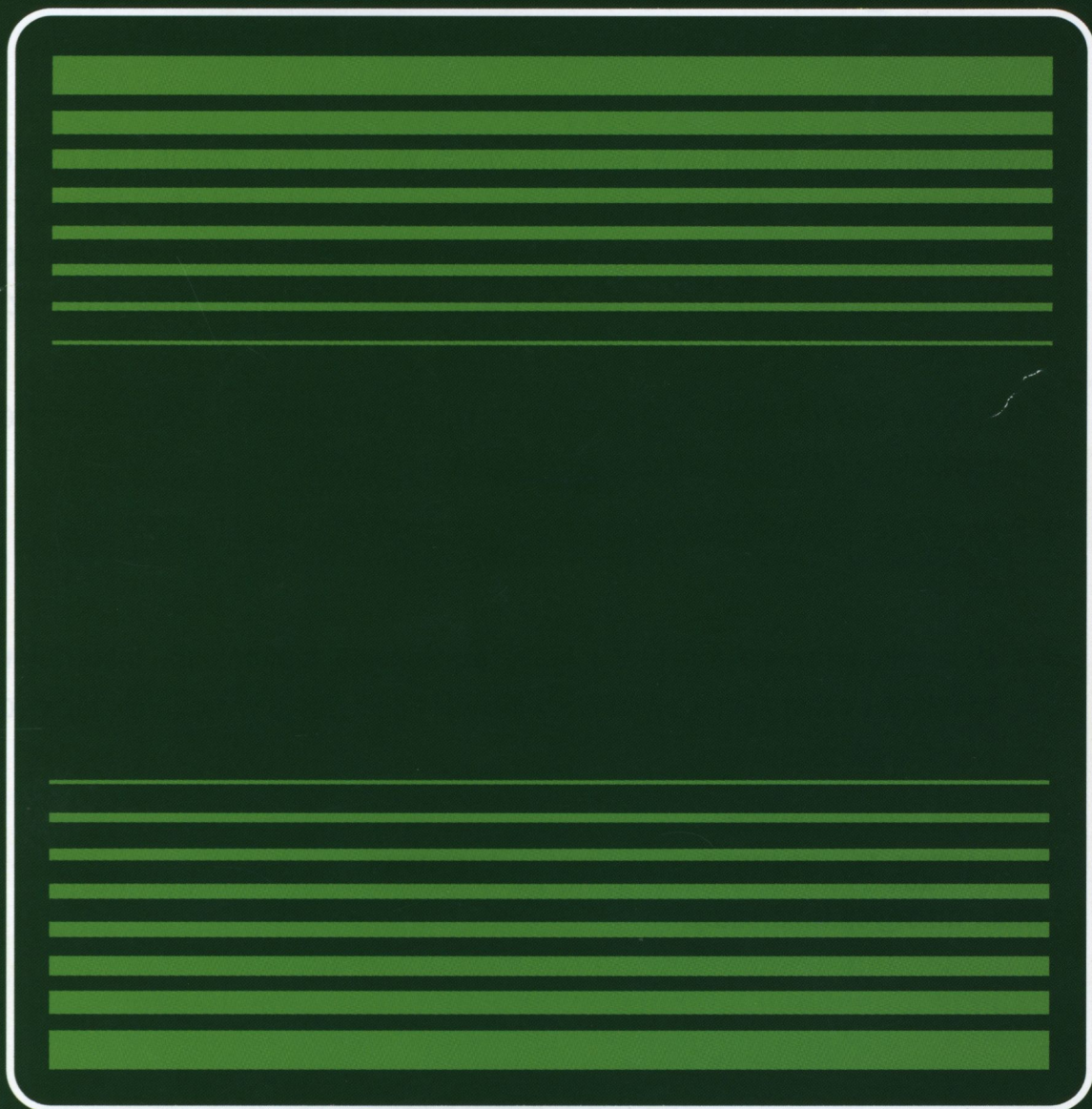


MATERIAŁY ELEKTRONICZNE

PL ISSN 0209-0058



INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH

Nr 1
2007 T.35



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

sekretarz naukowy
tel. 8354416
fax: (4822) 8349003
e-mail: 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
<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. 8349730; fax: 8349003, komertel/fax 39120764,
e-mail: itme@sp.itme.edu.pl

INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH

**MATERIAŁY
ELEKTRONICZNE**
KWARTALNIK

T. 35 - 2007 nr 1

Wydanie publikacji dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

WARSZAWA ITME 2007

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

PL ISSN 0209 - 0058

Skład i grafika komputerowa - ITME

<http://rcin.org.pl>

SPIS TREŚCI

ARTYKUŁY

EPITAKSJA Z FAZY CIEKŁEJ STRUKTUR MIKROLASEROWYCH Cr,Mg:YAG/Yb:YAG Jerzy Sarnecki, Krzysztof Kopczyński	5
ZAGADNIENIA OPTIMALIZACJI KONSTRUKCJI DIOD LASEROWYCH DUŻEJ MOCY Andrzej Małag	21
DWUSZKLANE WŁÓKNA MIKROSTRUKTURALNE Ireneusz Kujawa, Ryszard Stępień, Dariusz Pysz, Przemysław Szarniak, Andrzej Lechna, Janusz Duszkiewicz, Krzysztof Haraśny, Irena Michalska	47
ZASTOSOWANIE KLEJÓW PRZEWODZĄCYCH W MIKROMONTA- ŻU ELEKTRONICZNYM JAKO ALTERNATYWNY DO POŁĄCZEŃ LUTOWANYCH Marcin Słoma, Małgorzata Jakubowska, Ryszard Jezior	62
STRESZCZENIA ARTYKUŁÓW PRACOWNIKÓW ITME	84
PROJEKTY BADAWCZE - XXXI KONKURS	91

