

projekt badawczy:

# **Ferromagnetyczne materiały dla kontrolowanego pozycjonowania ścian domenowych**

Umowa nr UMO-2013/08/M/ST3/00960 z Narodowym Centrum Nauki

Kierownik projektu: dr hab. M. Urbaniak

Okres realizacji: **40 (36+4) miesięcy** (2013.08.29-2016.12.28)

projekt badawczy:

## **Ferromagnetyczne materiały dla kontrolowanego pozycjonowania ścian domenowych**

Wykonawcy projektu (9):

- J. Aleksiejew
- prof. dr hab. A. Ehresmann
- mgr inż. A. Jarosz
- dr P. Kuświk
- dr inż. M. Matczak
- dr M. Schmidt
- prof. dr hab. F. Stobiecki
- dr B. Szymański
- dr hab. M. Urbaniak

Prace opublikowane (**10**):

- [1] A. Maziewski, J. Fassbender, J. Kisielewski, M. Kisielewski, Z. Kurant, P. Mazalski, F. Stobiecki, A. Stupakiewicz, I. Sveklo, M. Tekielak, A. Wawro, V. Zablotskii, *Magnetization states and magnetization processes in nanostructures: From a single layer to multilayers*, Physica Status Solidi A **211**, 1005 (2014)
- [2] M. Urbaniak, *Néel type magnetostatic coupling in perpendicular anisotropy bilayers – Micromagnetic simulations*, Physica Status Solidi B **251**, 455 (2014)
- [3] M. Matczak, B. Szymański, P. Kuświk, M. Urbaniak, F. Stobiecki, Z. Kurant, A. Maziewski, D. Lengemann, A. Ehresmann, *Tailoring magnetic anisotropy gradients by ion bombardment for domain wall positioning in magnetic multilayers with perpendicular anisotropy*, Nanoscale Research Letters **9**, 395, 2014
- [4] M. Matczak, P. Kuświk, M. Urbaniak, B. Szymański, F. Stobiecki, *Influence of domain replication on magnetoresistance of Co/Au/Co film with perpendicular anisotropy and antiferromagnetic coupling*, IEEE Trans. Magn. **50**, 4400804 (2014)
- [5] M. Matczak, Ł. Frąckowiak, P. Kuświk, M. Urbaniak, B. Szymański, F. Stobiecki, *Magnetization reversal and domain replication in Co/Au/Co film with perpendicular anisotropy*, IEEE Trans. Magn. **50**, 6000604 (2014)
- [6] M. Urbaniak, F. Stobiecki, A. Gaul, A. Ehresmann, *Magnetization reversal of Co/Au multilayer stripes with keV-He<sup>+</sup> ion bombardment induced coercivity gradient*, J. Phys. D: Appl. Phys. **48**, 335003 (2015)
- [7] M. Matczak, R. Schäfer, M. Urbaniak, B. Szymański, P. Kuświk, A. Jarosz, M. Schmidt, J. Aleksiejew, S. Jurga, F. Stobiecki, *Domain wall generated by graded interlayer coupling in Co/Pt/Co film with perpendicular anisotropy*, Appl. Phys. Lett. **107**, 012404 (2015)

Prace opublikowane (10):

[8] **P. Kuświk**, B. Szymański, B. Anastaziak, M. Matczak, M. Urbaniak, A. Ehresmann, F. Stobiecki, *Enhancement of perpendicular magnetic anisotropy of Co layer in exchange-biased Au/Co/NiO/Au polycrystalline system*, J. Appl. Phys. **119**, 215307 (2016)

[9] A. Jarosz, D. Holzinger, M. Urbaniak, A. Ehresmann, *F. Stobiecki*, *Manipulation of superparamagnetic beads on patterned Au/Co/Au multilayers with perpendicular magnetic anisotropy*, J. Appl. Phys. **120**, 084506 (2016)

[10] **M. Matczak**, R. Schäfer, M. Urbaniak, P. Kuświk, B. Szymański, M. Schmidt, J. Aleksiejew, F. Stobiecki, *Influence of domain structure induced coupling on magnetization reversal of Co/Pt/Co film with perpendicular anisotropy*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials **422**, 465 (2017)

2016



## Punktacja

Physica Status Solidi A		25
Physica Status Solidi B		20
Nanoscale Research Letters		35
IEEE Transactions on Magnetics	x2	25 x 2
Journal of Physics D: Applied Physics		35
Applied Physics Letters		40
Journal of Applied Physics	x2	30 x 2
Journal of Magnetism and Magnetic Materials		30
		<b>295</b>

Prace opublikowane (10):

[8] P. Kuświk, B. Szymański, B. Anastaziak, M. Matczak, M. Urbaniak, A. Ehresmann, F. Stobiecki, *Enhancement of perpendicular magnetic anisotropy of Co layer in exchange-biased Au/Co/NiO/Au polycrystalline system*, J. Appl. Phys. **119**, 215307 (2016)

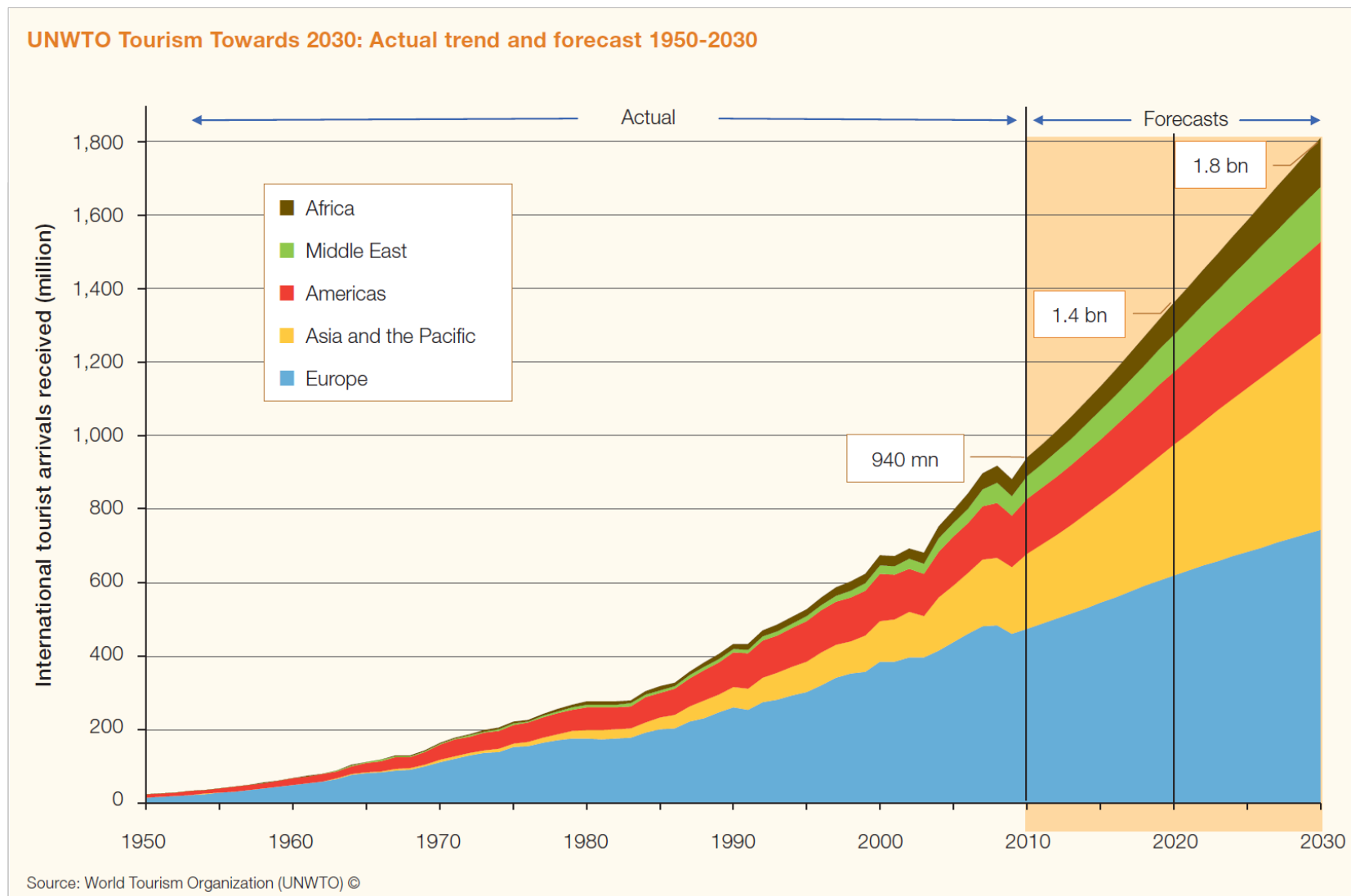
[9] A. Jarosz, D. Holzinger, M. Urbaniak, A. Ehresmann, F. Stobiecki, *Manipulation of superparamagnetic beads on patterned Au/Co/Au multilayers with perpendicular magnetic anisotropy*, J. Appl. Phys. **120**, 084506 (2016)

