

Andrzej DYSZKIEWICZ^{1,2}, Paweł KĘPIŃSKI^{1,2}, Paweł POŁEĆ^{1,2}, Damian CHACHULSKI^{1,2}, Ewa NOWAK^{1,2}

¹ LABORATORIUM BIOTECHNOLOGII „LABIOT”, ul. Goździków 2, 43-400 Cieszyn

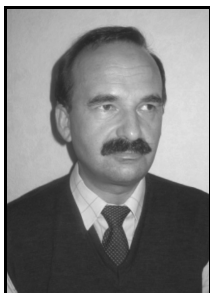
² SPECJALISTYCZNY NIEPUBLICZNY ZAKŁAD OPIEKI ZDROWOTNEJ “VIS”, ul. Bielska 3A, 43-400 Cieszyn

Sterowanie dynamiką kolimatora z ferrofluidem w formowaniu widma wiązki diagnostycznej i redukcji wad obrazów RTG

Dr n. med. i techn. Andrzej DYSZKIEWICZ

Jest absolwentem SUM (Zabrze 1983), pierwszy doktorat w dziedzinie medycyny (Zabrze 1996), drugi z nauk technicznych (IBIB - Warszawa 2004), uzyskał certyfikację II° Polskiej Agencji Atomistyki (Katowice 1986), następnie trzy specjalizacje kliniczne: z chorób wewnętrznych (Katowice 1987), reumatologii (Warszawa 1994) i rehabilitacji medycznej (Poznań 1999). Jest autorem i współautorem ok. 200 publikacji w recenzowanych czasopiśmie oraz 18-tu monografiach i pracach zbiorczych.

e-mail: andrzej@labio.pl



Mgr Paweł KĘPIŃSKI

Jest absolwentem UŚ, pierwszy tytuł zawodowy licencjata na kierunku informatyka specjalizacja: komputerowe systemy wspomagania diagnostyki medycznej („System do wieloparametrycznej oceny zjawisk czuciowych”- Sosnowiec 2005), drugi tytuł zawodowy magistra o tym samym kierunku i specjalizacji („Urządzenie do badania zjawisk elektrosensorycznych skóry”- Sosnowiec 2007), obecnie studia doktoranckie na Wydziale Informatyki i Nauki o Materiałach UŚ (Sosnowiec, od 2007).

e-mail: kepinski.pawel@gmail.com



Mgr Paweł POŁEĆ

Absolwent kierunku Technika i Informatyka na Wydziale Techniki Uniwersytetu Śląskiego. Pracę magisterską pt. „Komputerowe wyznaczanie stałej równowagi reakcji chemicznej” napisał pod kierunkiem prof. dr hab. Zygmunta Wokulskiego. Studia doktoranckie rozpoczął w roku 2002 roku pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Zygmunta Wróbla w Zakładzie Komputerowych Systemów Biomedycznych, na Wydziale Informatyki i Nauki o Materiałach.

e-mail: pawel@polec.com.pl



Mgr Damian CHACHULSKI

Jest absolwentem UŚ, pierwszy tytuł zawodowy licencjata na kierunku informatyka specjalizacja: komputerowe systemy wspomagania diagnostyki medycznej („Elektroniczny regulator przepływu cieczy”- Sosnowiec 2003), drugi tytuł zawodowy magistra o tym samym kierunku i specjalizacji („Komputerowy system nadzoru infekcji dróg moczowych w trakcie rehabilitacji”- Sosnowiec 2005), obecnie studia doktoranckie na Wydziale Informatyki i Nauki o Materiałach UŚ (Sosnowiec, od 2007).

e-mail: damianch@gmail.com



Mgr Ewa NOWAK

Jest absolwentką UŚ, pierwszy tytuł zawodowy licencjata na kierunku i specjalizacji: informatyka („Media strumieniowe - technologia Video LAN” - Katowice 2006), drugi tytuł zawodowy magistra o tym samym kierunku i specjalizacji („Program animacji uzębienia”- Sosnowiec 2008), obecnie studia doktoranckie na Wydziale Informatyki i Nauki o Materiałach UŚ (Sosnowiec, od 2008). Jest współautorem 6 publikacji. Brała udział w 3 konferencjach krajowych i międzynarodowych.

e-mail: eewanow@gmail.com



cech zdjęcia już na etapie ekspozycyjnym, powodując np. wyostrenie anatomicznych szczegółów tkanek miękkich, z wygaszeniem obrazu tkanki kostnej lub odwrotnie.

