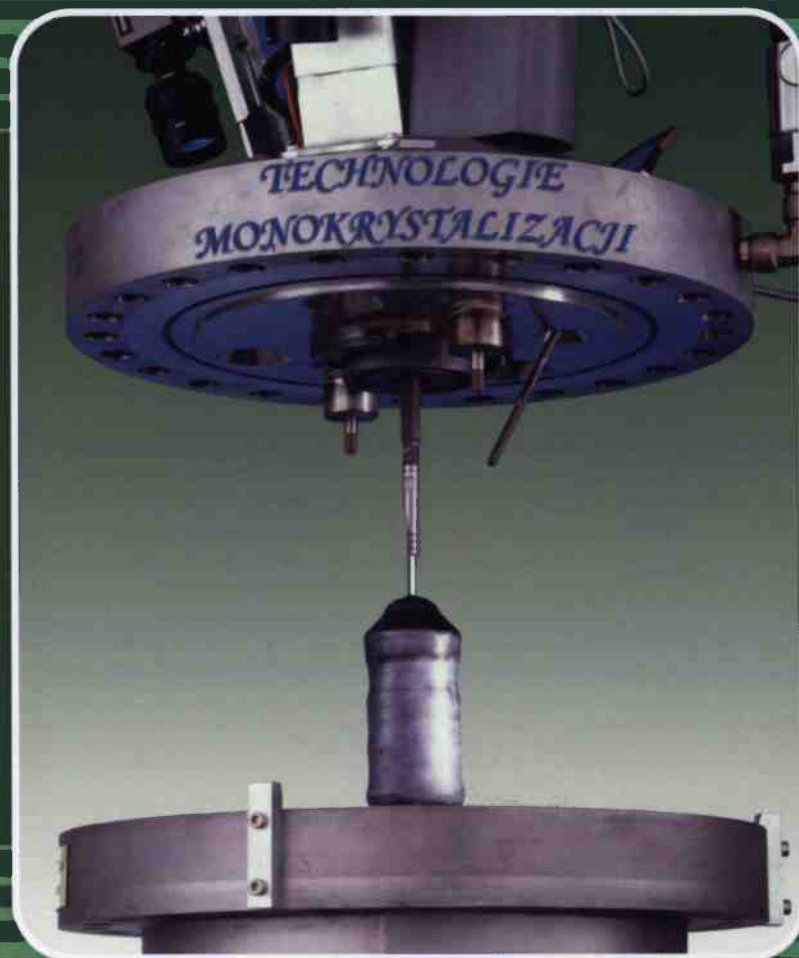


MATERIAŁY ELEKTRONICZNE

PL ISSN 0209-0058



INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH

Nr 3/4
2010 T.38



**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

**Ośrodek Informacji Naukowej
i Technicznej (OINTE)**
tel.: (48 22) 835 30 41-9 w. 129, 498
e-mail: 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

INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH

**MATERIAŁY
ELEKTRONICZNE**
KWARTALNIK

T. 38 - 2010 nr 3/4

Wydanie publikacji dofinansowane przez
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

WARSZAWA ITME 2010

<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 (6 pkt.)

SPIS TREŚCI

WŁASNOŚCI LINII W w MCz-Si I FZ-Si NAŚWIETALNYM NEUTRONAMI Barbara Surma, Artur Wnuk	3
KRÓTKIE WPROWADZENIE DO TEMATYKI OGNIW FOTOELEKTROCHEMICZNYCH Krzysztof Bieńkowski, Marta Gduła	9
DWÓJŁOMNE WŁÓKNA MIKROSTRUKTURALNE Ireneusz Kujawa, Ryszard Buczyński, Dariusz Pysz, Ryszard Stępień	17
DEEP-LEVEL DEFECTS IN EPITAXIAL 4H-SiC IRRADIATED WITH LOW-ENERGY ELECTRONS Paweł Kamiński, Michał Kozubal, Joshua D. Caldwell, K.K. Kew, Brenda L. VanMil, Rachael L. Myers-Ward, Charles R. Eddy Jr, D. Kurt Gaskill.....	26
MULTIFUNCTIONALITY OF MULTIFERROIC-BASED EUTECTIC COMPOSITES Krzysztof Orliński	35

Acknowledgements

The work was supported by the Project operated within the Foundation for Polish Science Team Programme co-financed by the EU's European Regional Development Fund.