[10] M. Michał, R. Schäfer, M. Urbaniak, P. Kuświk, B. Szymański, M. Schmidt, J. Aleksiejew, F. Stobiecki, *Influence of domain structure induced coupling on magnetization reversal of Co/Pt/Co film with perpendicular anisotropy*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials **422**, 465 (2017)

2016

## FAKTY:

- rosnąca liczba wyjazdów turystycznych i przelotów pasażerskich



## PROBLEMY:

- zwiększone ryzyko zachorowania na choroby, które albo nie występują albo występują rzadko w krajach zamieszkania
- ograniczona dostępność diagnostyki – decyzja o rodzaju terapii (wirusy, bakterie etc.)
- oporność na antybiotyki

Konferencje w niebezpiecznych miejscach - Medical Conference (CME)/Safaris

### CME Itinerary

This conference is perfect for physicians, physician assistants, nurse practitioners, nurses, or other healthcare professionals who **want to combine medical education with an unforgettable safari experience.** We are tentatively planning for 18-22 hours of AMA approved Category 1 CME credits.



Fizyka !

...

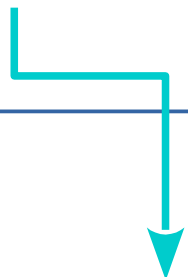
Topics (or similar topics): DVT, High Altitude, Snakes/Scorpion, Travel Medicine, Hypothermia, Medical Missionary Work, **Lightning\***, TB and Travel, Health Care in Africa, Tour of local clinic/hospital.

\*w oryginale „Lightening”

## ROZWIĄZANIA:

- „duże” zagrożenia:

Juan Carlos Alfonso Víctor María de Borbón y Borbón-Dos Sicilias



El Rey que cazaba elefantes

były honorowy  
przewodniczący  
**fundacji WWF** w  
Hiszpanii

Zdjęcie usunięte ze względu na możliwość naruszenia praw autorskich.

W oryginalnej prezentacji znajdowało się tu zdjęcie dwóch myśliwych na tle zabitego słonia:

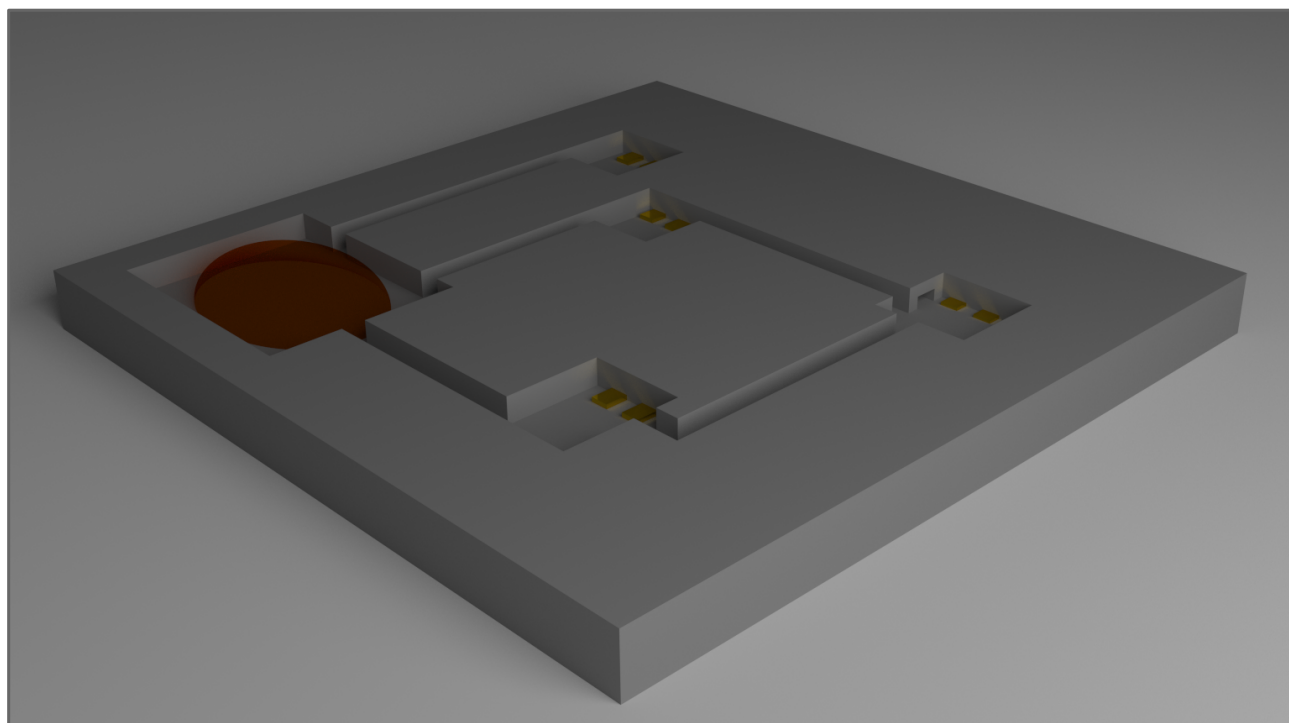
<http://www.elmundo.es/ciencia/2014/06/02/538c6070ca4741ea2a8b4572.html>

## ROZWIĄZANIA:

WHO, Global Action Plan On Antimicrobial Resistance

*Antibiotics must also be supplemented by **affordable**, point-of-care diagnostic tools to inform health practitioners and veterinarians of the susceptibility of the pathogens to available antibiotics. The applicability and affordability of these techniques in **low- and middle-income countries** must be considered.*

Układy typu Lab-on-a-chip



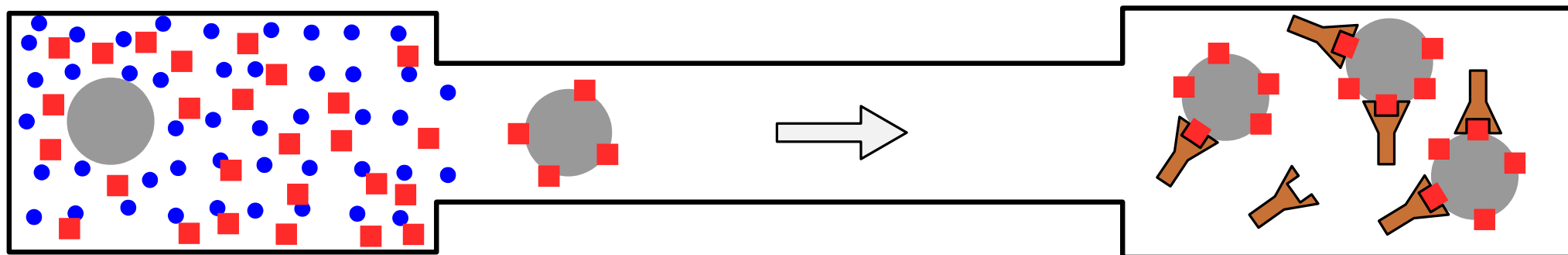
Konieczność  
transportu  
magnetycznych  
cząsteczek kanałami  
fluidycznymi