Słowa kluczowe: inkoherencja promieni X, kolimacja wiązki diagnostycznej, soczewka Fresnela, soczewka z ferrofluidu.

Control of ferrofluid collimator dynamics in shaping diagnostic beam spectrum and reduction of X-ray image defects

Abstract

The incoherence of primary X ray beams formed by currently available devices, leading to geometric and gradient distortions of radiographs, has been pointed out in the study. In order to obtain a diagnostic beam made up exclusively of axial and paraxial rays, collimators with metallic materials are used, which eliminate over 90% of the radiant energy produced by the X-ray tube. A completely new approach is the use of refractory-filtering systems, which are characterised by much smaller loss, but feature a fixed parametric profile. In practice this enables the redirection of off-axis rays towards the focal plane. The intention of the study was to design and construct a refractory-filtering system capable of controlled alteration of off-axis ray geometry. The purpose of the laboratory work was the construction of a prototype device, with a digital and analogue control system, and test it to see whether the ferrofluid vortex motion induced by the magnetic field affected the geometry and distribution of energy within a solid angle of an x-ray beam as well as to determine the type of correlation with the rotational speed. On the basis of the analysis of the study results, it was found that the rotational speed and volume of the ferrofluid impacted the non-linear X-ray refraction capability. It was also observed that the geometric features of the substrate could be controlled, leading to a shift of the rays towards the axis. In practice, this makes it possible to conveniently modify the morphological characteristics of an image already at the exposure stage, thus sharpening the anatomical details of the soft tissues, while suppressing the image of the bone tissue, or vice versa.

Keywords: incoherence of primary X-ray beam, collimation of diagnostic beam, Fresnel lens, ferrofluid lens.

Streszczenie

W opracowaniu zwrócono uwagę na inkoherencję pierwotnych wiązek promieni X, powstających w aktualnie dostępnych lampach RTG, wpływających na powstawanie zniekształceń geometrycznych i gradientowych radiogramów. W celu uzyskania wiązki diagnostycznej, złożonej wyłącznie z promieni osiowych i przyosiowych stosuje się kolimatory z materiałów metalicznych, eliminujących w procesie formowania powyżej 90% energii promieniowania lampy. Zupełnie nowym podejściem było zastosowanie systemów filtrująco-refrakcyjnych, charakteryzujących się znacznie mniejszą stratnością, niestety nie dysponujących możliwością przestrajania profilu parametrycznego. W praktyce daje to możliwość przekierowania promieni pozaosiowych, do użytecznego obszaru przyosiowego. Celem programu było zaprojektowanie i budowa systemu refrakcyjno-filtrującego, zaopatrzonego w przetwornik zdolny do sterowanych zmian swej struktury, a w konsekwencji geometrii promieni pozaosiowych. Celem technicznym pracy była budowa urządzenia prototypowego, z cyfrowo-analogowym systemem sterowania oraz jego testy laboratoryjne mające odpowiedzieć na pytania, czy ruch wirowy ferrofluidu w polu magnetycznym wpływa na geometrię i rozkład energii w kącie brylowym wiązki promieniowania X oraz jaki występuje tu rodzaj korelacji z prędkością obrotową? Na podstawie analizy wyników badań stwierdzono wpływ prędkości obrotowej oraz objętości ferrofluidu na zdolność do refrakcji promieni X, o charakterze nieliniowym oraz zaobserwowano możliwość sterowania cechami geometrycznymi podłoża, powodując doosiowe przesunięcie widma rozkładu energetycznego w kącie brylowym wiązki. W praktyce daje to możliwość wygodnej modyfikacji morfologicznych

