

*Kwartalnik notowany na liście czasopism naukowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (6pkt.)*

## SPIS TREŚCI

JEDNORODNOŚĆ WŁASNOŚCI ELEKTRYCZNYCH MONOKRYSTAŁÓW ANTYMONKU GALU DOMIESZKOWANYCH TELLUREM Aleksandra Mirowska, Waclaw Orłowski, Mirosław Piersa .....	3
BADANIE ODKSZTAŁCEŃ SIECI KRYSTALICZNEJ W IMPLANTOWANEJ WARSTWIE EPITAKSJALNEJ GaN OSADZONEJ METODĄ MOCVD NA PODŁOŻU SZAFIROWYM O ORIENTACJI [100] Marek Wójcik, Jarosław Gaca, Edyta Wierzbička, Andrzej Turos, Włodzimierz Strupiński Piotr Caban, N. Sathish, K. Pągowska .....	22
PROCEDURY WYZNACZANIA PARAMETRÓW ANIZOTROPOWEGO CZYNNIKA $g$ DLA CENTRÓW PARAMAGNETYCZNYCH O SPINIE $S = 1/2$ ZLOKALIZOWANYCH W SIECI KRYSTALICZNEJ Mariusz Pawłowski .....	31
STRESZCZENIA ARTYKUŁÓW PRACOWNIKÓW ITME .....	38

## STRESZCZENIA ARTYKUŁÓW PRACOWNIKÓW ITME

### Assessment of gadolinium calcium oxoborate (GdCOB) for laser applications

Bajor Andrzej L.<sup>1</sup>, Kisielewski Jarosław<sup>1</sup>, Klos Andrzej<sup>1</sup>, Kopczyński K.<sup>2</sup> Łukasiewicz Tadeusz<sup>1</sup>, Mierczyk J.<sup>2</sup>, Młyńczak J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Electronic Materials Technology, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Poland

<sup>2</sup> Institute of Optoelectronics, Military University of Technology, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, Poland  
*Opto-Electronics Review*, 19, 4, 2011, 439-448

Increasing demand for growing high quality laser crystals puts a question about their most important

parameters that one should concentrate on to get a desired product which will exhibit best properties in practical use. And by no means, this is a simple question. Apart of the usual lasing properties associated with a special dopant in the host material itself, one needs to consider another two lasing phenomena, namely second (SHG) and higher harmonic generation, and self-frequency doubling (SFD). Not necessarily all of these three can meet altogether in the same host material to yield in its best appearance in every case. We have made a review of basic properties of gadolinium oxoborate  $\text{GdCa}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$  (GdCOB) crystal and came to the conclusion that,

currently, as a host material this is probably the best in all of its lasing applications. Although GdCOB has low thermal conductivity, which requires a suitable cooling, on the other hand it has got small thermo-optic coefficients which govern good operation in SHG and SFD experiments. Two inch dia. Nd-doped crystals were grown by the Czochralski technique. Since a large discrepancy in the literature exists on exact values of nonlinear coefficients, one is never sure about this whether theoretically predicted phase-matching angles (PMA) are those that are really optimal. Besides, none has yet measured the values of nonlinear coefficients as a function of doping concentration. Therefore we have not decided to cut numerous differently oriented samples for generation of different wavelengths in SHG and SFD, but rather tried to generate different wavelengths from the same samples. We have also not paid special attention to get highest possible conversion efficiencies. However, we have concentrated our attention on potential use of the core region in laser technique. Unlike in YAG crystals, when the core is by all means a parasitic structure, we discovered that the core region in GdCOB, that majority of investigators are even not aware of its presence in the crystal, can be also useful in laser technique. According to our best knowledge, a SHG of red light in this work is the second reported case in the world-wide literature.

