

BADANIA NAD OPRACOWANIEM EKRANÓW PÓL BIOMAGNETYCZNYCH Z CERAMIKI YBCO

A. KWATERA, A. SAWKA, P. ANDREASIK

WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIALOWEJ I CERAMIKI
AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ W KRAKOWIE

Odkrycie przez Bednorza i Mullera [1] nadprzewodnictwa w materiale ceramicznym ($\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$) o temperaturze krytycznej TC 36K przyczyniło się do intensywnego rozwoju teorii nadprzewodnictwa oraz rozwoju nadprzewodników wysokotemperaturowych. Najbardziej znanym materiałem nadprzewodzącym jest YBCO ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$) o temperaturze TC 90K, który został odkryty przez Chu i współautorów [2]. Badania nad otrzymywaniem, własnościami i zastosowaniem tego materiału prowadzone są zarówno na monokryształach i polikryształach w dużej objętości a także w postaci warstw.

Z uwagi na tzw. efekt Meissnera (pole magnetyczne nie powinno wnikać do nadprzewodników) atrakcyjną wydaje się być możliwość zastosowania YBCO do wytwarzania ekranów słabych pól magnetycznych, zwłaszcza pola biomagnetycznego powstającego w wyniku przepływu prądu przez neurony [3] oraz pola magnetycznego powstającego w procesie korozji metali, szczególnie w początkowym stadium tego procesu [4]. Dzięki temu możliwe byłoby ekranowanie tych pól od smogu elektromagnetycznego (pole magnetyczne Ziemi oraz rozproszone impulsy elektromagnetyczne powstające w trakcie pracy maszyn i urządzeń elektrycznych) oraz ich pomiar za pomocą SQUID-ów (Superconducting Quantum Interference Devices), które mogą rejestrować pole magnetyczne o indukcji wynoszącej nawet 0,1fT. Szacuje się, że średnia wielkość smogu elektromagnetycznego wynosi ok. 50 mT [5], zaś wielkość indukcji pola magnetycznego wytwarzanego przez organizm ludzki waha się w granicach 10 fT - 100 pT [6]. Podobnej wielkości jest również pole magnetyczne powstające w procesie korozji metali [4].

Opracowanie sposobu wytwarzania skutecznych ekranów smogu elektromagnetycznego pozwoliłoby na opracowanie nieinwazyjnych metod diagnostycznych umożliwiających wykrywanie wielu stanów chorobowych w bardzo wczesnych ich stadiach (takich jak np. zawał serca, mózgu, nowotwory). Sądzi się, że powyższe stany chorobowe można będzie wykryć w początkowym ich stadium dzięki czemu możliwe będzie wczesne rozpoczęcie ich leczenia. Otrzymywane dotychczas ekrany ze spiekane YBCO nie zezwalają na ekranowanie z dostateczną skutecznością, ponieważ występują w nich mikrospękania, przez które przenika łatwo smog elektromagnetyczny [7]. W związku z powyższym, wydaje się, że naniesienie nadprzewodzących warstw YBCO na spiekane ekrany z YBCO celem ich uszczelnienia lub naniesienie tych warstw na podłoża dielektryczne powinno pozwolić na ekranowanie smogu elektromagnetycznego z wymaganą skutecznością.

Dotychczas warstwy YBCO otrzymywano stosując laserową ablację (PLD), rozpylanie jonowe, naporowanie próżniowe lub metodę chemicznego osadzania z fazy gazowej z użyciem związków organicznych Y, Ba, Cu (MOCVD) [8]. Autorzy przeprowadzili wstępne badania nad syntezą warstw YBCO metodą MOCVD, bowiem metoda ta wydaje się być najbardziej odpowiednią do syntezy warstw gę-

INVESTIGATIONS ON PREPARATION OF BIOMAGNETIC FIELD SHIELDS USING YBCO CERAMICS

A. KWATERA, A. SAWKA, P. ANDREASIK

FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND CERAMICS
UNIVERSITY OF MINING AND METALLURGY, KRAKÓW, POLAND

Discovery of superconductivity in ceramic material ($\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$) at critical temperature TC 36K by Bednorz and Muller [1] has caused intensify development of superconductivity theory and high-temperature superconductors. The most known superconducting material is YBCO ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$) (TC 90K) discovered by Chu and co-authors [2]. Investigations on obtaining, properties and application of this material are carried out in the case single crystals, polycrystals and materials in the form of layers.