1. Wstęp

Od zarania użytkowania lamp RTG jako sztucznych źródeł promieni X nie rozwiązano jeszcze w sposób zadowalający ich wady konstrukcyjnej, powodującej powstawanie pierwotnie rozbieżnej wiązki promieni X, której przydatność diagnostyczna jest ograniczona, ponieważ obecność promieni pozaosiowych, powoduje zniekształcenia geometryczne i gradientowe. Wiązka diagnostyczna musi zatem spełniać określone kryteria koherencji i jednorodności energetycznej. Z tego powodu, do celów praktycznych, nadal akceptuje się stosowanie kolimatorów metalowych o dużej gęstości, które formując wiązkę diagnostyczną pochłaniają przeszło 90% energii promieniowania lampy.

Doświadczenia innych autorów w zakresie innowacyjnych technik kolimacji, dotyczące interakcji statycznych ferrofluidów z promieniami X [9] stały się potwierdzeniem intencji autorskiego programu badań i w końcu odkrycia (LABIOT 2000) dynamicznych interakcji ferrofluidu z promieniowaniem X. Odkrycie to umożliwiło budowę dynamicznego systemu refrakcyjno-kolimującego, zmieniającego w sposób sterowalny komputerowo parametry wiązki diagnostycznej, co przedstawiono w wynikach, zaprezentowanych w Wiedniu (2001), Chammonix (2003), Dubrowniku (2008), Porto(2009) [3] i Karlsruhe (2009).

Ciecze magnetoreologiczne, pod nieobecność zewnętrznego pola magnetycznego zachowują się jak zwykłe ciecze newtonowskie, gdzie naprężenia ścinające są wprost proporcjonalne do prędkości ścinania, nie wykazując namagnesowania. Ich dużą zaletą jest szerokopasmowa sterowalność parametrem lepkości (5 – 25 000 cP), co dostosowuje ciecz do spełniania określonych zadań. Ciecze ferromagnetyczne (FR) utworzone są z dwóch podstawowych składników: niemagnetycznej cieczy nośnej, zawierającej do 85% oleju syntetycznego, rzadziej mineralnego, estrów, gliceryny lub polifenylu, oraz cząsteczek ferromagnetycznych (najczęściej Fe_3O_4), o wymiarach 3 – 15 nm, pokrytych powłoką powierzchniową (od 2% ÷ 15%). Maksymalna magnetyzacja domen dochodzi do 0,6T, powoduje naprężenia styczne do 5 kPa [5].

W cieczach magnetoreologicznych (MR) wielkość cząstek waha się w granicach 0,5-8 μm , wykazujących podatność na indukcję magnetyczną do 2,15 T w zakresie temperatur – 50 ÷ 150°C, dając efektywne zmiany naprężeń stycznych (50-250 kPa) i przebudowę struktury w czasie < 10 ms. Po przyłożeniu zewnętrznego pola, momenty magnetyczne poszczególnych cząstek układają się wzdłuż linii sił tego pola nie poddając się ruchom termicznym. Regulując natężenie pola magnetycznego można wpływać na lepkość cieczy, uzyskując przykładowo dla pola 200 kA/m wartość dla (MR) - 700 P i naprężenie styczne do 100 kPa, a dla (FR) do 50 P i naprężenie styczne do 5 kPa [4, 6, 10].

2. Cel pracy

Celem bieżącej części programu badań była nadal [3] próba znalezienia relacji jakościowych pomiędzy rozkładem energii w kącie bryłowym emisji lampy, a: (1) objętością ferrofluidu; (2) prędkością ruchu wirowego kolimatora, dokonana jednak według zmienionej koncepcji sprzętowo-pomiarowej.

Zakres pracy obejmował: (1) przygotowanie pojemników z porcjami ferrofluidu 1, 2, 3, 5 ml; (2) adaptację skanera promieniowania X do poprzecznej rejestracji widma energetycznego wiązki; (3) wykonanie zdjęć i określenie kontrastu brzegu badanego przedmiotu po zastosowaniu wybranych konstelacji parametrycznych.