## ROZWIĄZANIA:

WHO, Global Action Plan On Antimicrobial Resistance

*Antibiotics must also be supplemented by **affordable**, point-of-care diagnostic tools to inform health practitioners and veterinarians of the susceptibility of the pathogens to available antibiotics. The applicability and affordability of these techniques in **low- and middle-income countries** must be considered.*

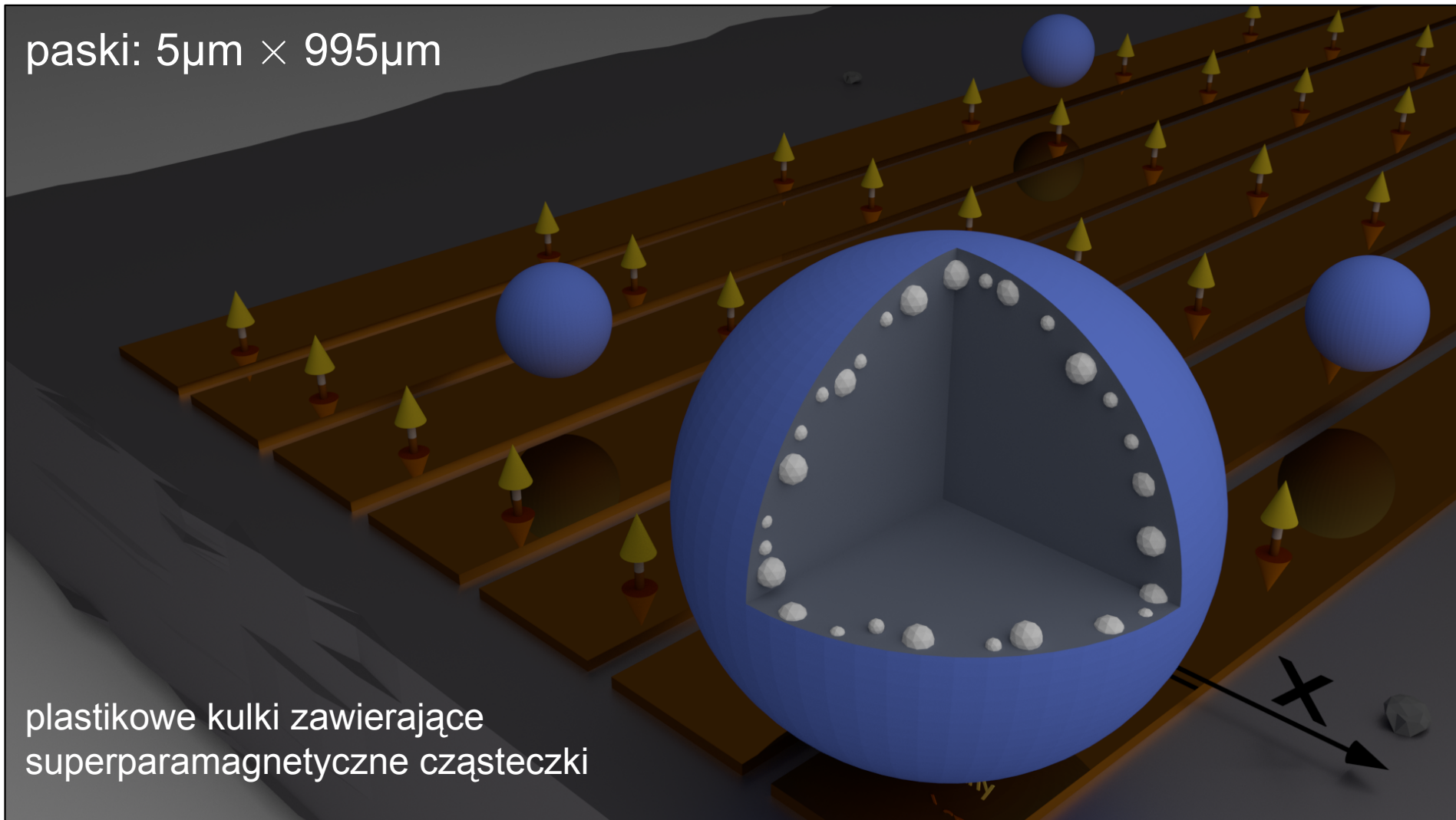
Układy typu Lab-on-a-chip



Konieczność  
transportu  
magnetycznych  
cząsteczek kanałami  
fluidycznymi

- układ pasków Ti(4 nm)/Au(60 nm)/[Co(0.7 nm)/Au(1 nm)] $\times$ 3 uzyskany metodą litografii elektronowej
- warstwy Co wykazują **prostopadłą anizotropię magnetyczną**
- wysoka koercja warstw (ok. 60 kA/m) – momenty magnetyczne nie zmieniają orientacji podczas pomiarów

paski:  $5\mu\text{m} \times 995\mu\text{m}$



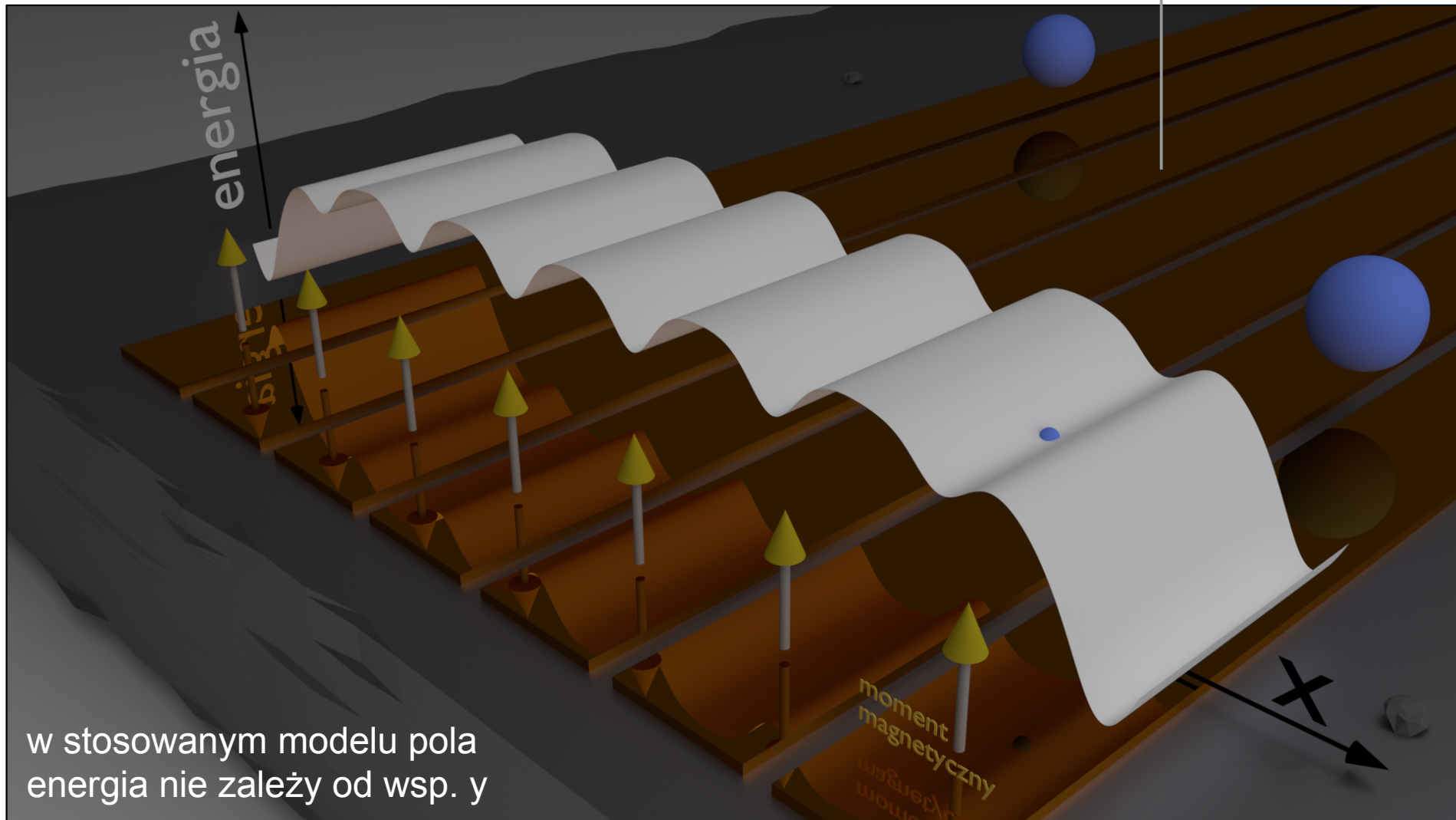
plastikowe kulki zawierające  
superparamagnetyczne cząsteczki