OD REDAKCJI

Na posiedzeniu w dniu 14 maja 2007 r. Komitet Redakcyjny ME zdecydował o rozszerzeniu od 2007 roku tematyki „Materiałów Elektronicznych”. Oprócz istniejących rozdziałów (artykuły i protokoły PTWK) postanowiono dołączyć:

- streszczenia artykułów pracowników ITME opublikowanych w innych czasopi-
smach,
- streszczenia rozpraw doktorskich, projektów zamawianych, grantów, projektów
europejskich,
- opisy nowych wyrobów, metod i aparatury,
- kronikę ITME (informacje o ludziach ITME, otwarte przewody i uzyskane tytuły
naukowe).

Mamy nadzieję, że zmiany te przyczynią się do lepszego poznania prac pro-
wadzonych w ITME.

Zachęcamy również do czynnej współpracy z naszym czasopismem poprzez
przesyłanie artykułów oraz innych informacji, które miałyby ukazać się w nowych
rubrykach „Materiałów Elektronicznych”.

Redakcja

MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH

Superplastic joining of alumina and zirconia ceramics

Marek Boniecki, Dariusz Kaliński, Zdzisław Librant, Władysław Wesolowski

Institute of Electronic Materials Technology, 133 Wólczyńska Str., 01-919 Warsaw, Poland
Journal of the European Ceramic Society, 27, (2007) 1351-1355

Al₂O₃/ZrO₂ composites with from 0 to 100% ZrO₂ content were bonded by superplastic flow at 1280, 1350 and 1400°C under the pressure 30 or 50MPa during the time from several min to several hours. FGM joints between Al₂O₃ and ZrO₂ parts and joints between non-superplastic coarse grained alumina bars with aid of thin superplastic plates were also obtained. All the joints were pore-free and strong. For $\Delta\alpha > 1 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ cracks parallel to interface arose near the joint. Residual stress distribution was evaluated by finite-element and Vickers indentation analysis. The calculations revealed that critical tensile stresses appeared only in perpendicular direction to the interface.

Multilayer ceramic composites with high failure resistance

Henryk Tomaszewski, Helena Węglarz, Anna Wajler, Marek Boniecki, Dariusz Kaliński

Institute of Electronic Materials Technology, 133 Wólczyńska Str., 01-919 Warsaw, Poland
Journal of the European Ceramic Society, 27, (2007) 1373-1377

Since Clegg et al. first fabricated SiC/C multilayer composites in 1990, multilayer ceramics have received much attention because of their improved properties achieved by designing weak interfaces. The weak interface can deflect the crack propagating perpendicularly to the plane of laminates repeatedly during fracture, thus leading to extremely high work-of-fracture. In this work multilayer composites of Al₂O₃/LaPO₄ were prepared using tape casting technique. Alumina slurry with acrylic latex binder was cast first on a polyester film, dried and then coated by LaPO₄ interlayer cast on it. The coated green tapes were dried, stacked and laminated. After the removal of the binder, the green body was hot pressed in argon atmosphere at 1280°C. A series of experiments were designed and conducted to investigate the influence of geometrical factors on mechanical properties of multilayer composites. Work-of-fracture of layered composites as high as 1100 J/m² has been found.

Crystallization behaviour of the Fe₆₀Co₁₀Ni₁₀Zr₇B₁₃ metallic glass

A. Grabias¹, D. Oleszak², M. Kopcewicz¹, J. Latuch²

¹ Institute of Electronic Materials Technology, Wólczyńska Street 133, 01-919 Warsaw, Poland

² Department of Materials Science and Engineering, Warsaw University of Technology, Wołoska 141, 02-507 Warsaw, Poland

Materials Science and Engineering A, 449-451 (2007) 552-556

The aim of this work was to investigate the influence of annealing on the structure of the ferromagnetic $\text{Fe}_{60}\text{Co}_{10}\text{Ni}_{10}\text{Zr}_7\text{B}_{13}$ metallic glass. Crystallization behaviour of the alloy was studied by differential scanning calorimetry, X-ray diffraction and Mössbauer spectroscopy measurements. A combination of transmission and conversion electron Mössbauer techniques allowed us to compare the crystallization processes occurring in the bulk and in the surface layers of the ribbon samples. The first stage of crystallization corresponding to the partial crystallization of the bcc Fe–Co solid solution was followed by the formation of iron borides and the paramagnetic iron-poor fcc Fe–Ni phase. The surface crystallization started at lower annealing temperature than the bulk one. The bcc Fe–Co and tetragonal Fe_2B phases were observed at the surfaces of the annealed ribbons.