3. Materiał badawczy

W testach laboratoryjnych kolimatora użyto czterech pojemników, zawierających 1, 2, 3, 5 ml ferrofluidu, wykonując zdjęcia przedmiotu (nakrętki) oraz poprzeczne skanowanie natężenia promieniowania X w wiązce diagnostycznej przy 10-ciu prędkościach obrotowych kolimatora.

4. Metoda badawcza

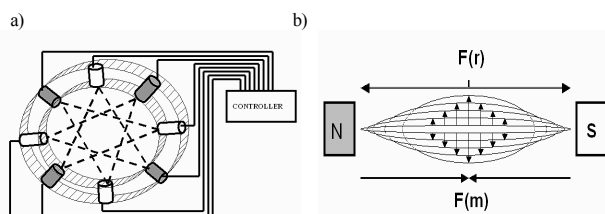
Urządzenie do płynnego sterowania geometrią i rozkładem energii wiązki diagnostycznej promieniowania X – jest nanotechnologicznym, sterowanym komputerowo konwerterem do regulacji geometrycznych i energetycznych parametrów inkoherentnej wiązki pierwotnej promieniowania X. Pierwszy prototyp został zbudowany i uruchomiony w LABIOT Cieszyn (2001), a następnie opisany w dokumentacji zgłoszenia P366266 i przyznanego patentu PL 207825 [8]. Wyniki wykonanych na nim pomiarów były publikowane w latach 2001-13. Drugi z prototypów, zbudowany przez studenta UŚ w 2004 roku i zaprezentowany na konferencji (IBM Kończyce 2004) nie wszedł w fazę testów laboratoryjnych.

Idea dynamicznego kolimatora jest rozwinięciem wcześniejszego (1994), analitycznego zastosowania sterowanego elektronicznie podłoża elektromagnetoreologicznego (PL 175577) [7]. W odróżnieniu od prostych kolimatorów eliminujących do 90% promieniowania wiązki pierwotnej, stałoprofilowych soczewek Fresnela, bądź statycznych ferrofluidów lub ekstremalnie kosztownych systemów ogniskujących wiązki promieniowania (synchrotronów, zigglerów i undulatorów), jest pierwszym w Europie i jednym z pierwszych na świecie małogabarytowych i tanich urządzeń do sterowanej, zmiennoparametrycznej modyfikacji i ogniskowania wiązki diagnostycznej promieniowania X, które można stosować nawet do niewielkich, przenośnych aparatów RTG [8].

Główną zaletą urządzenia jest zatem nie eliminacja, lecz zmiana toru promieni pozaosiowych, na tor przyosiowy, co redukuje zniekształcenia geometryczne i energetyczne, a w konsekwencji jakość obrazów radiograficznych. Możliwość sterowania parametrami kolimatora i wiązki diagnostycznej promieni X daje dużą swobodę w dostosowywaniu parametrów ekspozycyjnych radiowizjografii do specyfiki badanych tkanek, wpływając w sposób istotny na wybiórczą wyrazistość szczegółów i rozdzielczość zapisu, co na standardowym sprzęcie jest trudne [2].

5. Soczewka magnetoreologiczna

Urządzenie prototypowe zbudowane jest z obrotowego, indukcyjnego pierścienia, posiadającego cylindryczne wycięcia na aktywne tworniki magnetyczne, których osie i sposób polaryzacji tworzą układ zsynchronizowany geometrycznie (rys. 1).