- w polu magnetycznym na cząsteczki super/para-magnetyczne działa siła opisana zależnością (obowiązuje w liniowym zakresie zmian momentu w funkcji pola)

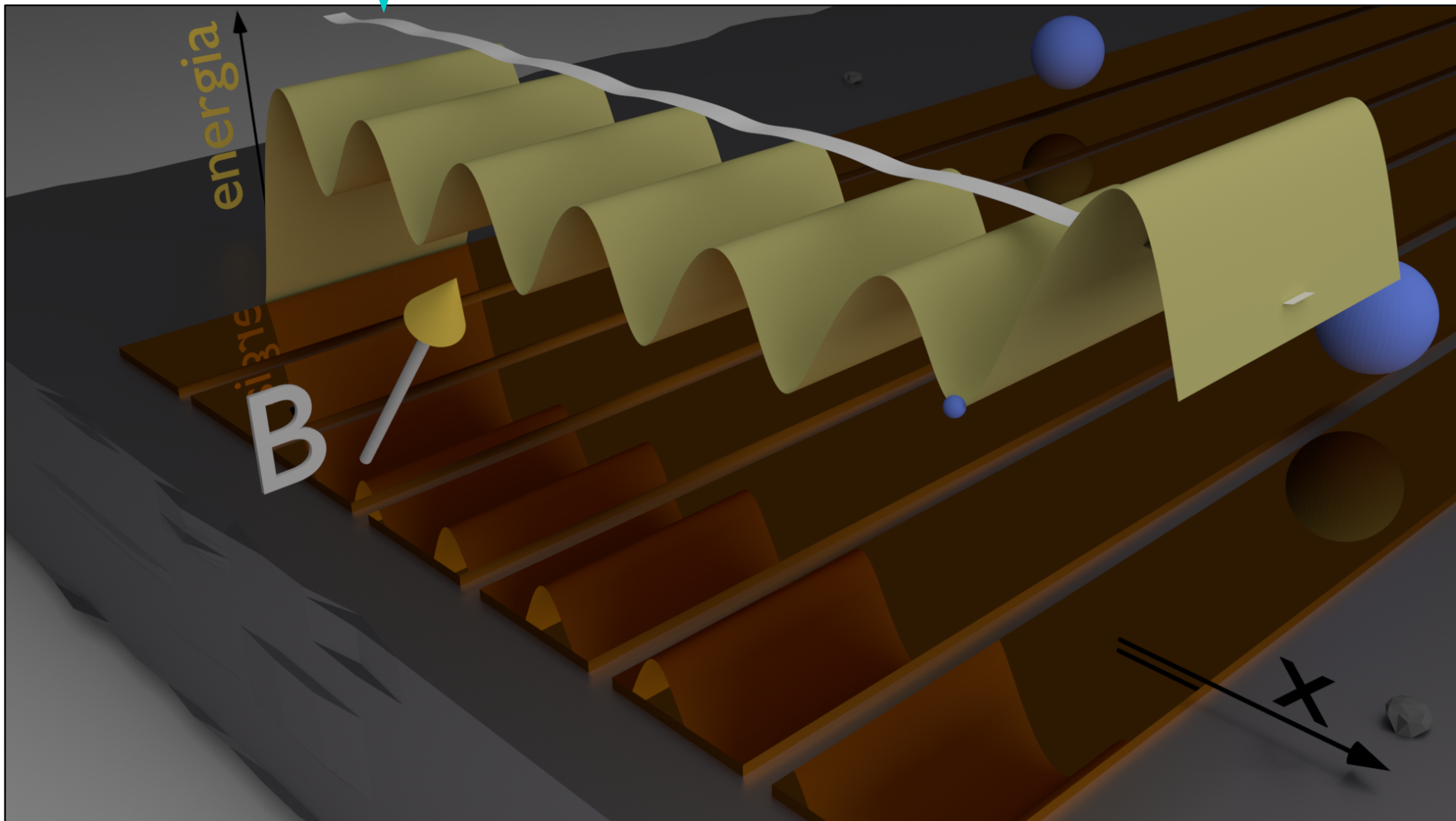
$$\vec{F}_m = \frac{1}{2\mu_0} V \chi \nabla B^2$$

Pole układu pasków tworzy krajobraz energetyczny preferujący położenia magnetycznych kulek **nad szczelinami między paskami**