REFERENCES

- [1] Veselago V. G.: *Sov. Phys. Usp.* 10, 509 (1968)
- [2] Yao J., Liu Z., Liu Y., Wang Y., Sun Ch., Bartal G., Stacy A. M., Zhang X.: Optical negative refraction in bulk metamaterials of nanowires, *Science*, 321, 5891, (2008), 930
- [3] Schurig D., Mock J.J., Justice B.J., Starr A.F., Smith D.R.: Metamaterial electromagnetic cloak at microwave frequencies, *Science*, 314, 5801, (2006), 977-980
- [4] Ergin T., Stenger N., Brenner P., Pendry J. B., Wegener M.: Three-dimensional invisibility cloak at optical wavelength, *Science* 328, 5976 (2010) 337-339
- [5] Haralambous K.J., Loizos Z., Spyrellis N.: Catalytic properties of some mixed transition-metal oxides, *Mater. Lett.*, 11 (1991) 133-141
- [6] Hung M.-H., Rao M.V., Madhava, Dach-Shyang T.: Microstructures, and electrical properties of calcium substituted LaFeO₃ as SOFC cathode, *Materials Chemistry and Physics*, 101 (2007) 297-302
- [7] Dokiya M.: SOFC system and technology, *Solid State Ionics* 152-153 (2002) 383-392
- [8] Brandon N. P., Skinner S., Steele B.C.H.: Recent advances in materials for fuel cells, *Annu. Rev. Mater. Res.*, 33 (2003) 183-213
- [9] Gnanasekar K.I., Jayaraman V., Prabhu E., Gnanasekaran T., Periaswami G.: Electrical and sensor properties of FeNdO₄: a new sensor material, *Sens. Actuators B* 55 (1999) 170-174
- [10] Traversa E., Matsushima S., Okada G., Sadaoka Y., Sakai Y., Watanabe K.: NO₂-sensitive LaFeO₃ thin films prepared by R.F. sputtering, *Sens. Actuators B*, 48 (1-3) (1995) 661-664
- [11] Bouwmeester H.J.M., Kruidhof H., Burggraaf A.J.: *Solid State Ionics*, 72 (1994) 185
- [12] Vente J.F., McIntosh S., Haije W.G., Bouwmeester H.J.M.: *J. Electrochem. Soc.* 10 (2006) 581
- [13] Lal B., Bamzai K.K., Kotru P.N., Wanklyn B.M.: Microhardness, fracture mechanism and dielectric behaviour of flux-grown GdFeO₃ single crystals, *Materials Chemistry and Physics*, 85 (2004) 353-365
- [14] *Magnetism in spinels, garnets and perovskites* – Romuald S. Wadas; PWN, Warsaw (1974)
- [15] Lachowicz H.K., Kulik T., Żuberek R., Małkiński L., Kuźmiński M., Ślawska-Waniewska A. Muńcz J.S.: Tailoring soft and hard magnets by annealing Co-based metallic glass, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 190 (1998) 267-276
- [16] *Crystal growth technology* – Tsuguo Fukuda, Hans. J. Scheel; Wiley (2003) England
- [17] Pawlak D. A.: *Scientia Plena*, 4, 014801 (2008)

STRESZCZENIA ARTYKUŁÓW PRACOWNIKÓW ITME

Nucleation mechanism of 6H-SiC polytype inclusions inside 15R-SiC crystals

Y. Zhang¹, H. Chen¹, G. Choi¹, B. Raghathamachar¹, M. Dudley^{1,5}, J. H. Edgar², Krzysztof Graszka³, Emil Tymicki³, L. Zhang⁴, D. Su⁴, Y. Zhu⁴

¹ Department of Materials Science and Engineering, Stony Brook University, Stony Brook, NY, USA

² Department of Chemical Engineering, Kansas State University, Manhattan, KS, USA

³ Institute of Electronic Materials Technology, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

⁴ Center for Functional Materials, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY, USA

⁵ e-mail: mdudley@notes.cc.sunysb.edu

Journal of Electronic Materials, 39, 6 (2010) 799-804

A model is presented for the nucleation mechanism of 6H-SiC polytype inclusions inside 15R-SiC boules. Inhomogeneous densities of screw dislocations lead to uneven growth rates, resulting in com-

plex step overgrowth processes which can partially suppress the Burgers vector of a 15R 1c screw dislocation through the creation of Frank faults and Frank partial dislocations. Combined with stacking shifts induced by the passage of basal plane partial dislocations, it is shown that the partial Burgers vector suppression can leave behind a residual 6H 1c dislocation, which then acts as a nucleus for reproduction of 6H-SiC structure in the 15R-SiC crystal.

Polytypism study in SiC epilayers using electron backscatter diffraction

Kinga Kościwicz^{1,2}, Włodek Strupiński², Wojciech Wierzchowski², K. Wieteska³, A. Olszyna¹

¹ Faculty of Materials Science and Engineering, Warsaw University of Technology, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa

² Institute of Electronic Materials Technology, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

³ Institute of Atomic Energy, 05-400 Otwock-Świerk

Materials Science Forum, 654-648 (2010) 251-254

The electron backscatter diffraction (EBSD) detector placed inside a commercial scanning electron microscope (SEM) has been used to study of different SiC polytypes. Different growth conditions in chemical vapor deposition (CVD) method were applied to obtain the 3C- and substrates. The growth temperature was in the range of 1300-1620°C and the reactor pressure was 75 mbar. The initial C/Si ratio at the first stage of the growth clearly influences the 4H/3C factor. The growth temperature and ramping of the C/Si ratio were the main parameters to achieve a homogeneous 3C and 4H-SiC epitaxial layers.