Processing, microstructure and mechanical properties of Al_2O_3 –Cr nanocomposites

Chmielewski Marcin, Pietrzak Katarzyna

Institute of Electronic Materials Technology, 133 Wólczyńska Str, 01-919 Warsaw, Poland
Journal of the European Ceramic Society, 27 (2007) 1273-1279

Alumina–chromium composites are well known for their good mechanical properties in comparison with pure alumina or metals. The composites have high hardness, high mechanical strength and because of their strong resistance to abrupt changes of temperature within the 25–1300°C range or high temperature resistance to oxidation, they can be used at temperatures exceeding 1000°C. Most of earlier works tended to use particles in the micrometer range. In this work, Al_2O_3 –Cr nanocomposites with 25, 50 and 75 vol.% Cr were made by pressureless sintering and hot pressing of aluminium oxide nanopowder (80 nm) and chromium particles in the micrometer range. The presented paper concerns the examination of the microstructure and mechanical properties (hardness, bending strength, wear resistance) of Al_2O_3 –Cr nanocomposites. The microstructural examinations (optical, scanning and transmission microscopy) show that almost fully dense materials can be obtained (typically 98–99% of theoretical density), when pressureless sintering at 1600°C or hot pressing at 1400°C. Moreover, the sintering process did not cause any major changes in the structure of the composite, although it was stated significant growth of the Al_2O_3 nanograins.

Interlayer of Al_2O_3 –Cr functionally graded material for reduction of thermal stresses in alumina–heat resisting steel joints

Katarzyna Pietrzak, Dariusz Kaliński, Marcin Chmielewski

Institute of Electronic Materials Technology, 133 Wólczyńska Str., 01-919 Warsaw, Poland
Journal of the European Ceramic Society, 27 (2007) 1281-1286

The present paper analyses the influence of an interlayer's construction and thickness on thermal residual stresses generated in ceramic–metal joints.

Numerical calculations (the finite elements method—FEM) of the state of thermal residual stresses, as well as the verifying technological tests, were made for the following pair of materials: the Al₂O₃ ceramics–heat resisting steel. The model reference system was the direct joint of these materials. The results presented in this paper concern the influence of the type of a gradient material (various thickness, various construction profile—understood as the number of layers, various Al₂O₃–Cr composition and mutual position) on the state of residual stress in the joint. The numerical calculations carried out on the state of residual stresses showed that for the assumed composition and thickness of the gradient material it is possible to further lower the level of stresses in the ceramic element of the analyzed joint by modifying the profile of a gradient material's inner structure. It was found that the dangerous stresses concentration area was shifted from the bonding line ceramic/FGM layer (of relatively low strength) further into the FGM's layer, i.e. to the dividing line layer I (75Al₂O₃/25Cr)/layer II (50Al₂O₃/50Cr), of much higher strength.

On the solubility of Nd³⁺ in Y₃Al₅O₁₂

D. Klimm¹⁾, S. Ganschow¹⁾, A. Pajączkowska²⁾, L. Lipińska²⁾

¹⁾ Institute for Crystal Growth, Max-Born-Str. 2, 12489 Berlin, Germany

²⁾ Institute of Electronic Materials Technology, 01-919 Warsaw, Poland

Journal of Alloys and Compounds, 436 (2007) 204-208

Neodymium doped yttrium aluminum garnet powders (Nd:YAG or (Y_{1-x}Nd_x)₃Al₅O₁₂, x = 0.15, 0.25, or 0.30, respectively) were prepared by a sol–gel technique. By DTA measurements up to 2000°C eutectic and liquidus temperatures could be determined. Exothermal peaks in the second and subsequent DTA heating runs indicate that the crystallized DTA samples are not in equilibrium. The section Y₃Al₅O₁₂–Nd₃Al₅O₁₂ of the concentration triangle Al₂O₃–Nd₂O₃–Y₂O₃ is proposed on the basis of thermodynamic calculations that allows to explain the experimental results by the balance of metastable phase states in the previously crystallized DTA samples.

Photoinduced transient spectroscopy of defect centers in GaN and SiC

Kamiński Paweł¹⁾, Kozłowski Roman¹⁾, Kozubal Michał¹⁾, Żelazko Jarosław¹⁾, Miczuga M.²⁾, Pawłowski Mariusz¹⁾

¹⁾ Institute of Electronic Materials Technology

²⁾ Military University of Technology

Semiconductors, 41, 4 (2007) 414-420

The potentialities of photoinduced transient spectroscopy in terms of investigation of defect centers in wide band gap semiconductors are presented. The experimental system dedicated to measurements of the photocurrent transients at temperatures

20-800 K is described and a new approach to extraction of trap parameters from the photocurrent relaxation waveforms recorded in a selected temperature range is presented. The approach is based on the two-dimensional analysis of the waveforms as a function of time and temperature using the correlation procedure. As a result, the three-dimensional images showing the temperature changes of the emission rate for detected defect centers are produced and a neural network method is applied to determine the parameters of defect centers. The new approach is exemplified by studies of defect centers in high-resistivity GaN:Mg and semi-insulating 6H-SiC:V.

The influence of some oxides on the superplastic flow and diffusion in ZrO₂

Marek Boniecki, Rafał Jakiela, Zdzisław Librant, Marek Rećko, Władysław Wesolowski

Institute of Electronic Materials Technology, 133 Wólczyńska Str., 01-919 Warsaw, Poland
10th International Conference and Exhibition of the European Ceramic Society, Berlin, Niemcy, 17-21.06.2007

The superplastic behaviour of various oxide-doped yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal was examined. It appeared that small dopant additions (0.5 and 1 mol%) of Al₂O₃, SiO₂, MgO, MgAl₂O₄, GeO₂ and TiO₂ strongly affected the superplastic flow of ZrO₂. It was proposed that the flow was controlled by grain boundary diffusion of Zr⁴⁺ and therefore the dopant cations should change it. Hence the measurements of grain boundary and lattice diffusion were made using Hf⁴⁺ ions as a tracer and a secondary ion mass spectrometry (SIMS) to determine the diffusion profiles. Superplastic flow was measured at 1553 K in bending test. For diffusion tests samples were annealed at temperatures from 1553 to 1773 K in air. The obtained results enabled to prove the thesis that increasing of strain rate superplastic flow is proportional to the grain boundary cation diffusion growth caused by dopant cations.