### **Influence of chemical composition of liquid phase and growth process on physical properties of $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ , $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ and $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$ compounds**

**Hruban Andrzej<sup>1</sup>, Materna Andrzej<sup>1</sup>, Dalecki Wojciech<sup>1</sup>, Strzelecka Stanisława<sup>1</sup>, Piersa Morosław<sup>1</sup>, Jurkiewicz-Wegner Elżbieta<sup>1</sup>, Diduszko Ryszard<sup>1</sup>, Romaniec Magdalena<sup>1</sup>, Orłowski Waclaw<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Electronic Materials Technology, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Poland

*Acta Physica Polonica A*, 120, 5, 2011, 950-953

We studied synthesis and crystal growth of  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  and  $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$  compounds by means of vertical Bridgman method. Crystals were grown from stoichiometric melts and under different molar ratio of Bi:Te, Bi:Se or Bi:Te:Se. The obtained crystals were characterized by X-ray diffraction analysis, energy dispersive X-ray spectroscopy, scanning electron microscopy, atomic force microscopy, and the Hall effect measurements. Some of the samples demonstrated insulating bulk behavior, by means of resistivity versus temperature measurements.

### **New conductive thick-film paste based on silver nanopowder for high power and high temperature applications**

**Jakubowska Malgorzata<sup>1,2</sup>, Jarosz Mateusz<sup>1,2</sup>, Kielbański Konrad<sup>1,3</sup>, Młodziak Anna<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Electronic Materials Technology, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Poland

<sup>2</sup> Faculty of Mechatronics, Warsaw University of Technology, ul. Św. Andrzeja Boboli 8, 02-525 Warszawa, Poland

<sup>3</sup> Institute of Microelectronic and Optoelectronic, Warsaw University of Technology, ul. Koszykowa 75, 00-862 Warszawa, Poland

*Microelectronics Reliability*, 51, 7, 2011, 1235-1240

A new thick-film material for screen-printing technology, based on nanoscale silver powders with the particle size distribution 5-55 nm is presented. Silver nanopowder used for paste preparation was elaborated by the authors. The compatibility of investigated paste was proven with alumina, silicon, Kapton foil and glass. The main advantage of this paste is sinterability at much lower temperatures (around 300°C) compared to pastes obtained from micro-powders (650-850°C). The thicknesses of obtained layers are 2-3 μm. The elaborated layers are dense and well sintered, exhibit good adhesion to all above mentioned substrates and low resistivity as well as very good resistance to high power and elevated temperatures. The results of loading the layers deposited on alumina substrates with high current and exposed to high temperature are presented as well.

### **Discontinuous character of the damage build-up in the elastic collision regime**

**Jagielski Jacek<sup>1,2</sup>, Thomé L.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Electronic Materials Technology, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Poland

<sup>2</sup> Andrzej Soltan Institute of Nuclear Studies, 05-400 Swierk/Otwock, Poland

<sup>3</sup> Centre de Spectrométrie Nucléaire et de Spectrométrie de Masse, CNRS-IN2P3, Université Paris Sud, 91405 Orsay, France

*Radiation Effects and Defects in Solids*, 166, 5, 2011, 367-372

Damage accumulation in irradiated solids reveals a complex character which contains essential information about the mechanisms governing the formation of defects and their transformations. A detailed discussion of the different types of damage build-up is presented, which clearly emphasizes the discontinuous character of the damage accumulation in the elastic collision regime. The paper discusses the advantages and drawbacks of existing models, compares them with experimental damage accumulation results and proposes an alternative description

based on the discontinuous character of the damage build-ups.

### Soft magnetic amorphous Fe-Zr-Si(Cu) boron-free alloys

Kopcewicz Michał<sup>1</sup>, Grabias Agnieszka<sup>1</sup>, Latuch J.<sup>2</sup>, Kowalczyk M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Electronic Materials Technology, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Poland

<sup>2</sup> Faculty of Materials Science and Engineering, Warsaw University of Technology, Wołoska 141, 02-507 Warszawa, Poland

