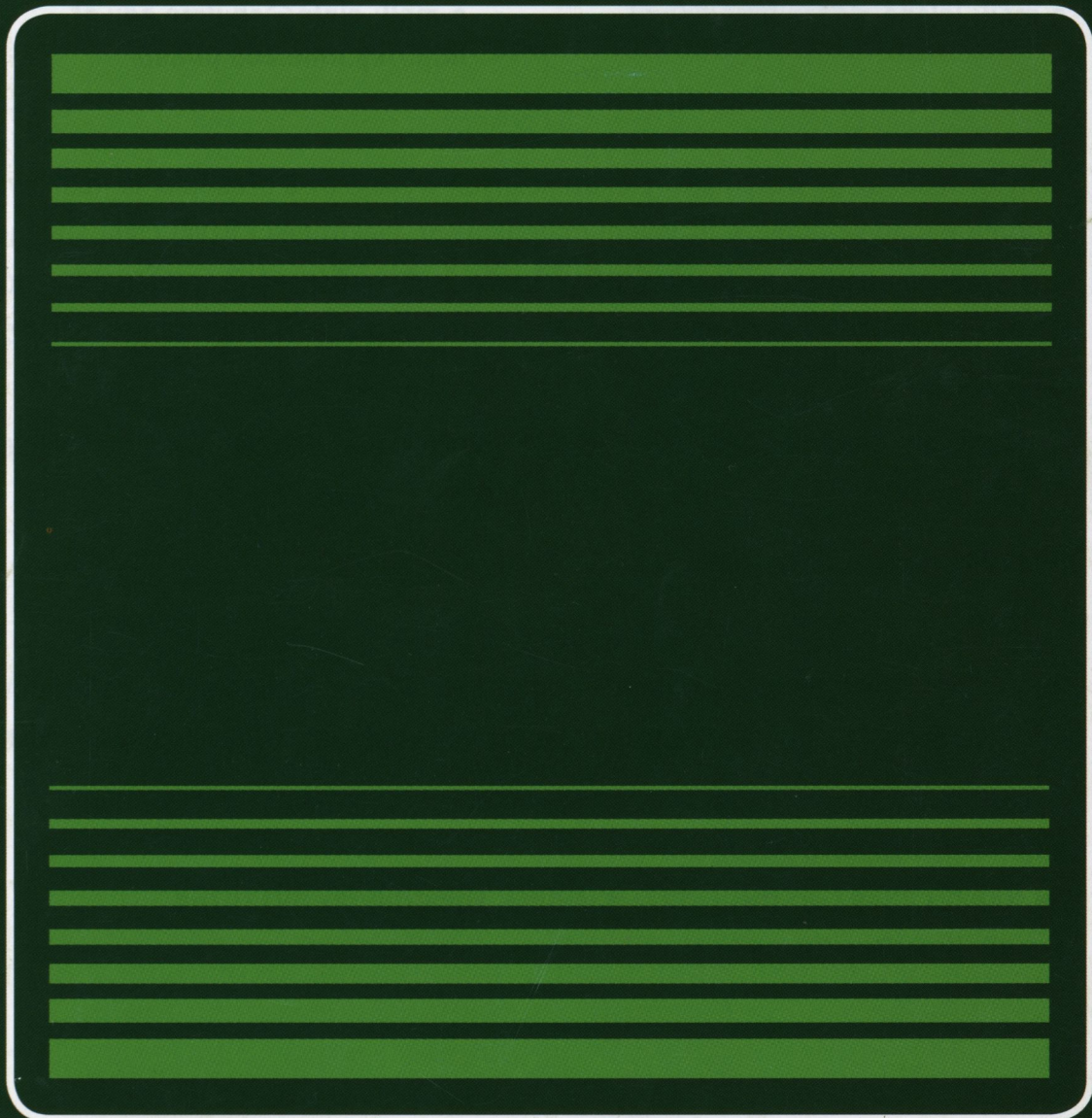


# MATERIAŁY ELEKTRONICZNE

PL ISSN 0209-0058



INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH

**Nr 2**  
2008 T.36



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

sekretarz naukowy  
tel. (4822) 8354416  
fax: (4822) 8349003  
e-mail: [jelens\\_a@sp.itme.edu.pl](mailto:jelens_a@sp.itme.edu.pl)

Ośrodek Informacji Naukowej  
i Technicznej (OINTE)  
tel.: (4822) 8353041-9 w. 129, 425  
e-mail: [ointe@sp.itme.edu.pl](mailto:ointe@sp.itme.edu.pl)  
<http://sp.itme.edu.pl/ds3/>

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.