High-spin radical cations of alternating poly (*m-p*-anilines)

Irena Kulszewicz-Bajer^{1,3}, Małgorzata Zagórska³, Ireneusz Wielgus³ Mariusz Pawłowski³

¹) Faculty of Chemistry, Warsaw University of Technology, Noakowskiego 3, 00-664 Warsaw, Poland

²) Institute of Experimental Physics, Warsaw University, Hoża 69, 00-681 Warsaw, Poland

³) Institute of Electronic Materials Technology, Wólczyńska 133, 01-919 Warsaw, Poland
Journal Phys. Chem. B, 111 (2007) 34-40

Three alternating poly(*m-p*-anilines) have been synthesized via palladium-catalyzed amination reactions. Polymers were oxidized to radical cations by the use of chemical and electrochemical methods. The presence of radical cations was manifested

by the appearance of two new bands in UV – vis spectra and a strong EPR signal. Moreover, EPR spectra at low temperatures confirmed the formation of a high-state. The magnetization measurements of polymers oxidized to radical cations revealed the paramagnetic-type behavior with weak antiferromagnetic interactions. Radical cations underwent the degradation processes in the presence of air, which led to the decrease of spin concentration.

Self-organized microstructures of ZnO-WO₃ and ZnO-Nb₂O₅ eutectics

Katarzyna Kolodziejak, Dorota A. Pawlak, Ryszard Diduszko, Tadeusz Łukasiewicz

Institute of Electronic Materials Technology, 133 Wólczyńska Str., 01-919 Warsaw, Poland
NANOMETA 2007, The 1st European Topical Meeting on Nanophotonics and Metamaterials, 08.01-11.01.2007 Seefeld, Austria

Eutectics are special materials which are both a MONOLITH and a MULTIPHASE MATERIAL. Eutectics have two kinds of properties: additive and product properties. The additive properties depend on spatial distribution and volume fraction of the phases. The product properties depend on such structural factors as phase size or periodicity. Product properties can exist in the eutectic but not in the particular phases of the eutectic. The product properties may define metamaterials, since “metamaterials are engineered composites that exhibit superior properties that are not found in nature and not observed in the constituent materials”. That is why the authors investigate the eutectics looking for the metamaterials applications. In this work the self-organized microstructures of ZnO-WO₃ and ZnO-Nb₂O₅, will be presented. Their growth is based on directional solidification of binary eutectics by the micro-pulling down method. These eutectics solidify with the broken lamellar geometry. In the case of both eutectics only two phases are being formed. Zinc oxide phase and ZnWO₄ phase for ZnO-WO₃; eutectic and also zinc oxide phase and Zn₃Nb₂O₈ phase in the case of ZnO-Nb₂O₅, eutectic. Recently it has been discovered that ZnO-WO₃ eutectic is a blue phosphor material with the prospective use in advanced flat panel display and lighting applications (a micro/nanostructured light source). This property could be used as an advantage in looking for metamaterials applications. The structural analysis and spectroscopic properties of the investigated eutectics will be presented.

Nanopowders and crystals in (Y_{1-x}Nd_x)₃Al₅O₁₂ system: Preparation and properties

Ludwika Lipińska¹, L. Lojko¹, Andrzej Klos¹, S. Ganschow², Ryszard Diduszko¹, W. Ryba-Romanowski³, Anna Pajączkowska¹

¹ Institute of Electronic Materials Technology, 01-919 Warsaw, Poland

² Institute for Crystal Growth, D-12489 Berlin, Germany

³⁾ Institute of Low Temp. and Struct. Research, Polish Ac. Sc., 50-950 Wrocław, Poland
Journal of Alloys Compounds, 432 (2007) 177-182

Total substitution of yttrium by neodymium assuming garnet phase of the YAG:Nd was investigated. Components were synthesized by sol-gel method and the limit solubility of Nd in the single phase of YAG was equal to 27.5 at.%. At higher concentration of Nd two phases were found, garnet and perovskite. Samples of Nd-Al-O stoichiometric garnet exhibit only the perovskite phase. Crystals were grown by micro-pulling method and at concentration of Nd larger than 1 at.% Nd, the crystals show two phases: garnet and solid solution of perovskite. Luminescence decay curves of nanopowders depend on thermal treatment. The increase in Nd³⁺ concentration in YAG matrix over 10 at.% is not recommended for optical applications. It was found that the lifetime value for the powder YAG sample containing 1% of Nd³⁺ is larger than the reported lifetimes for sample of the YAG single crystal.

