

POMIAR BARDZO SŁABYCH PÓL MAGNETYCZNYCH

A. KWATERA*, B. CHRUSCIEL**, E. STASZKÓW***,
D. KWATERA, A. SAWKA*, Z. LIBRANT****,
H. TOMASZEWSKI*****

*KATEDRA CERAMIKI SPECJALNEJ,
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA W KRAKOWIE

**KLINIKA NEFROLOGII,
COLLEGIUM MEDICUM UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO W
KRAKOWIE

***SZPITAL SPECJALISTYCZNY IM. S. ŻEROMSKIEGO W KRAKOWIE
****ITME, WARSZAWA

W pracy przedstawiono korzyści jakie można by było uzyskać w medycynie, zwłaszcza w neurologii, kardiologii, gastrologii, ginekologii i ortopedii, gdyby udało się rozwiązać problem pomiaru bardzo słabych pól magnetycznych takich jak pola biomagnetyczne, pola magnetyczne powstające w procesie korozji metalowych endoprotez, szczególnie w początkowym stadium tego procesu.

Organizm ludzki wytwarza pola biomagnetyczne, których indukcję magnetyczną ocenia się na około 10fT do 50 pT [1] (T-tesla) i są one konsekwencją przepływu prądu elektrycznego za pośrednictwem neuronów [2]. Równie są słabe pola magnetyczne powstające w procesie korozji metali, zwłaszcza w początkowym okresie tego procesu [3]. Z uwagi, że średnia indukcja magnetyczna smogu elektromagnetycznego, na który składa się pole magnetyczne Ziemi oraz rozproszone impulsy elektromagnetyczne pracujących maszyn i urządzeń elektrycznych wynosi ok. 50 μ T [4], niezbędne jest ekranowanie wspomnianych bardzo słabych pól magnetycznych przed tym smogiem, by możliwy był ich pomiar.

Ideę pierwszego urządzenia do pomiaru pola magnetycznego mózgu za pomocą SQUID-ów (Superconducting Quantum Interference Devices) - bardzo czułych magnetometrów, podali Hari i Lounasmaa jeszcze w roku 1989 [4]. Metodę tą nazwano magnetoencefalografią (MEG). Metoda ta, podobnie jak znana metoda EEG (elektroencefalografia), w odróżnieniu od innych nowoczesnych metod badania mózgu jak CT (X-ray computer assisted tomography), RCBF (regional cerebral blood flow measurement), PET (positron emission tomography), byłaby metodą nieinwazyjną, podczas gdy pozostałe wymagają użycia promieni X lub zmiennego pola magnetycznego, względnie radioaktywnych znaczników. Pomiar pola magnetycznego nie wymaga kontaktu sondy z ciałem w przeciwieństwie do badań EEG, dzięki czemu można łatwo sondę przesunąć z jednego miejsca na inne. Możliwy jest pomiar przez bandaż lub gips a obrzęki nie stanowią przeszkody w tych pomiarach [5].

Przewidywane zastosowanie metody MEG, to m. in.:

- lokalizacja i ocena funkcjonalnych uszkodzeń mózgu [6],
- ocena drogi słuchowej, wzrokowej, smakowej i węchowej,
- lokalizacja ognisk niedotlenienia mózgu [5].

W **kardiologii** zastosowanie magnetokardiografii (MKG) pozwoliłoby m. in. na [6]:

- nieinwazyjną lokalizację prawidłowych i dodatkowych dróg przewodzenia przedsionkowo - komorowego w zespołach preekscytacji komór,
- oceny ognisk niedokrwiennych i zawałowych w sercu.