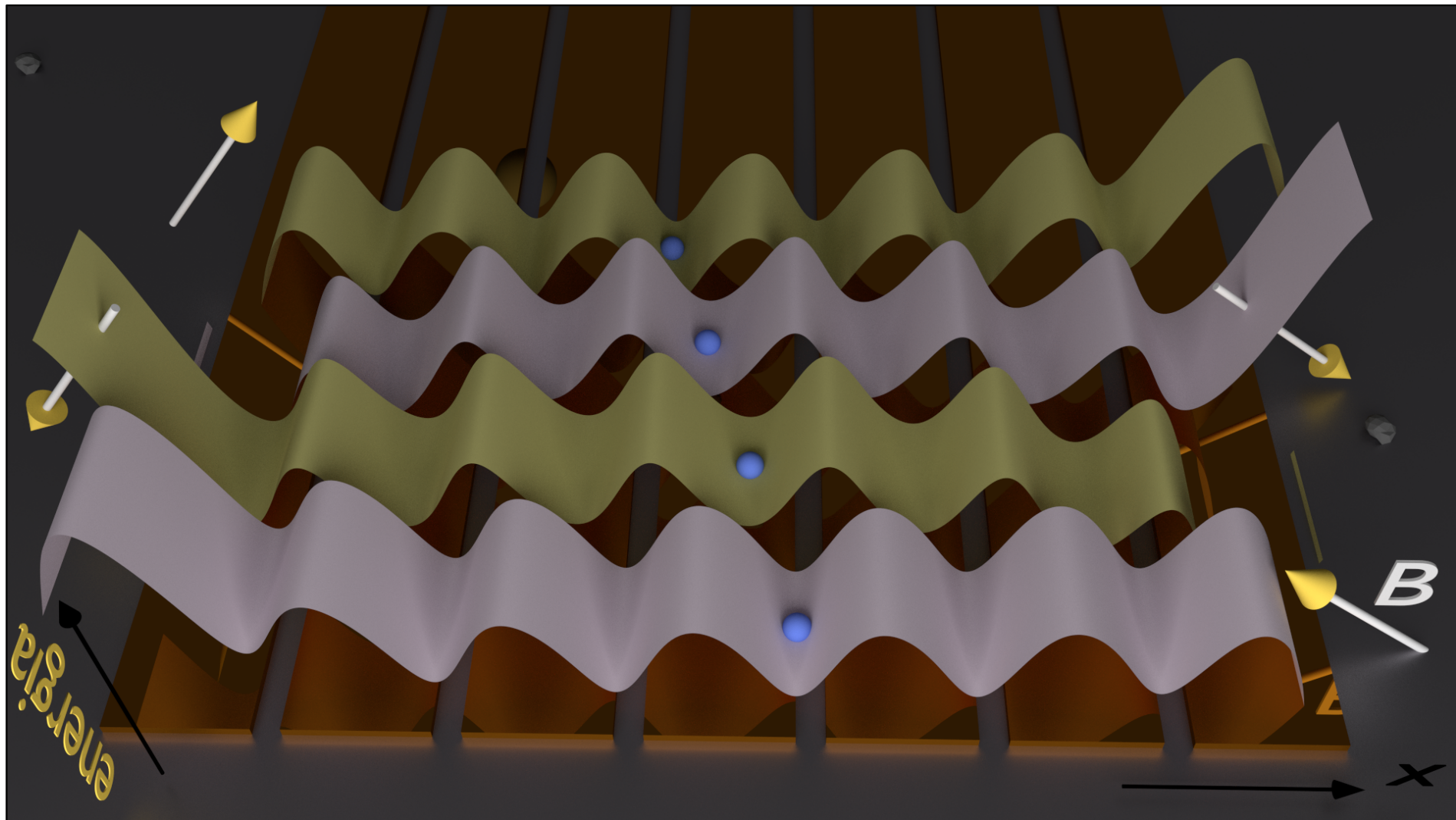
- przyłożenie zewnętrznego pola magnetycznego może zmienić położenia kulek odpowiadające minimum energii magnetostatycznej
- w eksperymencie pole przykładane jest w płaszczyźnie  $xz$  ( $|B_x|=1.62\text{mT}$ ,  $|B_z|=2.05\text{mT}$ )