*Materials Chemistry and Physics*, 126, 3, 2011, 669-675

Amorphous  $\text{Fe}_{80-x}\text{Zr}_x\text{Si}_{20-x-y}\text{Cu}_y$  boron-free alloys, in which boron was completely replaced by silicon as a glass forming element, have been prepared in the form of ribbons by using the melt quenching technique. X-ray diffraction and Mössbauer spectroscopy measurements revealed that the as-quenched ribbons with the compositions with  $x = 6-10$  at.% and  $y = 0, 1$  at.% are fully or predominantly amorphous. Differential scanning calorimetry (DSC) measurements allowed the estimation of crystallization temperatures of the amorphous alloys. Soft magnetic properties have been studied by the specialized rf-Mössbauer technique. Since the rf-collapse effect observed is very sensitive to the local anisotropy fields it was possible to evaluate the soft magnetic properties of the amorphous alloys studied. The rf-Mössbauer studies were accompanied by conventional measurements of hysteresis loops from which the magnetization and coercive fields were estimated. It was found that amorphous Fe-Zr-Si(Cu) alloys are magnetically very soft, comparable with those of the conventional amorphous B-containing Fe-based alloys.

### Graphene epitaxy by chemical vapor deposition on SiC

Strupiński Włodzimierz, Grodecki Kacper<sup>1,2</sup>, Wyszomlelek A<sup>2</sup>, Stępniewski R.<sup>2</sup>, Szkopek T.<sup>3</sup>, Gaskell P.E.<sup>3</sup>, Grüneis A.<sup>4,5</sup>, Haberer D.<sup>4</sup>, Božek R.<sup>2</sup>, Krupka J., Baranowski J.M.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Electronic Materials Technology, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Poland

<sup>2</sup> Faculty of Physics, University of Warsaw, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, Poland

<sup>3</sup> Department of Electrical and Computer Engineering, McGill University, 3480 University Street, Montreal, H3A-2A7, Canada

<sup>4</sup> IFW Dresden, P.O. Box 270116, D-01171 Dresden, Germany

<sup>5</sup> University of Vienna, Strudlhofgasse 4, 1090 Wien, Austria

<sup>6</sup> Institute of Microelectronics and Optoelectronics, Warsaw University of Technology, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, Poland

*Nano Letters*, 11, 4, 2011, 1786-1791

We demonstrate the growth of high quality graphene layers by chemical vapor deposition (CVD) on insulating and conductive SiC substrates. This method provides key advantages over the well-developed epitaxial graphene growth by Si sublimation that has been known for decades. (1) CVD growth is much less sensitive to SiC surface defects resulting in high electron mobilities of  $\sim 1800$   $\text{cm}^2/(\text{V s})$  and enables the controlled synthesis of a determined number of graphene layers with a defined doping level. The high quality of graphene is evidenced by a unique combination of angle-resolved photoemission spectroscopy, Raman spectroscopy, transport measurements, scanning tunneling microscopy and ellipsometry. Our measurements indicate that CVD grown graphene is under less compressive strain than its epitaxial counterpart and confirms the existence of an electronic energy band gap. These features are essential for future applications of graphene electronics based on wafer scale graphene growth.

### Determination of mass density, dielectric, elastic, and piezoelectric constants of bulk GaN crystal

Soluch Waldemar<sup>1</sup>, Brzozowski Ernest<sup>1</sup>, Łysakowska, Magdalena<sup>1</sup>, Sadura Jolanta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Electronic Materials Technology, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Poland

*IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, 58, 11, 2011, 2469-2474

Mass density, dielectric, elastic, and piezoelectric constants of bulk GaN crystal were determined. Mass density was obtained from the measured ratio of mass to volume of a cuboid. The dielectric constants were determined from the measured capacitances of an interdigital transducer (IDT) deposited on a Z-cut plate and from a parallel plate capacitor fabricated from this plate. The elastic and piezoelectric constants were determined by comparing the measured and calculated SAW velocities and electromechanical coupling coefficients on the Z- and X-cut plates. The following new constants were obtained: mass density  $\rho = 5986$   $\text{kg/m}^3$ ; relative dielectric constants (at constant strain S)  $\epsilon_{11}^S/\epsilon_0 = 8.6$  and  $\epsilon_{33}^S/\epsilon_0 = 10.5$ , where  $\epsilon_0$  is a dielectric constant of free space; elastic constants (at constant electric field E)  $C_{11}^E = 49.7$ ,  $C_{12}^E = 128.1$ ,  $C_{13}^E = 129.4$ ,  $C_{33}^E = 30.3$ , and  $C_{44}^E = 6.5$  GPa; and piezoelectric constants  $e_{33} = 0.84$ ,  $e_{31} = -0.47$ , and  $e_{15} = -0.41$   $\text{C/m}^2$ .