W **gastrologii** zastosowanie magnetoenerografii (MENG) może być przydatne do oceny gastroparezy towa-

MEASUREMENT OF VERY SMALL MAGNETIC FIELDS

A. KWATERA*, B. CHRUSCIEL**, E. STASZKÓW***,
D. KWATERA****, A. SAWKA*, Z. LIBRANT*****,
H. TOMASZEWSKI*****

*DEPARTMENT OF ADVANCED CERAMICS
UNIVERSITY OF MINING AND METALURGY

**DEPARTMENT OF NEFROLOGY,
COLLEGIUM MEDICUM, JAGIELLONIAN UNIVERSITY, CRACOW

***ŻEROMSKI HOSPITAL IN CRACOW
****ITME, WARSAW

This work shows advantages which would be possible to obtain in medicine, especially in neurology, cardiology, gastrology, gynaecology and orthopaedics if problem of measurement of very small magnetic fields would be solved. Very small magnetic fields means biomagnetic fields ad magnetic fields originating from corrosion process of metallic endoprostheses, especially at the primary stage of this process.

Human body produces biomagnetic field values in border 10 fT to 50 pT [1] come into being as consequence of flow an electric current across neurones [2]. Very small magnetic fields are also created in metal corrosion process [3].

Average magnetic induction of the Earth and electromagnetic impulses dissipated, which origin from precise machines and electric devices, carries out about 50 μ T [4].

The first time when an idea of a device for the measurement of magnetic field produced by brain would use many SQUID's was presented in 1989 year by Hari and Lounasmaa [4]. One called this method magnetoencephalography (MEG). Conventional examination of activity of brain (EEG) relying on the measurements of the difference of potential among electrodes connected to surface of head are burdened serious defects, as metal - indispensable electrodes to realisation of measurements are separated from actively electric parts of brain fat layers weakly leading tissues.

MEG method as opposite to other classical methods: e.g. electroencephalography (EEG), X-ray computer assisted tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), regional cerebral blood flow measurement (RCBF), positron emission tomography (PET), considerably will less sensitive impulses originating from other sources being found in organism (e. g. magnitude of pulse, movement eyeballs, electric field of heart and so on). It's predicted that in this method one can register impulse originating from source being found cerebral cortex in distance not more than 1-2 mm surface of the brain.

Measurement of biomagnetic field does not have to be carried out by intermediate contact of searcher with surface of human body. Due to this unique feature, test of other parts of human body could be quickly pushing this searcher from one part to the next [5].

Examples of foreseen applications of MEG [6]:

- establishment of preoperative diagnostic of epilepsy and explanation of its pathogeneses,
- localisation of the local brain damage and functional disturbances of the brain,
- localisation of the local brain damage and functional disturbances of the brain assessment of the auscultatory, optical, olfactory and gustatory track,

rzyszającej cukrzycy czy mocznicy [7].

W **ginekologii** badania biomagnetyczne mogłyby służyć do lokalizacji i oceny mięśniaków [8].

W **ortopedii** badania te mogłyby być wykorzystane do oceny podatności metalowych endoprotez na korozję jeszcze przed ich wprowadzeniem do organizmu oraz nieinwazyjne monitorowanie ich działania po wszczepieniu [9].

Aktualnie opracowane ekrany pola magnetycznego z ceramiki nadprzewodnikowej YBCO ($YBa_2Cu_3O_{7-x}$) oraz BSCCO ($Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8-y}$) otrzymywane przez spiekanie proszków z tych materiałów, pozwalają ekranować wspomniany smog elektromagnetyczny do 1,2 mT dla YBCO oraz 6 mT dla BSCCO [10].

Wybór materiałów nadprzewodnikowych do wytwarzania wspomnianych ekranów wynika z efektu Meissnera polegającego na tym, że wnikanie pola magnetycznego do materiałów zależy od ich przewodnictwa - im większe przewodnictwo, tym wnikanie to dokonuje się na mniejszą głębokość. W przypadku materiałów nadprzewodnikowych to wnikanie nie powinno się dokonywać. Jednakże, z uwagi na obecność w dotychczas otrzymywanych ekranach por i mikropęknięć łatwo dochodzi do przenikania przez nie pola magnetycznego.

Autorzy proponują by dalsze prace nad ekranami prowadzić w dwóch kierunkach:

- uszczelnienie powierzchni spiekanych ekranów z ceramiki nadprzewodnikowej przez pokrywanie ich gęstą i ciągłą warstwą z tego samego materiału co podłoże,
- nanoszenie gęstych i ciągłych warstw z materiałów nadprzewodnikowych na odpowiednie podłoże dielektryczne.