Rys. 1. Kolimator do modyfikacji geometrii i energii wiązki diagnostycznej promieniowania X: (a) przykładowe rozłożenie tworników w pierścieniu indukcyjnym; (b) idea relacji pomiędzy indukcją pola magnetycznego (zwiększającego grubość soczewki) oraz siłą odśrodkową w ruchu obrotowym, której działanie zmniejsza krzywiznę soczewki

Fig. 1. Collimator for the modification of geometry and energy of a diagnostic X-ray beam: (a) sample distribution of armatures in the induction ring; (b) simulation of the relationship between magnetic field induction (increasing the thickness of the lens) and the centrifugal force in a rotating motion, the action of which reduces the curvature of the lens

Wypełniający cylinder ferrofluid spełnia rolę kryształu dyfrakcyjnego, którego struktura 3D utworzona jest przez układ strumieni indukcji magnetycznej pomiędzy twornikami pierścienia indukcyjnego. Zastosowany w programie, naprzemienny sposób uporządkowania biegunów spowodował, że ferrofluid przyjmował kształt zbliżony do wypukłej soczewki o dość dużej krzywiznie, zawierając mniejsze, lokalne wypukłości (rys. 2). Po wprowadzeniu układu w ruch obrotowy, na skutek działania siły odśrodkowej w kierunku przeciwnym do wektora indukcji magnetycznej, krzywizna soczewki zaczyna się zmniejszać w sposób proporcjonalny

Detektor ten, w odróżnieniu od stosowanych wcześniej technik radiowizyjnych i planimetrycznych [2, 3] umożliwił pozyskanie precyzyjnych parametrów dawki promieniowania [mR] (rys. 8).

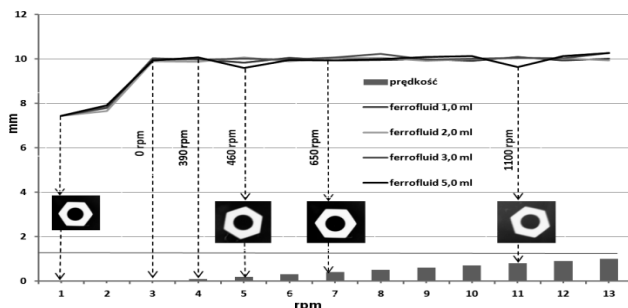
7. Wyniki

W tab. 1 zamieszczono wyniki pomiarów przekroju poprzecznego przedmiotu testowego w 4 różnych relacjach z matrycą, a w tab. 2 średnie wartości dawki ekspozycyjnej promieniowania X [mR] w sektorach T1-19 poprzecznego przekroju wiązki diagnostycznej, sformatowanej przez KFF-01 (v) ff.=0,1,2,3,5 ml.

Tab. 1. Średnie wartości wymiarów przedmiotu w 4 różnych relacjach z matrycą, przy różne prędkości obrotowej oraz różnej ilości ferro fluidu

Tab. 1. Mean values of the object dimensions in 4 different relations with the matrix, at different rotational speeds and varying amounts of ferrofluids

Tab. 1 Wartości średnie pomiarów przekroju obrazów radiowizyjnych ($n=30$) przedmiotu, bez ff, z ff (statycznie), z ff (dynamicznie)						
Relacja przedmiot /matryca	Prędkość rotacji	Wymiary przekroju [mm] przy danych objętościach ferrofluidu i prędkościach				
		0 ml	1,0 ml	2,0 ml	3,0 ml	5,0 ml
Stykowo, statycznie /bez ff/	0	7,43	-	-	-	-
Stykowo, statycznie /z ff/	0	-	7,807	7,654	7,787	7,905
Wysokość $h=97$ mm, statycznie /z ff/	0	-	9,943	9,896	10,029	9,935
Wysokość $h=97$ mm, dynamicznie /z ff/	390	-	9,988	9,862	9,973	10,07
	460	-	9,829	10,064	10,015	9,596
	580	-	10,043	9,892	9,969	9,944
	650	-	9,936	10,056	10,058	9,929
	770	-	9,945	10,041	10,226	9,996
	900	-	9,986	9,918	9,970	10,08
	1000	-	9,906	9,993	10,016	10,12
	1100	-	10,089	10,027	10,047	9,63
	1350	-	9,930	10,035	10,025	10,12
	1470	-	9,999	9,925	10,260	10,25