Possibility of YBCO application for production shields for small magnetic fields, especially biomagnetic field being a result of electric current flow through neurones [3] and magnetic field created in metal corrosion process [4]. Idea of using of the shields made of superconducting ceramics has been resulted from the Meissner effect (penetration of magnetic field into superconducting materials not be proceed). Therefore it's possible shielding of these fields from electromagnetic smog (the Earth magnetic field and electromagnetic impulses resulting from electric devices) and their measurement using SQUID's (Superconducting Quantum Interference Devices). This devices can register the magnetic field of the induction as low as even 0,1 fT. Average magnetic induction of electromagnetic smog is about 50 mT [5] and human body produces biomagnetic field values are in the range from 10 fT to 50 pT [6]. Such small magnetic fields are also created in the case of metal corrosion process [4].

Shielding of electromagnetic smog is very important for practical application of SQUID's for measurement of very small magnetic fields produced by e.g. brain, heart and metal corrosion processes.

Elaboration of preparation method of electromagnetic smog shields would make possible elaboration of non-invasive diagnostic methods of recognition of many diseases at very early stages e.g. heart attack, cerebral stroke, tumours.

Nowadays, shields made of YBCO sintered haven't assured sufficient efficacy, because of microcracks and pores present in this material. They make easy penetration of electromagnetic smog into shield [7]. Therefore, it seems that deposition of superconducting YBCO layers onto shields obtained by sintering of YBCO powders in order to seal them or deposition of these layers onto dielectric substrates should assure efficacy required.

So far, YBCO layer have been obtained by laser ablation (PLD), ion sputtering, vacuum evaporation or MOCVD (Metal Organic Chemical Vapour Deposition) using organic compounds of Y, Ba, Cu [8].

Authors have carried out preliminary investigations on synthesis of YBCO layers by the MOCVD method. This method seems to be the most suitable for synthesis of dense and uniform in thickness ceramic layers on the large and complex shape substrates. The layers were synthesized using $\text{Y}(\text{tmhd})_3$, $\text{Ba}(\text{tmhd})_2$ and $\text{Cu}(\text{tmhd})_2$ as basic reagents. Argon and air were carrier gases. Quartz glass tubes were used as substrates. Some tubes were covered with Al_2O_3

stych, mało zróżnicowanych w grubości na podłożach o dużych powierzchniach i o złożonym kształcie.

Do syntezy warstw jako podstawowych reagentów użyto tetrametyloheptanodionianów Y, Ba i Cu. (Sigma Aldrich). Gazami nośnymi były argon i powietrze. Warstwy te nanoszono na wewnętrzne powierzchnie rurek kwarcowych bez i z pośrednią warstwą Al_2O_3 (grubość warstwy ok. 0,3 mm) syntezowaną z użyciem acetyloacetonienu glinu metodą MOCVD w temperaturze 800 i 1000°C. Warunki procesu syntezy warstw YBCO ustalano w oparciu o dane literaturowe [9, 10]. Warstwy syntezowano w temperaturze 800 - 870°C przy różnych proporcjach reagentów. Badania składu chemicznego otrzymanych warstw (RBS) wykazały, że ich skład różni się od składu wyjściowego reagentów. Badania te wskazują również na niewielką zawartość baru w otrzymanych warstwach, a także na ich "wyspową" budowę. Potwierdziły one wyniki wcześniejszych badań przeprowadzonych za pomocą mikroskopu skaningowego oraz EDS. Nieciągłość warstw wydaje się być przyczyną wykazanego również (metoda "czteropunktowa") braku właściwości nadprzewodzących warstw.

