

Wraz ze zwiększającymi się możliwościami technologicznymi, zwiększa się jakość wytwarzanych materiałów oraz czułość przyrządów pomiarowych. W związku z tym produkowane urządzenia mogą być coraz mniejsze, a naukowcy odkrywają ich coraz bardziej subtelne właściwości i coraz subtelniejsze zjawiska. Prowadzi to do konstruowania użytecznych struktur i urządzeń, wykorzystywanych już dzisiaj np. w komputerach, medycynie czy fotowoltaice.

Przykładem takich struktur są nanomateriały magnetoelektryczne. Nanomateriały odgrywają dużą rolę również w medycynie - jednej z najważniejszych dziedzin dla człowieka. Nanomateriały magnetoelektryczne w postaci nanoporów wspomagają wzrost tkanek, a magnetoelektryczne nanocząstki badane są w kierunku wykorzystania ich do terapii nowotworowej, regeneracji tkanek, transportu i uwalniania cząsteczek leku lub stymulacji nerwów.

Zasada działania tych struktur opiera się na efekcie magnetoelektrycznym, który jest kombinacją magnetostrykcji oraz efektu piezoelektrycznego. Zewnętrzne pole magnetyczne zmienia kierunek namagnesowania deformując układ przez magnetostrykcję, a ta deformacja prowadzi do powstania pola elektrycznego poprzez efekt piezoelektryczny. Otrzymujemy więc pole elektryczne wokół struktury, wyindukowane polem magnetycznym. Pole to może zostać wykorzystane do elektrycznej stymulacji tkanek, nerwów lub do ładowania czipów umieszczanych w ciele człowieka.

Struktura magnetoelektryczna składa się więc z dwóch materiałów: magnetostrykcyjnego (ferromagnetyka) oraz piezoelektrycznego. W fizyce znane są jednak także inne źródła efektu magnetoelektrycznego: sprzężenie magnetoelektryczne poprzez efekty ładunkowe. Do tych efektów nie jest potrzebny materiał piezoelektryczny, a jedynie dielektryk. W związku z tym, zakres stosowanych materiałów do wytworzenia np. nanocząstki działającej w oparciu o ładunkowy efekt magnetoelektryczny może być większy, co stanowi technologiczne uproszczenie ze względu na silne wymagania co do toksyczności materiałów w medycynie.

W projekcie tym zbadamy, czy ładunkowe efekty magnetoelektryczne mogą być przydatne w zastosowaniach w IT oraz w biomedycynie w postaci nanocząstek lub nanoanten. W tym celu przeprowadzimy symulacje komputerowe tych efektów w wielowarstwach, sprawdzając, jak silne one są i w jaki sposób można je zmaksymalizować. Na podstawie tych symulacji zbudujemy układ składający się z warstw ferromagnetycznych i dielektrycznych oraz przeprowadzimy na nich eksperyment, mający na celu wykrycie odwrotnych, ładunkowych efektów magnetoelektrycznych. W ostatnim kroku, przejdziemy od wielowarstw do modelowania trójwymiarowych struktur: magnetoelektrycznej anteny oraz magnetoelektrycznej nanocząstki.

Na podstawie tych badań odpowiemy na pytanie, czy ładunkowe efekty magnetoelektryczne mogą być przydatne w dziedzinie takiej jak medycyna? Czy nanocząstki wykazujące te efekty mogą być wykorzystane do stymulacji nerwów lub tkanek? Czy można zbudować antenę opartą o te efekty i wykorzystać ją do ładowania układu elektrycznego we wnętrzu człowieka zewnętrznym polem magnetycznym? A może struktury te będą przydatne do wykrywania niewielkich pól magnetycznych? W tym projekcie (1) pogłębimy wiedzę o ładunkowych efektach magnetoelektrycznych, (2) rozwinemy metody numeryczne opisujące te efekty, (3) sprawdzimy jak te efekty wpływają na inne fizyczne procesy w takich układach, (4) przeprowadzimy pionierskie eksperymenty mierzące te efekty i (5) sprawdzimy, czy te efekty mogą być przydatne nie tylko w dziedzinie IT, lecz także poza nią.