Informacje można uzyskać:

tel. (4822) 8349730; fax: (4822) 8349003, komertel/fax 39120764,  
e-mail: [itme@sp.itme.edu.pl](mailto:itme@sp.itme.edu.pl)

INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH

**MATERIAŁY  
ELEKTRONICZNE**  
**KWARTALNIK**

**T. 36 - 2008 nr 2**

Wydanie publikacji dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

WARSZAWA ITME 2008

<http://rcin.org.pl>

KOLEGIUM REDAKCYJNE:

prof. dr hab. inż. Andrzej JELEŃSKI (redaktor naczelny)  
doc. dr hab. inż. Paweł KAMIŃSKI (z-ca redaktora naczelnego)  
prof. dr hab. inż. Zdzisław JANKIEWICZ, doc. dr hab. inż. Jan KOWALCZYK,  
doc. 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, email: ointe@itme.edu.pl  
<http://www.itme.edu.pl/external-lib/index.htm>

tel.	(22)835 44 16 lub 835 30 41 w. 454	- redaktor naczelny
	(22)835 30 41 w. 138	- z-ca redaktora naczelnego
	(22)835 30 41 w. 129	- sekretarz redakcji

PL ISSN 0209 - 0058

Skład i grafika komputerowa - ITME

<http://rcin.org.pl>

# SPIS TREŚCI

---

## ARTYKUŁY

NANOPROSZKI DOMIESZKOWANE CEREM O WŁAŚCIWOŚCIACH LUMINESCENCYJNYCH Helena Węglarz, Anna Wajler, Henryk Tomaszewski, Zdzisław Librant, Ryszard Diduszko .....	5
ROLA DYFUZJI KATIONÓW W ODKSZTAŁCANIU NADPLASTYCZNYM CERAMIKI TLENKOWYCH. CZ. 2. POMIARY SZYBKOŚCI ODKSZTAŁCANIA Marek Boniecki .....	19
WARSTWY FALOWODOWE Z POLIMETAKRYLANU METYLU I POLIIMIDU W PODZESPOŁACH Z FALĄ AKUSTYCZNĄ TYPU LOVE'A Judyta Hechner .....	34
POMIAR KONCENTRACJI NOŚNIKÓW I ŁADUNKU W PŁYTKACH MONOKRYSTAŁÓW OBJĘTOŚCIOWYCH I WARSTWACH EPITAKSJALNYCH SiC ZA POMOCĄ SONDY RTĘCIOWEJ Andrzej Brzozowski .....	53
<b>STRESZCZENIA ARTYKUŁÓW PRACOWNIKÓW ITME.....</b>	<b>67</b>



## **Investigation of structural perfection and faceting in highly Er-doped $\text{Yb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ crystals**

**Kołodziejak K.<sup>1</sup>, Wierzchowski W.<sup>1</sup>, Wieteska K.<sup>2</sup>, Malinowski M.<sup>2</sup>, Graeff<sup>3</sup>, Łukasiewicz T.<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup> Institute of Atomic Energy, 05-400 Otwock-Świerk, Polska

<sup>3</sup> HASYLAB at DESY, Notkestrasse 85, 22603 Hamburg, Germany

*Crystal Research Technology*, 43, 4, (2008), 369-373

The undoped  $\text{Yb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  (YbAG) single crystals and doped with 1.5, 10 and 30 at% erbium were grown by the Czochralski method. The YbAG crystals offer efficient emission of laser beam of 2.94  $\mu\text{m}$  and 1.55  $\mu\text{m}$  important for practical applications in communication and medicine. The crystals were investigated by various synchrotron X-ray diffraction methods including white beam topographic methods, monochromatic beam topography and recording of the rocking curves. The experiments were performed at E2 and F1 experimental stations in HASYLAB. The investigations proved a good crystallographic perfection of the crystals, in most cases revealing only segregation fringes and growth facets. The crystallographic identification of the facets was performed together with direct evaluation of growth front radius from the transmission section topographs. Relative lattice parameter changes connected with erbium segregation were found to be less than  $2 \times 10^{-5}$  inside the segregation fringes and  $8 \times 10^{-5}$  in the facets.