krajobraz energetyczny bez  
zewnętrznego pola magnetycznego

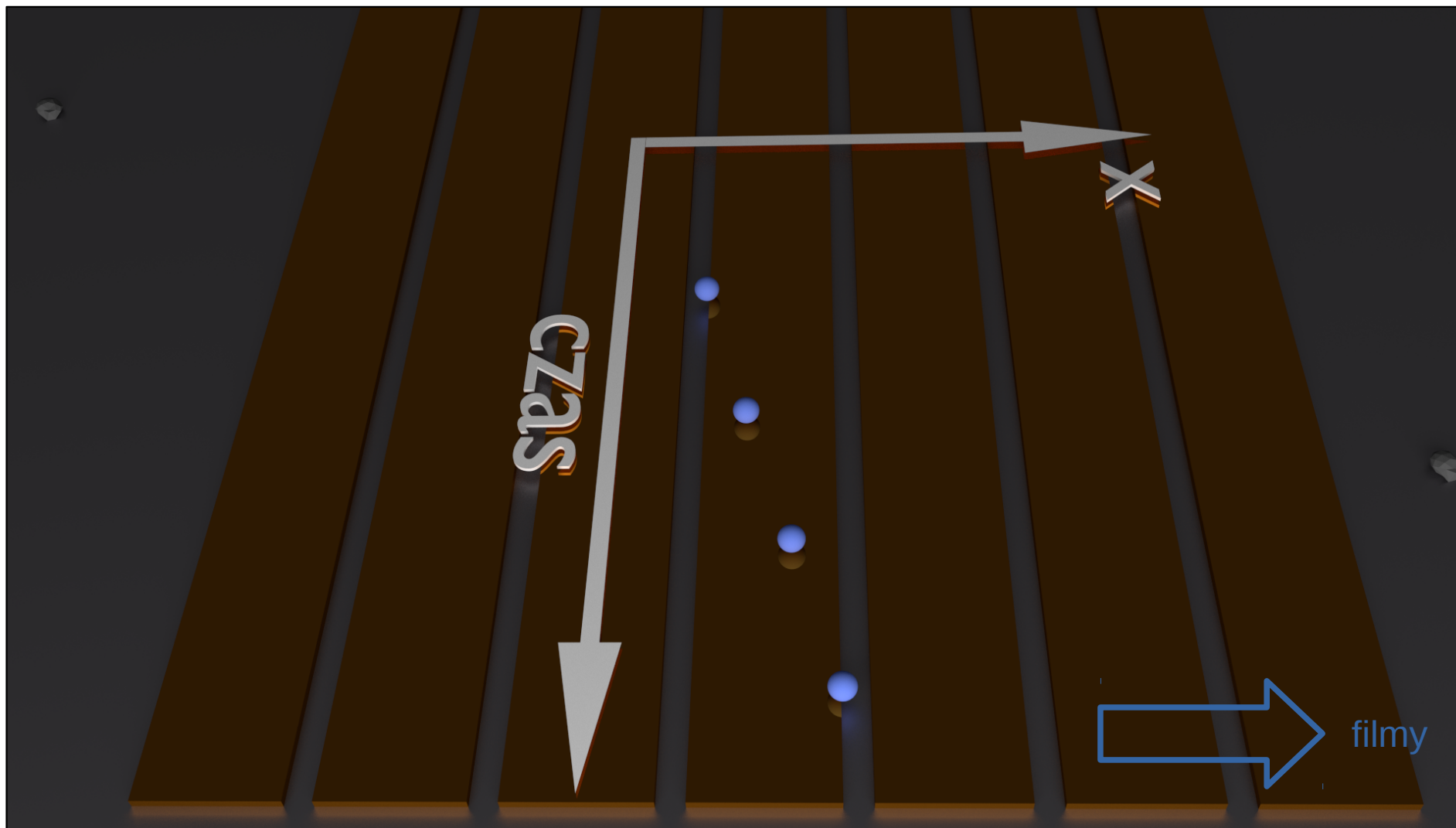




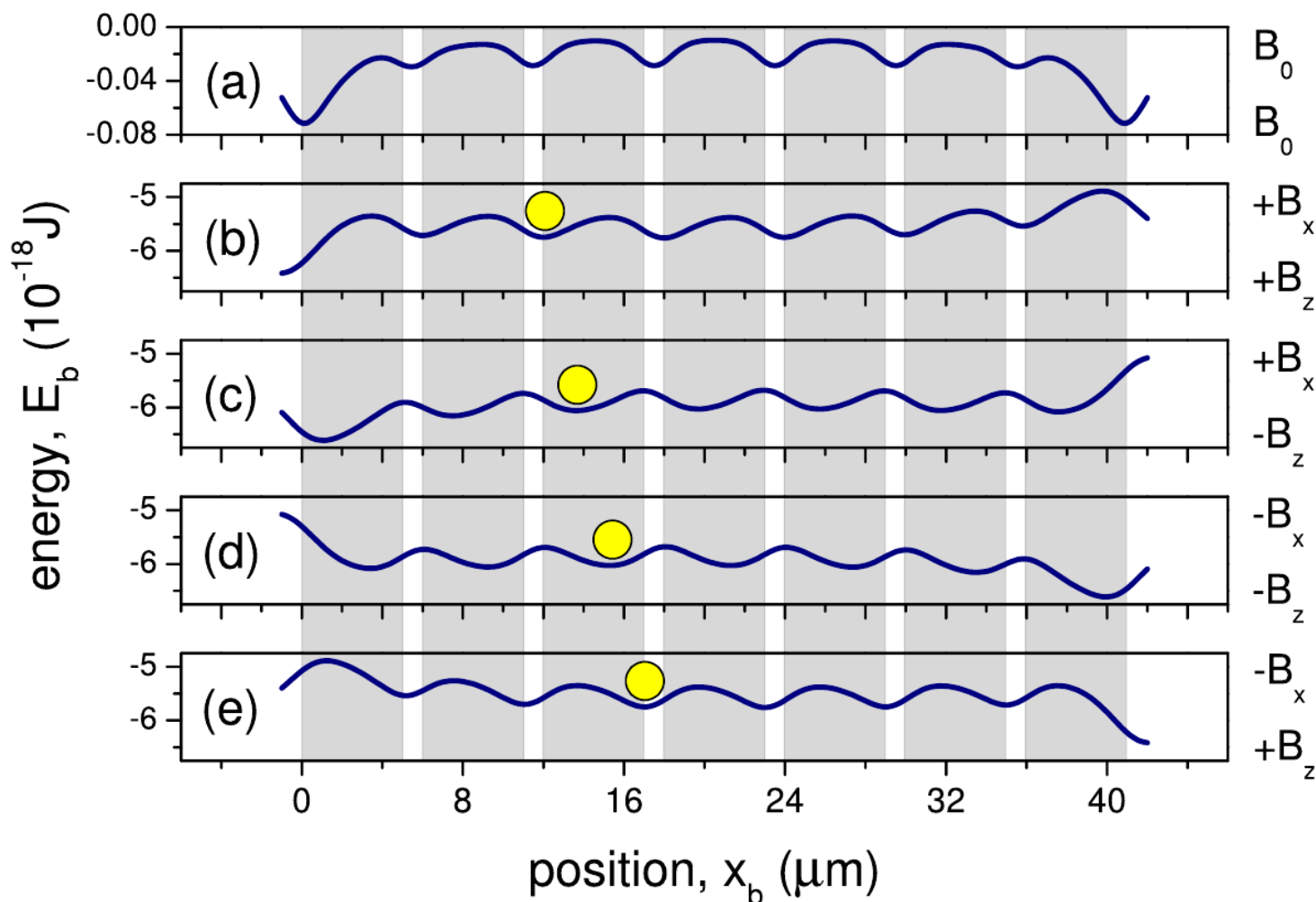
- różnym konfiguracjom pola zewnętrznego [  $(+|B_x|, +|B_z|)$ ,  $(+|B_x|, -|B_z|)$ ,  $(-|B_x|, -|B_z|)$ ,  $(-|B_x|, +|B_z|)$  ] odpowiadają różne położenia równowagi kulek magnetycznych
- odpowiednia sekwencja konfiguracji pól prowadzi do monotonicznej zmiany położenia równowagi



- odpowiednia sekwencja konfiguracji pól prowadzi do monotonicznej zmiany położenia równowagi
- przejście do zależności od czasu wymaga uwzględnienia środowiska w jakim odbywa się ruch – magnetyczne kulki znajdują się **wodzie**



- odpowiednia sekwencja konfiguracji pól prowadzi do monotonicznej zmiany położenia równowagi
- przejście do zależności od czasu wymaga uwzględnienia środowiska w jakim odbywa się ruch – magnetyczne kulki znajdują się **wodzie**



korzystając z prawa Stokesa dla kuli poruszającej się w lepkim ośrodku można oszacować\* prędkości stacjonarne\*\* kulek magnetycznych

$$\vec{F}_m = 6\pi r_b \eta f_R \vec{v}$$



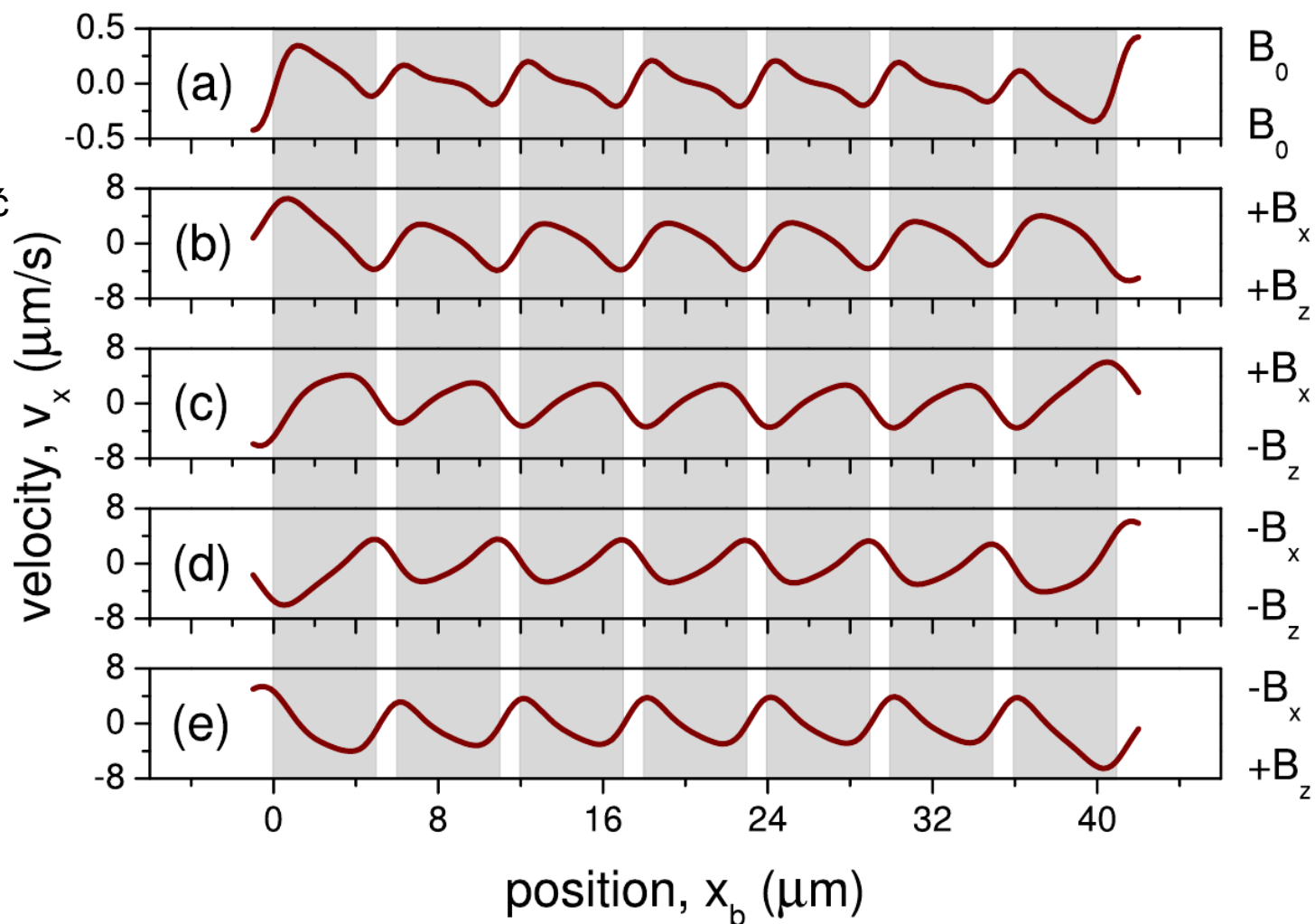
\*nie znamy dokładnie odległości kulek od powierzchni magnetycznych pasków (jest ona rzędu 500 nm) oraz zaniedbujemy składową z-tową siły magnetycznej

\*\*w początkowym okresie działania siły magnetycznej kulka ulega znaczny przyspieszeniom ( $\approx 15g$ )