Positron annihilation and ion beam analysis of ion-bombardment-induced hydrogen release and oxidation of ultra high molecular weight polyethylene

I.Y. Al-Qaradawi¹⁾, N. K. Madia¹⁾, A. Turos^{2,3)}, A. M. Abdul-Kaderb^{2,3)}

¹⁾ Physics Department, College of Science, University of Qatar, Doha, Qatar

²⁾ Institute of Electronic Materials Technology, Str. Wólczyńska 133, 01-919 Warsaw, Poland

³⁾ The Andrzej Soltan Institute for Nuclear Studies, Str. Hoża, 69, 00-681 Warsaw, Poland
Radiation Physics and Chemistry, 76 (2007) 123-128

Ultra high molecular weight polyethylene was bombarded with He⁺ and Ar⁺ ions to fluences ranging from 10¹³ to 2x10¹⁶ ions/cm². Rutherford backscattering and nuclear reaction analysis were applied to study mechanism of oxygen uptake and hydrogen release induced by ion beam bombardment. The influence of ion bombardment on positron annihilation lifetime parameters is also discussed. Hydrogen release was observed with increasing ion dose and was correlated to the ion stopping power. An important effect observed, was the rapid oxidation of samples after exposure to air.

On charge transport and low-frequency noise in the GaN p-i-n diode

Lech Dobrzański, Wlodek Strupiński

Institute of Electronic Materials Technology, 133 Wólczyńska Str., 01-919 Warsaw, Poland
IEEE Journal of Quantum Electronics, 43, 2 (2007) 188-195

The current-voltage (I-V) characteristics and low-frequency noise of the GaN p-i-n diodes were investigated in temperature range from 10 K to 300 K. We found that the reverse biased p-i-n diode made of GaN/AlGaIn exhibits features of the space charge limited (SCL) current flow and its I-V characteristics can be approximated by

the power law $I \sim V^n$ relation. This phenomenon can be attributed to the presence of the multiple charge traps in the intrinsic region of device. It has been demonstrated that the direct tunneling from traps to bands may occur in diodes at forward and reverse bias with strong support of the Frenkel effect. The low frequency noise in our devices does not depend on temperature in both bias directions under cryogenic conditions. The observed low-frequency noise features support the hypothesis that excess tunneling current and recombination at grain boundaries are origins of the I/f low-frequency noise in the diode at forward bias. The I/f noise in the reverse bias regime can be described as a composition of many Lorentzian noise components that originate from traps, which have specific depth distribution.

Tytuł projektu: Polikrystaliczny granat itrowo glinowy Nd:YAG do zastosowań laserowych – kontynuacja

Kierownik projektu - Prof. T. Łukasiewicz (projekt własny)

Sukcesy, jakie osiągnięto na początku lat sześćdziesiątych w wytwarzaniu przeświecalnej, a później przezroczystej ceramiki korundowej dla celów oświetleniowych zachęciły do podjęcia prób wytworzenia przezroczystego materiału polikrystalicznego również dla celów laserowych. Carnal, Hatch i Parsons w roku 1966 wytworzyli w tym celu polikrystaliczny fluorek wapnia dotowany Dy^2 .

Postęp w rozwoju ceramiki laserowej zanotowano w 1999 roku kiedy wysiłki badaczy z grupy Uedy z Institute for Laser Science i grupy Yanagitani i Yagi z Takuma Works, umożliwiły podjęcie przez firmę Konoshima Chemical Co. produkcji „ceramiki laserowej” w postaci bloków o średnicy 40 cm i grubości 5 cm.

Od tego czasu pojawiło się wiele prac zawierających fotografie przezroczystych płytek - dysków zwykle o średnicy 1 cm i grubości 1 mm, jednakże nikomu jak dotąd nie udało się powtórzyć sukcesu Japończyków. Na konferencji *17th International Conference on Photonic in Europe* 12-17 June 2005 firma Konoshima/Baikowski Ceramic YAG jako jedyna na świecie oferowała ceramikę YAG domieszkowaną jonami z grupy lantanowców.

W roku 2003 Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych otrzymał grant „Polikrystaliczny granat itrowo-glinowy Nd:YAG do zastosowań laserowych” z okresem realizacji 24 miesiące. Materiałem wyjściowym do formowania ceramiki YAG jest zawsze glinian itrowy mający strukturę krystaliczną granatu. W ramach zrealizowanego grantu opracowano dwie różne metody wytwarzania granatu itrowo-glinowego w formie proszku tj. metodę cytrynianową i metodę amoniakalną.

Ustalono doświadczalnie wstępne warunki fizykochemiczne przygotowywania roztworów i wytrącania osadu $YsA^{\wedge}Ou$, kontrolowane pomiarami DTA, warunki wygrzewania osadów w celu uzyskania fazy granatu, badania wpływu warunków wygrzewania na wielkość i porowatość krystalitów, sposób mielenia ziaren w specjalnym młynku (atrytor), określano skład granulometryczny otrzymywanego materiału. Wykonano badania prasowania próbek przygotowywanych do spiekania, badano wpływ warunków spiekania w próżni i pod ciśnieniem na gęstość i porowatość otrzymanych spieków. Otrzymano próbki wykazujące transmisję czystego YAG-u w przedziale 63-85% i Nd:YAG-u na poziomie 40% .

Dwu-trzyletni okres realizacji takiego grantu i przy bardzo ograniczonych środkach finansowych jest zbyt krótki na pełne wyjaśnienie wszystkich problemów i poznanie warunków tworzenia się struktury spełniającej stawiane wymagania zakończonej opracowaniem sposobu wytwarzania takiego materiału. Badania mechanizmów procesów stanowiących podstawy wytworzeniem ceramiki YAG zakończone sukcesem, jak na razie tylko w jednym miejscu w Japonii, trwały kilkanaście lat. Nie byłoby dobrze gdyby rozpoczęte w Polsce badania mimo uzyskanych wyników nie były kontynuowane.