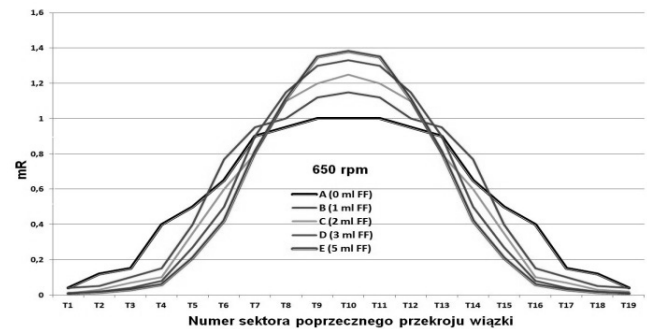
Rys. 7. Średnie wartości wymiarów poprzecznych zdjęć radiowizyjnych przedmiotu ($n=30$) uzyskanych metodą stykową lub z $h=97$ mm, po zastosowaniu KFF-01 (v) ff.=1, 2, 3, 5 ml)

Fig. 7. Mean values of transverse dimensions of radiovisiographic images of objects ($n=30$) obtained by means of the contact method or using $h=97$ mm, after applying KFF-01 (v) ff.=1, 2, 3, 5 ml)

Tab. 2. Średnie wartości dawki ekspozycyjnej promieniowania X [mR] w punktach T1-19 poprzecznego przekroju wiązki diagnostycznej, sformatowanej przez KFF-01

Tab. 2. Mean X-ray exposure dose values [mR] at points T1-19 of the cross-section of the diagnostic beam formatted by KFF

Tab. 2 Wartości średnie dawki ekspozycyjnej [mR] w sektorach T1-19 ($n=30$) poprzecznego przekroju wiązki diagnostycznej sformatowanej przez KFF-01 ($h=97$ mm, 650 rpm)										
sektor	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
A (0 ml FF)	0,04	0,12	0,15	0,4	0,5	0,65	0,9	0,95	1	1
B (1 ml FF)	0,04	0,05	0,1	0,15	0,4	0,77	0,95	1	1,12	1,15
C (2 ml FF)	0,01	0,03	0,07	0,1	0,35	0,6	0,8	1,1	1,2	1,25
D (3 ml FF)	0,01	0,02	0,04	0,08	0,27	0,5	0,9	1,15	1,3	1,33
E (5 ml FF)	0,008	0,015	0,03	0,06	0,21	0,42	0,81	1,11	1,35	1,38
sektor	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	
A (0 ml FF)	1	0,95	0,9	0,65	0,5	0,4	0,15	0,12	0,04	
B (1 ml FF)	1,12	1	0,95	0,77	0,4	0,15	0,1	0,05	0,04	
C (2 ml FF)	1,2	1,1	0,8	0,6	0,35	0,1	0,07	0,03	0,02	
D (3 ml FF)	1,3	1,15	0,9	0,5	0,27	0,08	0,04	0,02	0,01	
E (5 ml FF)	1,35	1,11	0,81	0,42	0,21	0,06	0,03	0,015	0,008	



Rys. 8. Wykres średnich wartości dawki ekspozycyjnej [mR] ($n=30$), po przejściu przez KFF-01 (650 rpm, $h=97$ mm, (v) ff.=1,2,3,5 ml)

Fig. 8. Average exposure dose values [mR] ($n=30$), after passing through KFF-01 (650 rpm, $h=97$ mm, (v) ff.=1,2,3, 5 ml)

8. Wnioski

- 1) zastosowanie na wyjściu lampy nieruchomego ferrofluidu w polu KFF-01 powodowało dość równomierne rozmycie konturu krawędzi obiektu, zależne od objętości ff (tab. 1; rys. 7).
- 2) skokowy wzrost prędkości obrotowej kolimatora z ferrofluidem w przedziale 390-1470 rpm powodował nieliniowe zmiany wymiaru poprzecznego na zdjęciach obiektu, najbardziej stabilne dla objętości B-E, przy 650 rpm (tab. 1; rys. 7).
- 3) skokowy wzrost objętości ferrofluidu (0,1,2,3,5 ml) przy prędkości KFF-01 650 rpm, spowodował zmiany wyjściowego profilu emisji (A), polegające na wzroście natężenia promieniowania w obszarze przyosiowym ze spadkiem emisji w obszarach pozaosiowych (E) (tab. 2; rys. 8).