- odpowiednia sekwencja konfiguracji pól prowadzi do monotonicznej zmiany położenia równowagi
- przejście do zależności od czasu wymaga uwzględnienia środowiska w jakim odbywa się ruch – magnetyczne kulki znajdują się **wodzie**

korzystając z prawa Stokesa dla kuli poruszającej się w lepkim ośrodku można oszacować prędkości stacjonarne kulek magnetycznych

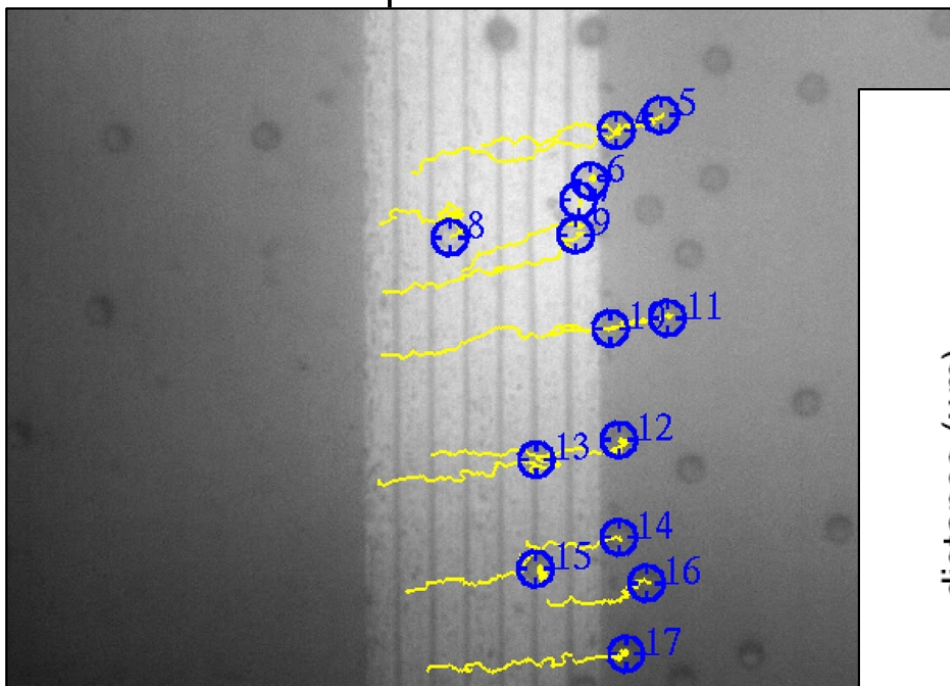
$$\vec{F}_m = 6\pi r_b \eta f_R \vec{v}$$





- wyznaczone na podstawie obserwacji z użyciem **mikroskopu optycznego** prędkości kulek magnetycznych są zbliżone do wartości uzyskanych na podstawie obliczonych sił magnetycznych

obraz z mikroskopu



Kulki znajdujące się z dala od magnetycznych pasków nie poruszają się ruchem postępowym

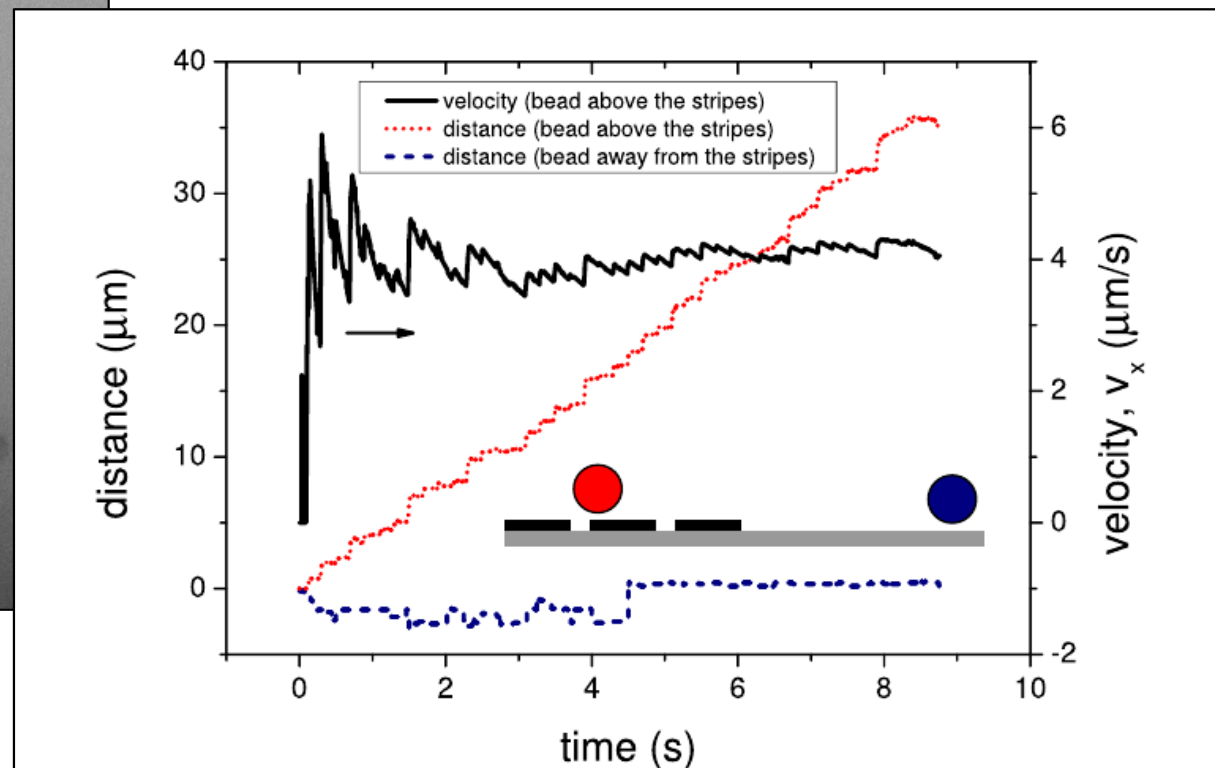
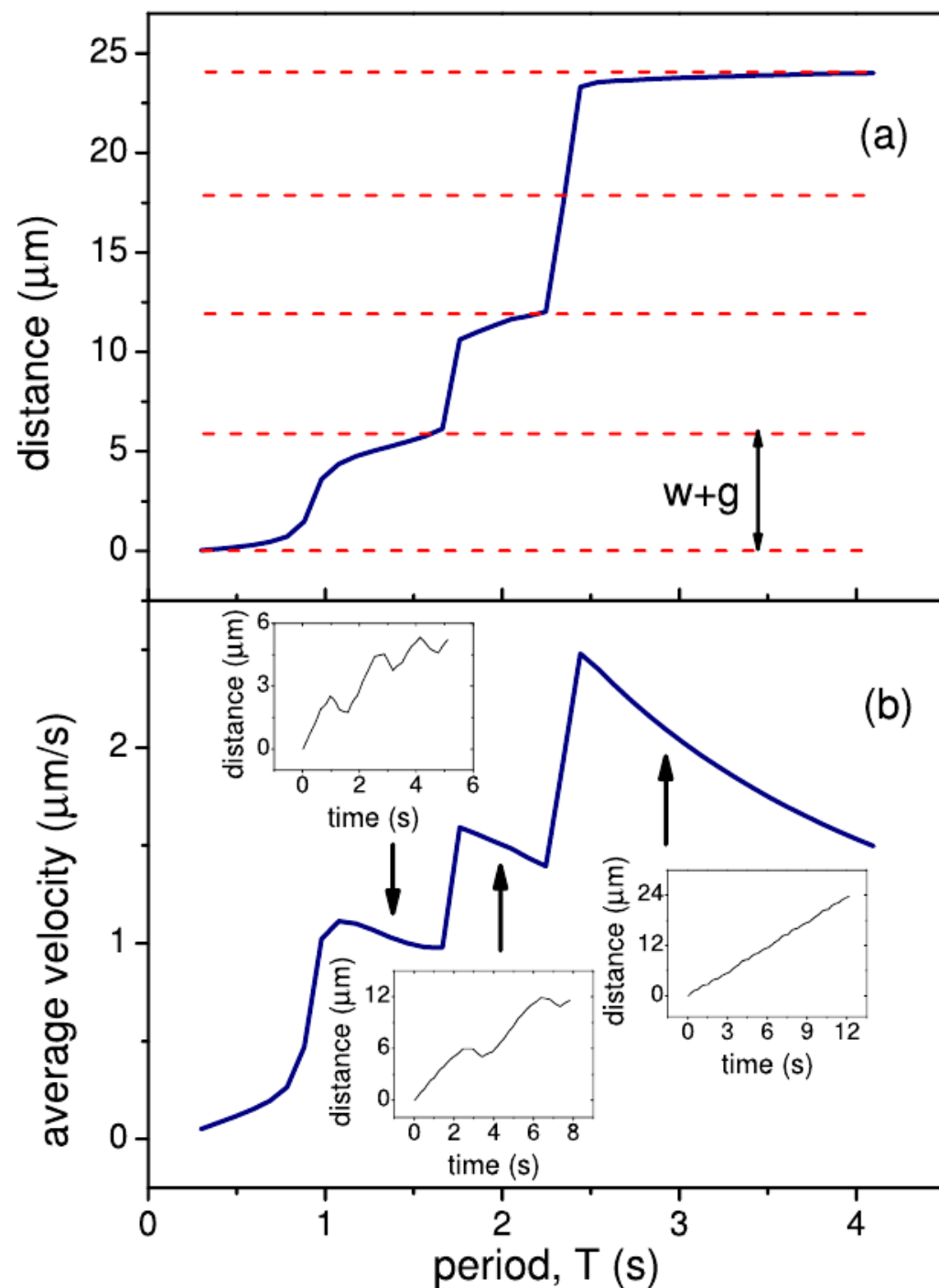