Piśmiennictwo

References

- [1] Nowak H., Giessler F., Huonker R.: Multichannel magnetography in unshielded environments, Clin Physophysical Meas 1991; 12 Suppl B: 5-11
- [2] Mojkowski J.: Elektroencefalografia kliniczna, PWN, W-wa 1989, str. 107
- [3] Li D. Ma Y., Flanagan W. F., Lichter B.D., Wikso J. P., Corrosion Science 52(1996)219
- [4] Hari R., Lounasmaa O.V.: Recording and interpretation of cerebral magnetic fields, Science, 144(1989)432
- [5] Takanashi Y.: Magnetoencephalography: it's principles and clinical application, Rinsho Byori 1993 Nov.; 41(11):1191-1197
- [6] Schneider S., Abraham-Fucks K., Reinchenberger H.: Experience with a multichannel system for biomagnetic study, Phys. Meas 1993 Nov. 14 Suppl 4A: A55-A60
- [7] Richards W.O., Bradshaw L.A., Staton D.J. et al.: Magnetoenterography (MENG): non-invasive measurement of bioelectric activity in human small intestine, Dig. Dis. Sci., 1996 Dec.; 41(12): 2293-2301
- [8] Anastasiadis P.G., Anninos P.A., Koutsougeras G.C. et al.: Biomagnetic measurements in uterine leiomyomas using a superconducting quantum interference device (SQUID), Int. J. Gynaecol. Obstet., 1989 May, 29(1): 47-49
- [9] Kwatara A., Chruściel B., Staszków E., Kwatara D., Sawka A.: Zastosowanie materiałów ceramicznych do pomiaru słabych pól biomagnetycznych oraz pól magnetycznych powstających w procesie korozji metali, referat przyjęty na III Konferencję i Zjazd Polskiego Towarzystwa Ceramicznego, Zakopane, 20-23.09.2001
- [10] 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

- localisation of the ischaemic focuses in the brain,
- assessment of the brain oedema.

In **cardiology** use of magnetocardiography (MKG) may be useful e. g. in [6]:

- non-invasive localisation of physiological and pathological additive conducting atrial ventricular tracks and preexcitation syndrome,
- early diagnosis of acute heart graft registration,
- cardiomyopathy estimation.

In **gastroenterology** magnetoenterography (MENG) may be use e. g. to recognise of gastroparesis in diabetes mellitus or uraemia [7].

In **gynaecology** described method might serve for localisation and estimation of uterual tumors (myomatias) [8].

In **orthopaedics** this research would be useful for estimation of corrosion resistance of metallic endoprostheses before introduction them to organism and non-invasive monitoring of their behaviour after implantation them.

Testing of the above mentioned diseases can be carried out by shielding object and human body from external magnetic field.

Nowadays some researches have been carried out over shielding of electromagnetic smog by production shields of small magnetic fields from high-temperature superconducting ceramics YBCO ($YBa_2Cu_3O_{7-x}$) or BSCCO ($Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8-y}$) prepared by sintering of powders of these materials. Magnetic fields obtained allowed them shielding magnetic fields to about 1,2 mT for YBCO and 6 mT for BSCCO [10].

Idea of using shields from high-temperature superconducting ceramics for shielding e.g. biomagnetic fields from activities of electromagnetic smog has been resulted from the Meissner effect. Penetration of magnetic field into materials depends on their electrical conductivity. The better conductivity of materials the smaller depth of penetration of these materials will be existed. In case of superconductors, which probably could have continuous microstructure, penetration not be proceed.

Received shields are porous and there are microcracks in them, what causes penetration of magnetic field through shields made both by sintered YBCO and BSCCO. Microcracks of shields were due to difference in thermal expansibility of coefficients in different crystallographic direction of these materials.

Taking the above statement into consideration the following suggestion have been proposed:

- sealing of the surface of YBCO sintered magnetic shields by coating them by thin continuous YBCO layers obtained by MOCVD method,
- obtaining superconducting magnetic shields by synthesis of superconducting layers of YBCO by MOCVD method on dielectric substrate.