9. Dyskusja

Na radiowizyjnych, stykowych zdjęciach obiektu testowego, wykonanych wiązkami promieni X, które przeszły przez ukształtowany przestrzennie w polu magnetycznym ferrofluid nieruchomego KFF-01, wykazano bardzo niewielki wzrost wymiarów obiektu, w porównaniu ze zdjęciami bez ferro fluidu. Stopień zniekształcenia obrazu wzrastał z objętością (ff) (rys. 7).

Na zdjęciach przedmiotu znajdującego się w odległości 97mm od radiowizyjnej matrycy i w niezmienniej odległości od KFF-01 i lampy, wykonanych przy rosnącej skokowo prędkości obrotowej 390-1470 rpm oraz objętości ff (1,2,3,5 ml), zwraca uwagę niejednorodna deformacja wymiarów na zdjęciach obiektu, występująca szczególnie przy prędkościach: 460, 770 i 1100rpm. Ubytek wymiarów (zmniejszenie rozmycia krawędzi) wzrastało z ilością zastosowanego ff. Może to świadczyć o pochłonięciu części energii, w szczególności przenoszonej przez promienie pozaosiowe.

W ruchu obrotowym ukształtowany w polu magnetycznym ferrofluid można traktować jak wirujący kryształ, w stosunku do którego ma zastosowanie prawo Bragga, czyli ugięcia i zmiany kierunku propagacji promieni X. Prawdopodobnie dlatego poruszający się w poprzek wiązki skaner zarejestrował brzożny spadek natężenia promieniowania na skutek przesunięcia części promieni z obszaru pozaosiowego do przyosiowego (rys. 8). Wystąpił tu również wyraźny związek pomiędzy prędkością obrotową, a objętością ferrofluidu, warunkowaną proporcją pomiędzy indukcją magnetyczną spajającą drobiny ferrofluidu, a siłą odśrodkową KFF-01, warunkującą osiowo-obwodowe proporcje grubości i krzywizny wirującej soczewki.

Przeprowadzone badania, pomimo sukcesu koncepcyjnego są dopiero wstępem do żmudnego programu kalibracyjnego. Napawają jednak optymizmem, ponieważ udowodniły instrumentalnie, istnienie regulacyjnych pasm proporcjonalnego sterowania rozkładem energii w wiązce promieniowania X. W perspektywie na przyszłość daje to możliwość praktycznego zastosowania uniwersalnych kolimatorów, dysponujących szerokim spektrum przestrzajania parametrów indukcji magnetycznej, prędkości obrotowej

i objętości ferrofluidu, dostosowanych do specyfiki badanych kości, tkanek miękkich lub materiałów technologicznych.