## **Zastosowanie graficznego środowiska programistycznego w niestacjonarnej spektroskopii fotoprądowej o dużej rozdzielczości**

**Żelazko J.<sup>1</sup>, Pawłowski M.<sup>1,2</sup>, Kamiński P.<sup>1</sup>, Kozłowski R.<sup>1</sup>, Miczuga M.<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> Wojskowa Akademia Techniczna, ul. gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, Polska

*Przegląd Elektrotechniczny*, 84, 5, (2008), 305-308

Przedstawiono sposób automatyzacji systemu pomiarowego do badania centrów defektowych w półprzewodnikach wysokorezystywnych metodą niestacjonarnej spektroskopii fotoprądowej w oparciu o graficzne środowisko programistyczne LabVIEW. Opisano funkcjonalność aplikacji sterującej procesem pomiaru w szerokim zakresie temperatur (20 - 750 K). Potencjalne możliwości badawcze systemu pomiarowego zilustrowano na przykładzie wyników otrzymanych dla próbki wysokorezystywnego krzemu napromieniowanego neutronami.

## **Spectroscopic study of $\text{Eu}^{3+}$ -doped $\text{Gd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ca}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ prepared by sol-gel method**

**Kłos A.<sup>1</sup>, Lipińska L.<sup>1</sup>, Solarz P.<sup>2</sup>, Ryba-Romanowski<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> Institute of Low Temperature and Structure Research, Polish Academy of Science, ul. Okólna 2, 50-950 Wrocław, Polska

*Journal of Alloys and Compounds* 459, (2008), 410-413

$\text{Eu}^{3+}$ -doped  $\text{Gd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ca}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$  solid solutions in the form of nanopowders with mean particle size of about 50 nm were prepared by sol-gel method for  $x = 0.13, 0.44$  and  $0.60$ . X-ray examination revealed that compounds prepared by this method are single phase in contrast to compounds prepared by solid state reaction. Room temperature VIUV-UV excitation spectra of the  $^5\text{D}_0$  emission and corresponding VUV-excited emission spectra of  $\text{Eu}^{3+}$  were recorded using synchrotron radiation. In addition the excitation spectra in the visible region and the  $^5\text{D}_0$  luminescence decay curves were measured. Spectroscopic features of nanopowders prepared by sol-gel method were compared with those evaluated for single crystal samples grown by the micro-pulling down technique from charge prepared by sol-gel method. It has been concluded that the sol-gel method facilitates the control of stoichiometry and structural stability of compounds under study.

## **On the formation of complexes between Mn acceptors and hydrogen in GaP and GaMnP alloys**

**Clerjaud B.<sup>1</sup>, Wasik D.<sup>1,2</sup>, Bouanani-Rahbi R.<sup>1</sup>, Strzlecka G.<sup>3</sup>, Hruban A.<sup>3</sup>, Kamińska M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> UPMC Univ. Paris 06, CNRS, UMR 7588, INSP, 140 rue de Lourmel, 75015 Paris, France

<sup>2</sup> Institute of Experimental Physics, Warsaw University, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, Polska

<sup>3</sup> Institute of Electronic Materials Technology, Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Polska

*Journal of Applied Physics*, 103 (2008), 123507-5

The observation of the local vibrational stretching mode of the manganese-hydrogen complex in GaP by infrared spectroscopy is reported. It is shown that when manganese is in the impurity regime, the complex only forms in very small concentrations in samples in which the Fermi level is about 0.3 eV above the valence band maximum. The reasons for this behavior are analyzed. It is argued that in GaMnP alloys, the formation of manganese-hydrogen complexes is more likely than in the impurity regime, but a full passivation of the manganese by hydrogen is not possible.



## **Appearance of superconductivity in GaP and GaAs samples highly doped with Cr**

**Gosk J.B.<sup>1,2</sup>, Puźniak R.<sup>3</sup>, Strzelecka G.<sup>4</sup>, Materna A.<sup>4</sup>, Hruban A.<sup>4</sup>, Wiśniewski A.<sup>3</sup>, Szewczyk A.<sup>3</sup>, Kowalski G.<sup>1</sup>, Korona K.<sup>1</sup>, Kamińska M.<sup>1</sup>, Twardowski A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Experimental Physics, Warsaw University, ul. Hoża 60, 00-681 Warszawa, Polska

<sup>2</sup> Faculty of Physics, Warsaw University of Technology, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, Polska

<sup>3</sup> Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Aleja Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, Polska

<sup>4</sup> Institute of Electronic Materials Technology, Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Polska  
*Superconductor Science and Technology*, 21, (2008), 1-5

Bulk GaAs and GaP samples, highly doped with Cr were grown by the liquid encapsulated Czochralski (LEC) method. Magnetic measurements revealed type I superconductivity with  $T_c \approx 6.2$  K and  $H_c \sim 600$  Oe, identical for both compounds. The presence of amorphous inclusions of gallium, due to specific cellular structures of the defects in the crystals grown by the LEC method, may explain existing superconductivity as a result of a phase transition leading to  $\beta$ -Ga during cooling down of the sample. Since the observed parameters are also close to the parameters characteristic for superconducting Ga II we are not ruling out this possibility.