Tytuł projektu: *Transformacje defektowe w warstwach epitaksjalnych wieloskładnikowych związków półprzewodnikowych III-N*

Kierownik projektu: prof. A Turos (projekt własny)

Projekt poświęcony jest poznaniu przemian struktur defektowych w warstwach epitaksjalnych związków potrójnych i poczwórnych związków półprzewodnikowych III-N ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$, $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ i $\text{Al}_y\text{In}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$) poddawanych implantacji jonów oraz procesom wygrzewania termicznego. Szczególnie ważna rola badań struktur defektowych wynika z decydującego wpływu, jaki mają one na parametry i niezawodność wytwarzanych przyrządów półprzewodnikowych. Złożoność układów, jakimi są potrójne związki półprzewodnikowe powoduje, że szczegółowe śledzenie elementarnych procesów defektowych wymaga stosowania różnorodnych metod badawczych, z których każda dostarcza informacji jedynie o wybranym aspekcie badanych zjawisk.

Projekt przewiduje przeprowadzenie kompleksowej charakteryzacji realnej struktury i rozkładu defektów przed i po implantacji, a także po procesach wygrzewania termicznego. Badany będzie wpływ składu chemicznego, dawek i masy jonów oraz temperatury implantacji. Najszerzej stosowane będą metody mikroanalizy jądrowej, RBS/channeling, oraz konwencjonalne i synchrotronowe metody rentgenograficzne. Ważnymi uzupełniającymi metodami będą techniki mikroskopii elektronowej (TEM i SEM) oraz SIMS. Przewiduje się pogłębioną analizę wyników opartą o modelowe obliczenia numeryczne. W aspekcie poznawczym wynikiem realizacji projektu będzie:

- poznanie mechanizmów tworzenia defektów w wyniku bombardowania jonowego,
- identyfikacja powstałych defektów,
- zbadanie mechanizmu termicznie aktywowanej migracji i transformacji defektów,
- korelacja rozkładów defektowych z profilami odkształceń sieci,
- określenie sposobów usuwania defektów na drodze wygrzewania piecowego i impulsowego,
- zbadanie kinetyki dekompozycji termicznej badanych związków w funkcji ich składu chemicznego i stanu zdefektowania.

W aspekcie aplikacyjnym uzyskane wyniki należy uważać za ważne „know-how”, pozwolą one bowiem na stworzenie bazy danych dla stosowania technik implantacyjnych w rozwijanych w Polsce technologiach krótkofalowych przyrządów optoelektronicznych i przyrządów elektronicznych dużej mocy i mogących pracować w wysokich temperaturach.

Tytuł projektu: *Samoorganizujące się mikro- i nano-materiały hybrydowe*

Kierownik projektu: dr A. Pawlak (projekt własny)

Celem niniejszego projektu jest opracowanie technologii otrzymywania samoorganizujących się mikro i nanostruktur hybrydowych o periodycznym uporządkowaniu takich, jak tlenek-półprzewodnik, tlenek-metal. Struktury te będą otrzymywane na bazie kierunkowej krystalizacji dwufazowych eutektyków. W zależności od entropii topnienia poszczególnych faz oraz stosunku objętości tych faz będzie możliwe otrzymywanie mikro i nanostruktur hybrydowych o różnej geometrii: jednowymiarowych, dwuwymiarowych i trójwymiarowych. Aby uzyskać regularną strukturę eutektyku, oprócz niskiej entropii topnienia obu faz, muszą być spełnione cztery warunki wzrostu: płaska granica kryształa/roztop, wysoki gradient temperatury, brak konwekcji oraz mała prędkość wzrostu. Wszystkie cztery warunki mogą być zachowane w metodzie mikro-wyciągania. Kierownik grantu zaproponował powyższą metodę do otrzymywania tego typu periodycznych struktur oraz pokazał możliwość otrzymywania mikro i nanostruktur tlenkowych za pomocą tej metody. Struktury te mogą wykazywać własności kryształów fonicznych lub mogą mieć własności metamateriałów.

Efektom projektu będzie opracowanie technologii otrzymywania periodycznie uporządkowanych mikro i nanostruktur hybrydowych o periodycznym uporządkowaniu i różnych geometriach oraz otrzymanie przykładowych struktur tlenek/półprzewodnik i tlenek/metal.

Otrzymane materiały będą wykazywały się nietypowymi własnościami łączącymi własności poszczególnych faz z mikro, czy nanostrukturą. Własności optyczne, spektroskopowe oraz magnetyczne otrzymanych materiałów będą zbadane, jak również wpływ periodyczności, rozmiaru oraz geometrii struktury na te własności.

Nowością będzie również otrzymywanie samoorganizujących się struktur, które mogłyby znaleźć zastosowanie jako metamateriały. Zgodnie z wiedzą autora jest to jedna z pierwszych tego typu prac na świecie.

Tytuł projektu: *Próba redukcji defektów w postaci mikrokanalików w monokryształach SiC za pomocą stopni krystalizacji*

Kierownik projektu: mgr inż. Emil Tymicki (projekt własny)

Celem niniejszego projektu jest opracowanie technologii redukcji defektów w postaci mikrokanalików w monokryształach SiC za pomocą wzrostu lateralnego poprzez stopnie krystalizacji. Monokryształy SiC będą otrzymywane z fazy gazowej metodą PYT (*Physical Vapor Transport*).