High-spatial resolution ellipsometry of continuous graphene films

P. E. Gaskell¹, H. S. Skulason¹, Wlodek Strupiński², T. Szkopek¹

¹ Department of Electrical Computer Engineering, McGill University, 3480 University Street, Montreal H3A-2A7, Canada

² Institute of Electronic Materials Technology, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

Optic Letters, 35, 6 (2010) 3336-3338

An ellipsometer with 3 x 5 μm spot size constructed with a single focusing and imaging element is used to measure graphene film thickness on glass and SiC. Single atomic layer sensitivity has been achieved. Ellipsometric sensitivity to graphene layer number increases with decreasing layer number and decreasing substrate refractive index.

Electromagnetic properties of complex eutectic structures

Andrzej Stefański^{1,2}, M. Kafesaki^{3,4}, Dorota A. Pawlak¹

¹ Institute of Electronic Materials Technology, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

² Institute of Microelectronics and Optoelectronics, Warsaw University of Technology, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

³ IESL-FORTH P.P. Box 1527, 711 10 Heraklion, Crete, Greece

⁴ Department of Materials Science and Technology, University of Crete, 710 03 Heraklion, Crete, Greece

Electromagnetic Waves in Complex Eutectic Structures, International Symposium on Electromagnetic Theory EMTS 2010 (16-19.08.2010, Berlin, Germany)

In this paper propagation of electromagnetic waves in self-organized eutectic structures with SRR-like inclusions is studied through modelling. The focus is to examine the electromagnetic response of two different-size SRRs, in close proximity with each other, and how their interaction affects this response. Under

certain conditions a double non-disturbed resonance has been observed in a material containing SRRs with two different dimensions.

Investigation on electrical and microstructural properties of thick film lead-free resistor series under various firing conditions

Konrad Kielbasiński^{1,2}, Malgorzata Jakubowska^{1,3}, Anna Młoźniak¹, M. Hrovat⁴, J. Holc⁴ D. Belavie⁵

¹ Institute of Electronic Materials Technology, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

² Institute of Microelectronic and Optoelectronic, Warsaw University of Technology, Warszawa

³ Faculty of Mechatronics, Warsaw University of Technology, Warszawa

⁴ Josef Stefan Institute, Ljubljana. Slovenia

⁵ HIPOT RR., Sentjernej. Slovenia

Journal of Materials Science: Mater. Electron 21 (2010) 1099-1105

The paper presents investigation of four lead free thick film resistor pastes, developed at ITME, denoted R-100, R-1k, R-10k and R-100k with sheet resistivities of 0,1, 1, 10 and 100 kΩ/□, respectively. The resistors were based on RuO₂ as the conductive phase. The aim of the work was to evaluate the influence of firing conditions of the resistive pastes on a sintering process. The pastes were screen printed onto alumina substrate with prefired AgPd lead-free terminations. They were fired at several temperatures from 750 to 950°C for 10 min at peak temperature, as well as fired at the highest temperature for 6 h, in order to bring the sintering process into the equilibrium. The properties of the resistors, i.e., sheet resistivity and temperature coefficient of resistance (TCR), microstructure changes, glass crystallization upon firing, etc., were examined. Dried and fired resistor samples were evaluated by X-ray diffraction analysis and by the scanning electron microscopy. The RuO₂ conductive phase maintained the same crystal structure regardless of the firing conditions.

Wskazówki dla autora

Redakcja czasopisma **Materiały Elektroniczne** prosi o nadsyłanie artykułów pocztą elektroniczną pod adres 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 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-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: (48 22) 835 90 03

e-mail: 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 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 sztuczne);
- **materiały półprzewodnikowe i ich zastosowania:**
 - **monokryształy** hodowane metodą Czochralskiego Si, GaAs, Ge, 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, Ge, GaSb, InP, InSb, oraz opartych o niezwiązkiw 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), YVO₄: (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, Sr₂Bo₃, Nb₂O₆ dla zastosowań elektrooptycznych i piezoelektrycznych; CaF₂, BaF₂ jako materiały przezroczyste; Ca₄GdO(BO)₃ jako materiał nieliniowy oraz NdGoO₃, SrLoGoO₄, SrLoAlO₄ jako materiały podłożowe dla osadzania warstw nadprzewodników wysokotemperaturowych;
 - **szkła** o zadanych charakterystykach spektralnych i szkło 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** (Ge, 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 fotoprądowo (PITS), pomiary impedancyjne i szumów, temperaturowa analiza fazowa, pomiary dyfuzyjności ciepła.