## **Visible light emission from silicon dioxide with implanted excess silicon**

**Gawlik Grzegorz<sup>1</sup>, Jagielski Jacek<sup>1,2</sup>**

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

<sup>2</sup> The Andrzej Soltan Institute of Nuclear Studies, 50-400 Świerk k. Otwocka, Polska

*Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 266, (2008), 1307-1311

Light emission from silicon dioxide doped with excess silicon by silicon ion implantation was investigated. Photoluminescence of silicon dioxide after silicon ion implantation and subsequent annealing at temperature exceeding 100°C was observed. Excitation with monochromatic light with wavelength ranging from  $\lambda = 488$  nm to  $\lambda = 266$  nm leads to wide wavelength band emission ranging from about 650 nm up to about 850 nm with a maximum located at about 750 nm. The red/infrared photoemission is attributed to silicon nanocrystals created in silicon dioxide matrix. However, the same material used in electroluminescent experiments emitted blue and green light as well. In this paper the results of photo- and ionoluminescence experiments will be presented. The interest of the paper is focused on the problem of identification of different regions in the structure responsible for light emission of different wavelengths.

## **The influence of the growth temperature and interruption time on the crystal quality of InGaAs/GaAs QW structures grown by MBE and MOCVD methods**

**Jasik A.<sup>1</sup>, Wnuk Artur<sup>2</sup>, Wójcik-Jedlińska A.<sup>1</sup>, Jakiela Rafał<sup>2,3</sup>, Muszalski J.<sup>1</sup>, Strupiński Włodzimierz<sup>2</sup>, Bugajski M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Electron Technology, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, Polska

<sup>2</sup> Institute of Electronic Materials Technology, Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Polska

<sup>3</sup> Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, Polska

*Journal of Crystal Growth*, 310, (2008), 2785-2792

The impact of two technological parameters, i.e., the growth temperature and the interface growth interruption, on the crystal quality of strained InGaAs/GaAs quantum well (QW) structures was studied. The investigated heterostructures were grown by molecular beam epitaxy (MBE) and metalorganic chemical vapour deposition (MOCVD) under As-rich conditions. Photoluminescence (PL), reflection high-energy electron diffraction (RHEED) and atomic force microscopy (AFM) were adopted for the evaluation of specified interfaces smoothness and the quality of layers. Comparison between both epitaxial techniques allowed us to find, that the growth temperature plays more significant role in the case of structures grown by MBE technique, whereas the quality of MOCVD grown structures is more sensitive to the growth interruption. Optimum values of the investigated parameters of QW crystallization were obtained for both growth techniques.

## **Superplasticity phenomenon on oxide ceramics**

**Boniecki M.<sup>1</sup>**

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

*Ceramika/Ceramics*, 103 (2008), 349-363

A phenomenon of superplasticity of ceramics (yttria stabilised zirconia, alumina) undoped and doped with different oxides with contents not more than 1% mol, composites based on mentioned ceramics and spinel  $MgAl_2O_4$  was studied. It was proved that grain boundary diffusion of cations is the basic accommodation mechanism of grain boundary sliding which was responsible for superplastic flow (for not very high stress where a dislocation movement becomes significant). Superplastic flow of the ceramics is described by Coble equation in function of applied stress, temperature and grain size. The equation is modified by the factor which has been established under the assumptions that grain boundaries are discrete sources and sinks of vacancies. It was found out that superplastic flow of ceramic composites is not on mixture principle because addition of even few cations to pure alumina or zirconia significantly changed the rate of matrix cation grain boundary diffusion. The several possibilities of practical application of superplasticity were presented, particularly

for joining between non-superplastic coarse grained structural ceramics with aid of thin superplastic interlayers.

## **Residual stresses in ceramic materials from monophase ceramics to ceramic composites**

**Tomaszewski Henryk<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Electronic Materials Technology, Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Polska  
*Ceramika/Ceramics, 103, (2008), 333-348*

As is generally known during cooling polycrystalline ceramics from sintering temperature residual stresses are generated. They appear due to thermal expansion mismatch of phases present in ceramics. Residual stresses exert an important influence on the mechanical behaviour of polycrystalline materials. They can lead to crack initiation in the sense of microcracking but can also influence crack propagation by determining the evolution of the crack and contribute to the effectiveness of crack bridging or by microcrack shielding.