Monokryształyczny węgiel krzemu SiC jest doskonałym materiałem do zastosowań przy budowie urządzeń elektronicznych wysokiej mocy ze względu na szeroką przerwę energetyczną, dobrą przewodność cieplną oraz duże pole przebicia. Stosowany jest także na podłoża pod warstwy epitaksjalne GaN (niebieska optoelektronika). Podstawowym problemem w technologii otrzymywania monokryształów SiC są defekty strukturalne, takie jak: mikrokanaliki, dyslokacje, politypizm i makrodefekty.

Mechanizm wzrostu kryształu SiC z fazy gazowej polega na migracji stopni krystalizacji i tylko odpowiednie ułożenie i rozmiar stopni pozwala skutecznie redukować defekty w postaci mikrokanalików oraz zmieniać i stabilizować pożądany polityp. W ramach projektu statutowego ITME, kierownik wnioskowanego projektu przeprowadził analizę obrazu morfologii powierzchni frontu krystalizacji i stwierdził, że istnieje silne powiązanie morfologii powierzchni z gęstością defektów w postaci mikrokanalików w kryształach SiC. Podczas obserwacji wybrano kilka różnych próbek z frontu krystalizacji z typowymi strukturami stopni krystalizacji (układem, rozmiarem stopni) i stwierdzono silne powiązanie pomiędzy strukturą stopni krystalizacji a gęstością mikrokanalików. Można przypuszczać, iż wypracowanie odpowiednich warunków krystalizacji w celu otrzymania pożądanej struktury stopni krystalizacji pozwoliłoby obniżyć gęstość mikrokanalików nawet o rząd wielkości.

W 2005 r. udało się autorom projektu obniżyć poziom gęstości mikrokanalików z 300-800/cm² do 100-200/cm². Istnieje kilka sposobów generowania i dalszego wzrostu stopni krystalizacji, ale proces ten jest trudno kontrolowany. W trakcie realizacji projektu będzie przeprowadzanych szereg procesów monokrystalizacji w celu uzyskania pożądanej struktury stopni krystalizacji, co pozwoliłoby zredukować mikrokanaliki podczas wzrostu monokryształu SiC.

Efektami projektu będzie opracowanie warunków redukcji defektów w postaci mikrokanalików podczas wzrostu w monokryształach SiC. Praktycznym wynikiem będzie poprawienie jakości podłoża SiC poprzez obniżenie gęstości mikrokanalików poniżej 100/cm², wówczas podłoża będą mogły znaleźć zastosowanie do budowy urządzeń elektronicznych i optoelektronicznych.

Temat projektu: *Ceramiki z modyfikowaną radiacyjnie warstwą wierzchnią do zastosowań konstrukcyjnych*

Kierownik projektu: dr hab. Jacek Jagielski (projekt własny)

Podstawowym celem projektu jest zbadanie mechanizmów akumulacji defektów i naprężeń w materiałach ceramicznych takich jak: Al_2O_3 , ZrO_2 , MgAl_2O_4 i SiC i zależności pomiędzy stopniem zdefektowania a własnościami użytkowymi tych materiałów; nanotwardością, modułem Younga, zwilżalnością i własnościami ciernymi. Badane będą materiały o różnym zasięgu uporządkowania struktury krystalicznej od monokryształów do ceramiek polikrystalicznych o różnych rozmiarach ziaren. Praca motywowana jest wcześniejszymi wynikami wskazującymi, iż wprowadzenie do ceramiki kontrolowanego poziomu defektów strukturalnych umożliwia wytworzenie warstw wierzchnich o korzystnych własnościach mechanicznych; niskim współczynniku tarcia i wysokiej plastyczności. Spodziewane jest, że amorfizacja (prowadząca do uplastycznienia warstwy) i wytworzenie w warstwie wierzchniej wysokiego poziomu naprężeń powinno spowodować wzrost odporności na pękanie. Ogromną zaletą metod opartych na delektowaniu ceramiki jest to, że metody te nie prowadzą do zmian składu chemicznego materiału, co jest szczególnie cenne w przypadku zastosowań biomedycznych. W przypadku takiego materiału jak SiC poznanie mechanizmów akumulacji defektów ma kluczowe znaczenie dla opracowania technologii implantacyjnego domieszkowania tego materiału.

W ramach projektu planujemy sprawdzenie hipotezy badawczej polegającej na założeniu, że amorfizacja ceramiki jest procesem wieloetapowym, w którym kluczową rolę gra destabilizacja fazy krystalicznej w wyniku naprężeń. W pierwszym etapie następuje akumulacja defektów, zwykle w postaci niewielkich klastrów amorficznych, co prowadzi do rosnących naprężeń ściskających. Kiedy poziom tych naprężeń staje się odpowiednio wysoki faza krystaliczna nie jest w stanie przenieść tak dużych naprężeń i dalekie uporządkowanie strukturalne ulega zanikowi, np. w wyniku poligonizacji lub wytworzenia defektów złożonych (etap drugi). Trzeci etap to stabilizacja defektów na wysokim poziomie przy zachowaniu krystalicznej osnowy materiału. Ostatni, czwarty etap, który zdaje się występować w niektórych ceramikach (np. MgAl_2O_4 lub Al_2O_3) to kompletna transformacja do fazy amorficznej. Zrealizowanie badań niezbędnych do weryfikacji hipotezy badawczej wymaga komplementarnych badań wykorzystujących metody analizujące zarówno bliski jak i daleki porządek krystaliczny jak też poziom naprężeń w próbkach polikrystalicznych i monokrystalicznych. W pracy przewidziane jest szerokie wykorzystanie obliczeń numerycznych do modelowania zjawisk zachodzących w modyfikowanych materiałach, zarówno poziomu naprężeń (metodą elementów skończonych) jak i poziomu defektów (metodą symulacji Monte-Carlo).