FIG. 4. Distance travelled by a  $4 \mu\text{m}$  bead (red dots) and its velocity (defined as a distance divided by time, black lines) as functions of time for the bead moving across the stripes (see Fig. 3). The width of the present stripes is  $5 \mu\text{m}$  with a gap of  $1 \mu\text{m}$  in between. Blue dashed lines represent the distance travelled by a bead placed far away from the stripes. The inset shows a schematic representation of both discussed cases.

Model ruchu kulek magnetycznych pozwala na:

- określenie reżimów transportu kulek w funkcji częstotliwości zmian pola magnetycznego - **gdy częstotliwość jest zbyt duża kulki oscylują wokół ustalonego położenia**
- określenie **optymalnej**, ze względu na średnią drogę przebywaną w jednostce czasu, **częstotliwości** zmian zewnętrznego pola





Model ruchu kulek magnetycznych pozwala na:

- określenie reżimów transportu kulek w funkcji częstotliwości zmian pola magnetycznego - **gdy częstotliwość jest zbyt duża kulki oscylują wokół ustalonego położenia**
- określenie **optymalnej**, ze względu na średnią drogę przebywaną w jednostce czasu, **częstotliwości** zmian zewnętrznego pola
- optymalizację geometrii układu (szerokość pasków i odstępy między nimi dla określonego rozmiaru kulki magnetycznej)

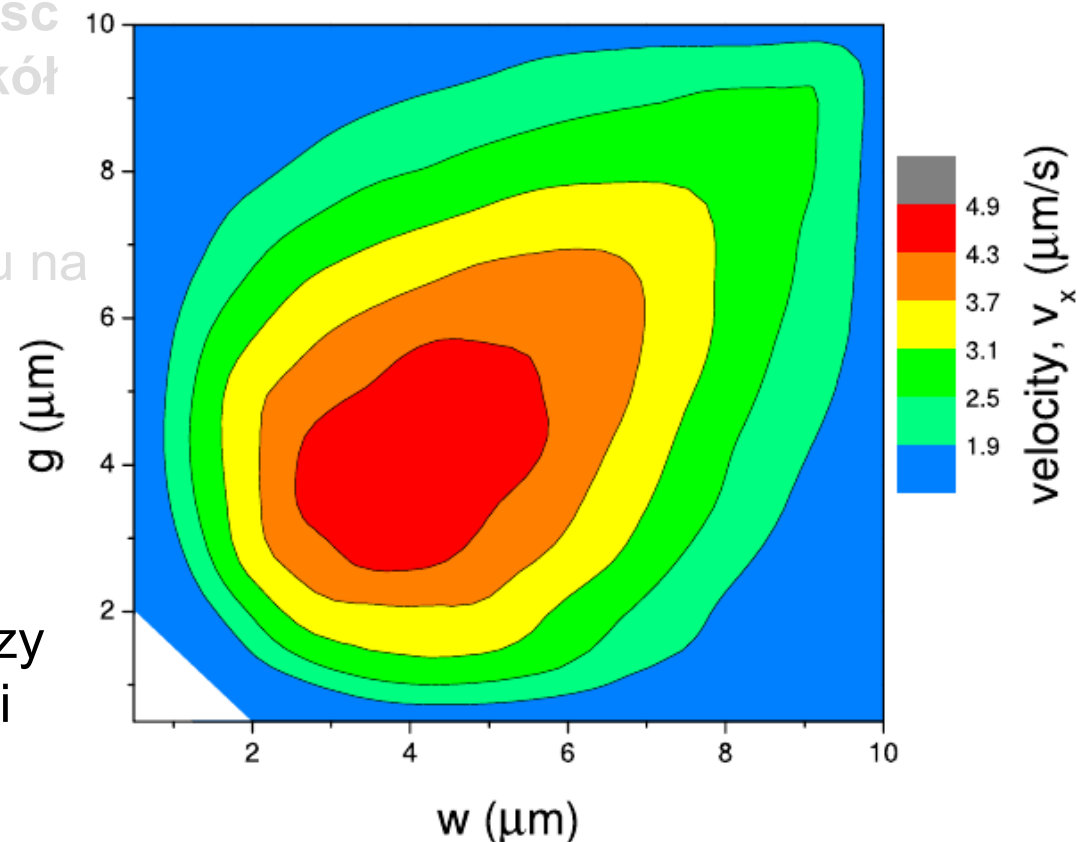


FIG. 9. Map of the maximum average SPB velocity [compare Fig. 7(b)] calculated for different  $w$  and  $g$  values at  $z_b = 2.6 \mu\text{m}$  (note that maxima may correspond to different values of  $T$ ). For  $g < 2 \mu\text{m}$  and  $w < 2 \mu\text{m}$  (white area) different SPB's movement characteristics are obtained due to deep energy minima at the outer edges of the stripe structure and are therefore not discussed in detail. The map resolution is  $0.75 \mu\text{m}$ .

projekt badawczy:

## **Ferromagnetyczne materiały dla kontrolowanego pozycjonowania ścian domenowych**

Umowa nr UMO-2013/08/M/ST3/00960 z Narodowym Centrum Nauki

Kierownik projektu: dr hab. M. Urbaniak

Okres realizacji: **40 (36+4) miesięcy** (2013.08.29-2016.12.28)

### **INFORMACJA DLA PODATNIKÓW**

Środki do dyspozycji:

**1 098 000 PLN**

Wydane środki:

Ogółem

**1 027 609 PLN** (ok. **94%** planu)

fundusz płac + składki ZUS

**416 664 PLN** (ok. **96%** planu)

materiały i usługi

**257 437 PLN** (ok. **99%** planu)

podróże krajowe + zagraniczne

**112 983 PLN** (ok. **75%** planu)

kierownik projektu:

**M. Urbaniak**

ok. **14 420 PLN**

ok. **85 000 PLN**

tylko diety\*

\*bez ryczałtów, „hotelowych” i kosztów przejazdu