## Wskazówki dla autora

Redakcja czasopisma **Materiały Elektroniczne** prosi o nadsyłanie artykułów pocztą elektroniczną pod adres [ointe@sp.itme.edu.pl](mailto:ointe@sp.itme.edu.pl) lub na nośniku magnetycznym w następujących formatach:

Tekst (edytory tekstu)

Grafika

**Word 6.0 lub 7.0**

**PCX, TIF, BMP, WFM, WPG**

1. **Grafika** (materiały ilustracyjne) powinny być zapisane w oddzielnych plikach. Każdy materiał ilustracyjny (rysunek, tabela, fotografia itp.) w innym. Pliki mogą być poddane kompresji: ZIP, ARJ.
2. **Objętość** do 15 str.
3. **Tekst powinien być pisany w sposób ciągły. Materiały ilustracyjne** (rysunki, tabele, fotografie itp.) powinny być umieszczone poza tekstem. Podpisy do rysunków... itp. w języku: polskim i angielskim, również winny być zapisane w oddzielnym pliku.
4. **Na pierwszej stronie artykułu** powinny znajdować się następujące elementy: tytuł naukowy, imię i nazwisko autora, nazwa miejsca pracy, adres pocztowy, e-mail. Na środku strony tytuł artykułu, również w języku angielskim.
5. **Materiały ilustracyjne, streszczenie, bibliografia, wzory:**
  - Do artykułu należy dołączyć streszczenie nie przekraczające 200 słów w języku polskim i angielskim.
  - W przypadku **wzorów i materiałów ilustracyjnych** nie będących oryginalnym dorobkiem autora/ów należy zacytować ich źródło, umieszczając je w bibliografii.
  - **Wzory** należy numerować kolejno cyframi arabskimi.
  - **Pozycje bibliograficzne** należy podawać w nawiasach kwadratowych w kolejności ich występowania.

### **Przykład na opis bibliograficzny artykułu z czasopisma:**

[1] Tomaszewski H., Strzeszewski J., Gębicki W.: The role of residual stresses in layered composites of Y-ZrO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. J.Europ.Ceram.Soc. vol. 19, 1990, no. 67, 255-262

### **Przykład na opis bibliograficzny książki:**

Raabe J., Bobryk E.: Ceramika funkcjonalna. Warszawa: Politechnika Warszawska 1997, 152 s.

6. Autora obowiązuje **wykonanie korekty autorskiej.**





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

tel./fax-dyrektor: (48 22) 835 90 03

e-mail: [itme@itme.edu.pl](mailto:itme@itme.edu.pl)

tel.: (48 22) 835 30 41-9

<http://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 nano-elektroniki, 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 sztuczne);
- **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), GdVO<sub>4</sub>: (Er, Tm); LuVO<sub>4</sub>: (Er, Tm); GdCoB: (Nd, Yb) dla zastosowań laserowych; kwarc, LiNbO<sub>3</sub>, LiTaO<sub>3</sub>, SrBa<sub>2</sub>Nb<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dla zastosowań elektrooptycznych i piezoelektrycznych; CaF<sub>2</sub>, BaF<sub>2</sub>, jako materiały przezroczyste; Ca<sub>4</sub>GdO(BO)<sub>3</sub> jako materiał nieliniowy oraz NdGaO<sub>3</sub>, SrLaGaO<sub>4</sub>, SrLaAlO<sub>4</sub> jako materiały podłożowe dla osadzania warstw nadprzewodników wysokotemperaturowych;
  - **szkła** o zadanych charakterystykach spektralnych i szkła aktywne;
  - **ceramiki** (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>), 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 (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, AlN), kompozytów ceramiczno-metalowych i ceramik 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;
- **charakteryzacji 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.