Aplikacyjnym celem pracy jest też szczegółowe zbadanie własności mikromechanicznych (nanotwardość, moduł Younga i współczynnik tarcia), zwilżalności i odporności na pękanie w celu opracowania nowej klasy materiałów: ceramiek konstrukcyjnych z modyfikowaną warstwą wierzchnią.

Zespół badawczy to międzynarodowe konsorcjum dysponujące wszystkimi wymaganymi technikami badawczymi: metodą rozpraszania jonów RBS/C (CSNSM Orsay i FZR Rossendorf), metodami rentgenowskimi (ITME Warszawa, LMN Evry, Francja i FZR Rossendorf), transmisyjną mikroskopią elektronową (Wydział Inżynierii Materiałowej PW i CSNSM Orsay) i metodami pomiarów własności mikro- nanomechanicznych (ITME Warszawa i LMN Evry).

Tytuł projektu: *Umacnianie ceramiki metodą kuleczkowania*

Kierownik projektu: dr hab. H. Tomaszewski (projekt własny)

Pęknięcie kruchego materiału będącego w stanie naprężenia rozciągającego rozpoczyna się od propagacji wady o rozmiarze krytycznym znajdującej się na jego powierzchni, powstałej na różnych etapach procesu technologicznego lub wygenerowanej podczas końcowej obróbki mechanicznej. Szereg prac poświęconych metodom poprocesowej modyfikacji powierzchni ceramiki proponuje bądź zaleczanie tych wad bądź też wprowadzenie korzystnych resztkowych naprężeń ściskających. Znaczące wzmocnienie powierzchni szkielek w wyniku obecności tych naprężeń, uzyskano metodami hartowania lub kontrolowanej wymiany jonowej. Mniej spektakularne wzmocnienie zaobserwowano również w ceramice wzmocnionej transformacyjnie poprzez wywołanie przemiany fazowej obróbką mechaniczną powierzchni. Naprężenia ściskające na powierzchni ceramiki wprowadzane w ten sposób są jednak zaledwie rzędu 200-300 MPa. Od kilkudziesięciu lat, naprężenia ściskające o wielkości równej około 2.0 GPa wprowadzane są do warstw powierzchniowych metali metodą *shot peeningu* (polska nazwa metody: kuleczkowanie bądź kulowanie) a ich efektem jest znaczne umocnienie warstwy wierzchniej i podwyższenie właściwości użytkowych detali metalowych. Konwencjonalny *shot peening* (kulowanie pneumatyczne) polega na bombardowaniu powierzchni danego materiału strumieniem kulek pod określonym ciśnieniem sprężonego powietrza i w ściśle dobranym czasie. Dziś technika ta jest stosowana powszechnie na skalę przemysłową w przemyśle budowy samolotów (elementy podwozia, płyty skrzydeł), silników okrętowych i samochodów (wały korbowe) w celu usunięcia technologicznych wad powierzchniowych i podwyższenia wytrzymałości zmęczeniowej. Próby zastosowania tej techniki w ceramice wykazały, iż w wyniku doboru warunków kuleczkowania (średnica kulek i czas kuleczkowania), można wprowadzić do ceramiki korundowej naprężenia ściskające o wielkości 2,0 GPa i 2,4 GPa w przypadku ceramiki cyrkonowej przy zachowaniu spójności warstwy powierzchniowej, przekładające się na kilkukrotny wzrost odporności na pęknięcie i znaczący wzrost twardości. Wstępne obserwacje mikroskopowe i rentgenowskie kuleczkowanej powierzchni ceramiki wskazały na mającą miejsce deformację plastyczną. Przedmiotem tego projektu będą badania zmian struktury warstw powierzchniowych po kuleczkowaniu, a ich wynikiem będzie opis mechanizmu deformacji ceramiki.

Wskazówki dla autora

Redakcja czasopisma **Materiały Elektroniczne** prosi o nadsyłanie artykułów pocztą elektroniczną na adres 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 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-ZrO₂ and Al₂O₃. 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

<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, GaF 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, LiNbO₃, LiTaO₃, Li₂B₄O₇); materiały optoelektroniczne i nieliniowe (CaF₂, BaF₂, boran baru BBO); materiały podłożowe pod wysokotemperaturowe warstwy nadprzewodzące (SrLaGaO₄, SrLaAlO₄, CaNdAlO₄, NdGaO₃); materiały i kształtki ceramiczne (Al₂O₃, Y₂O₃, ZrO₂, Si₃N₄); szkła o zadanych charakterystykach spektralnych i aktywne włókna światłowodowe i obrazowody; kompozyty metalowo-ceramiczne; złącza zaawansowanych materiałów ceramicznych (Si₃N₄, 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).