Residual stresses are also generated in monophase noncubic ceramics, like alumina. Due to anisotropy in crystallographic and thermal properties of alumina, some grains in the alumina matrix are subjected to compression and play the role of „bridges”. The remaining grains, subject to tension, are considered as making up the constitutive „matrix”. The bridging grains influence the stress intensity factor  $K_I$  as the crack grows. Amount of bridging grains is dependent on alumina grain size and is related to the mean value of residual stresses generated by thermal expansion anisotropy. The residual stresses may be enhanced by addition of the second phase whose thermal expansion coefficient shows the desired degree of mismatch with that of the matrix. In contrary addition of particles having a lower thermal expansion coefficient to alumina matrix changes the residual stresses from compressive to tensile and in consequence reduces the effectiveness of grain bridging.

Residual stresses play great role also in layered composites with strong interfaces where crack deflection was found to be the main mechanism responsible for an increase in fracture toughness. In case of zirconia/alumina composites crack deflection was observed in alumina layer being under compression. Crack deflection angle occurred to be dependent on residual stress distribution in alumina layer. To confirm this observation distribution of stress has been changed by preparing composites with barrier layers made of an oxide mixture instead of pure alumina. In that case crack propagated through the barrier layer without deflection, independently of the layer thickness. The same relations have been found in alumina/mullite layered composites where mullite was in compression. Here also, in increase of the crack deflection angle with the mullite layer thickness was found.

The highest failure resistance of ceramics has been obtained for laminar composites

with weak interfaces. The weak interface deflected the crack propagating perpendicularly to the plane of laminates repeatedly during fracture, thus leading to extremely high work-of-fracture. In this case decrease of interlayer thickness keeping matrix constant lead to increase of matrix layer/interlayer pairs amount in composite sample and amount of cracking/delamination events responsible for non-catastrophic fracture. Residual stresses play a minor role when thermal expansion misfit of layer and interlayer material is small. However large misfit will cause laminates to disintegrate due to delamination during cooling from sintering temperature.

## Wskazówki dla autora

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

Tekst (edytory tekstu)

**Word 6.0 lub 7.0**

Grafika

**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 stronicy 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: (4822) 8359003

tel.: (4822) 8353041-9

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

<http://sp.itme.edu.pl>

Główne kierunki działalności Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych – prowadzenie badań naukowych i prac badawczo-rozwojowych dotyczących: technologii otrzymywania i efektywnego wykorzystania materiałów elektronicznych.

Działania te dotyczą następujących materiałów i związków półprzewodnikowych: (Si, GaAs, GaP, InAs, InP): epitaksjalne warstwy półprzewodnikowe (Si, GaAs, GaP, InP, GaAsP, InGaAs, InGaAsP, InGaAlP, GaAlAs, InAlAs); materiały laserowe (YAP, YAG: Nd, Er; Pr, Ho, Tm, Cr): epitaksjalne warstwy YAG; materiały elektrooptyczne i piezoelektryczne (kwarc,  $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ); materiały optoelektroniczne i nieliniowe ( $\text{CaF}_2$ ,  $\text{BaF}_2$ , boran baru BBO); materiały podłożowe pod wysokotemperaturowe warstwy nadprzewodzące ( $\text{SrLaGaO}_4$ ,  $\text{SrLaAlO}_4$ ,  $\text{CaNdAlO}_4$ ,  $\text{NdGaO}_3$ ); materiały i kształtki ceramiczne ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ); szkła o zadanych charakterystykach spektralnych i aktywne włókna światłowodowe i obrazowody; kompozyty metalowo-ceramiczne; złącza zaawansowanych materiałów ceramicznych ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ , AlN) i kompozytów z metalami; kompozyty metalowe i czyste metale (Ga, In, Al, Cu, Zn, Ag, Sb); pasty do układów hybrydowych; oraz zastosowania ich w podzespołach: diody Schottky'ego, tranzystory FET i HEMT; lasery, fotodetektory; filtry i rezonatory z akustyczną falą powierzchniową; maski chromowe do fotolitografii.

Instytut wykonuje usługi w zakresie technologii HI-TECH, takich jak: fotolitografia, elektronolitografia, osadzanie cienkich warstw, obróbka termiczna oraz charakteryzacja materiałów (spektrometria mas i Mössbauera, FTIR, EPR, ICP RBS, spektrometria IR i UV, absorpcja atomowa, wysokorozdzielcza dyfrakcja rentgenowska, fotoluminescencja, DLTS, PITS, mikroskopia optyczna i elektronowa; charakteryzacja podzespołów elektronicznych: pomiary impedancyjne i pomiary widm promieniowania i szumów).