10. Literatura

- [1] Bojarski Z., Gigla M., Stróż K., Surowiec M.: Krystalografia, PWN Warszawa 2001.
- [2] Dyszkiewicz A., Połec P., Zajdel J., Chachulski D.: Specific evaluation of pelvic radiograms and hip BMD in structural scoliosis reflectorica and reactive pain conditions of the backbone.: Springer, Adv Soft Comp, Information technologies in biomedicine, June 2010, 491-507.
- [3] Dyszkiewicz A., Połec P., Zajdel J., Pawlus P., Chachulski D., Kępiński P.: Collimation of x-ray diagnostic bundle by means of steering ferrofluid. W: Biomed Eng Sys Techn, Springer 2010, Vol. 52, Approx. 420, 441-47.
- [4] Dassanayake U., Fraden S.: Structure of electrorheological fluids. J Chem Phys 2000, 112, 8-12.
- [5] Hunter L., Duncan D., Mark F., O'Connor J., White J.: Advanced materials technology insertion. APL Techn Dig 1995, 16, 4.
- [6] Ławniczak A., Milecki A., Ciecze elektro- i magnetoreologiczne oraz ich zastosowania w technice, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 1999.
- [7] Patent PL 175577: „Kolumna chromatograficzna do sączenia lub filtracji”.
- [8] Patent PL 207825: “Sposób sterowania parametrami kolimacji zwłaszcza geometrią i energią wiązki promieniowania elektromagnetycznego oraz urządzenie do stosowania tego sposobu”.
- [9] Zhao X., Luc C., Zhang Z.: Optical characteristics of electrorheological and magnetorheological fluids., W: Optical Engineering 1998, 37, 25-33.
- [10] Zięba A., Dąbrowski W., Gryboś P., Powroźnik W., Stobiecki T., Świątek K., Słowik J., Wiącek P.: Acta Phys Pol A 2002, 101, 629-35.

otrzymano / received: 07.02.2014

przyjęto do druku / accepted: 03.03.2014

artykuł recenzowany / revised paper

INFORMACJE

Informacje dla Autorów

Redakcja przyjmuje do publikacji tylko prace oryginalne, nie publikowane wcześniej w innych czasopismach. Redakcja nie zwraca materiałów nie zamówionych oraz zastrzega sobie prawo redagowania i skracania tekstów oraz streszczeń.

Artykuły naukowe publikowane w czasopiśmie PAK są formatowane jednolicie zgodnie z ustaloną formatką zamieszczoną na stronie redakcyjnej www.pak.info.pl. Dlatego artykuły przekazywane redakcji należy przygotowywać w edytorze Microsoft Word 2003 (w formacie DOC) z zachowaniem:

- wielkości czcionek,
- odstępów między wierszami tekstu,
- odstępów przed i po rysunkach, wzorach i tabelach,
- oznaczeń we wzorach, tabelach i na rysunkach zgodnych z oznaczeniami w tekście,
- układu poszczególnych elementów na stronie.

Osobno należy przygotować w pliku w formacie DOC notki biograficzne autorów o objętości nie przekraczającej 450 znaków, zawierające podstawowe dane charakteryzujące działalność naukową, tytuły naukowe i zawodowe, miejsce pracy i zajmowane stanowiska, informacje o uprawianej dziedzinie, adres e-mail oraz aktualne zdjęcie autora o rozmiarze 3,8 x 2,7 cm zapisane w skali odcieni szarości lub dołączone w osobnym pliku (w formacie TIF).

Wszystkie materiały:

- artykuł (w formacie DOC),
- notki biograficzne autorów (w formacie DOC),
- zdjęcia i rysunki (w formacie TIF lub CDR),

prosimy przesyłać w formie plików oraz dodatkowo jako wydruki na białym papierze (lub w formacie PDF) na adres e-mail: wydawnictwo@pak.info.pl lub pocztą zwykłą, na adres: Redakcja Czasopisma Pomiary Automatyka Kontrola, Asystent Redaktora Naczelnego mgr Agnieszka Skórkowska, ul. Akademicka 10, p.21A, 44-100 Gliwice.

Wszystkie artykuły naukowe są dopuszczane do publikacji w czasopiśmie PAK po otrzymaniu pozytywnej recenzji. Autorzy materiałów nadesłanych do publikacji są odpowiedzialni za przestrzeganie prawa autorskiego. Zarówno treść pracy, jak i wykorzystane w niej ilustracje oraz tabele powinny stanowić dorobek własny Autora lub muszą być opisane zgodnie z zasadami cytowania, z powołaniem się na źródło cytatu.

Przedrukowywanie materiałów lub ich fragmentów wymaga pisemnej zgody redakcji. Redakcja ma prawo do korzystania z utworu, rozporządzania nim i udostępniania dowolną techniką, w tym też elektroniczną oraz ma prawo do rozpowszechniania go dowolnymi kanałami dystrybucyjnymi.