Przeprowadzone badania nad synteza warstw YBCO pozwalają wnioskować, że proces ten powinien przebiegać w niższej temperaturze. Obniżenie temperatury procesu powinno także przyczynić się do wzrostu zawartości baru w syntezowanych warstwach. Wskazaniem byłoby także wprowadzenie oddzielnego parownika dla $Ba(tmhd)_2$.

Podziękowania

Praca finansowana przez Komitet Badań Naukowych (projekt nr 7 T08D 036 19)

Piśmiennictwo

- [1] Bednorz J.G., Muller K. A.: Superconductivity LaSrCuO at 36K, Z. Phys. B.64(1986), p. 189
- [2] Chu C., Hor P., Meng R. L., Gao L., Huang Z. J., Wang J. Q.: Superconductivity YBCO at 90K, Phys. Rev. Lett. 58(1987)405
- [3] Kwatara A., Chruściel B., Staszów E., Kwatara D., Sawka A., Librant Z., Tomaszewski H.: Pomiar bardzo słabych pól magnetycznych, Inżynieria Biomateriałów 17-19(2001)32
- [4] Kwatara A., Chruściel B., Staszów E., Kwatara D., Sawka A., Librant Z., Tomaszewski H.: Zastosowanie materiałów ceramicznych do pomiaru słabych pól magnetycznych - stan obecny i perspektywy, Polski Biuletyn Ceramiczny, Ceramika vol. 66/2(2001)740
- [5] Krey S., Dawid B., Eckert R., Dossel D.: Low noise operation of integrated YBa₂Cu₃O_{7-x} magnetometers in static magnetic fields, Appl. Phys. Lett. 72(24)(1998)3205
- [6] Nowak H., Giessler F., Huonker R.: Multichannel magnetography in unshielded environments, Clin Physophysical Meas 1991; 12 Suppl B: 5-11

layer (the layer thickness - about 0,3 mm). These intermediate layers were deposited at 800 and 1000°C by the MOCVD method using aluminium acetyloacetate. Conditions for synthesis of YBCO layers were selected basing on the literature data [9,10]. The layers were synthesized at 800-870°C using different ratios of reagents. Analysis of chemical composition of the layers obtained (RBS) showed difference between their composition and starting reagents composition. This analysis also indicates to small amounts of barium in these layers and that they aren't continuous. Above analysis confirmed results of earlier observation on scanning microscopy and EDS analysis. Discontinuity of the layers seems to be reason of lack of superconducting properties of the layers obtained.

Investigations on the synthesis of YBCO layers let conclude that it's necessary decrease of the synthesis temperature. Decrease of the temperature also should cause increase of barium contents in the layers. Introduction of separate barium evaporator is recommended.

Acknowledgements

This work was supported by the Polish State Committee for Scientific Research (project nr7 T08D 036 19)

References

- [7] Plewa J., Jaszczuk W., Seega C., Magerkurth C., Kiefer E., Altenburg H.: Liquid phase sintered YBCO hollow cylinders for magnetic shielding, 3 rd European Conference on Superconductivity, EUCAS'97, June 30 - July 3, Eindhoven 1997
- [8] Appelboom H.: Growth and properties of co-evaporated superconducting YBaCuO thin films, Tech. Univ. Delft 1992
- [9] Lackey W. J., Carter W. B., Hanigofsky J. A., Hill D. N., Barefield E. K., Neumeier G., O'Brien D. F., Sahaporo M. J., Thompson J. R., Green A. J., Moss T. S., Jake R. A., Efferson K.R.: Rapid chemical vapour deposition of superconducting YBa₂Cu₃O_x, Appl. Phys. Lett. 56(12)(1990)1175
- [10] Galindo V., Senateur J. P., Weiss F., Abruts A.: Liquid source injections technique: principles and applications to the deposition oxide layers and multilayers in "High - temperature superconductors and novel inorganic materials" ed. by G. V. Tendeloo, E. V. Antipov, S. N. Putikin, p. 89