

W dzisiejszym świecie króluje tzw. nanotechnologia, której najlepszym widzialnym przykładem jest telefon komórkowy i cała sfera telekomunikacji. Choć na osobach mających styczność z dziedziną nauk fizycznych nazwa ta nie robi szczególnego wrażenia (zajmujemy się przecież pojedynczymi atomami, jądrami czy cząstkami elementarnymi, czyli światem o znacznie mniejszym rozmiarze niż „nano”), to sposób dotarcia do tych rozmiarów niewątpliwie był naukowym wyzwaniem. Można zaryzykować stwierdzenie, że gdyby nie odkrycie w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku związków $PbZr_{1-x}Ti_xO_3$ (znanych jako PZT), dzisiejszej nanotechnologii najprawdopodobniej by nie było. Stało się tak między innymi dzięki zbudowaniu mikroskopu tunelowego i mikroskopu sił atomowych w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku, w których wykorzystano znakomite właściwości piezoelektryczne ceramiek PZT do budowy tzw. aktuatorów, pozwalających na przesuwanie elementu pomiarowego we wspomnianych mikroskopach (tzw. tip'u) na odległości odpowiadające rozmiarom atomów. Dzisiaj PZT znajdują bardzo liczne praktyczne zastosowania w mikroelektronice (transformatory), medycynie (ultrasonografia), sporcie (stroje sportowe), a nawet w samochodach, w których zapewniają oszczędniejsze zużycie paliwa. Choć minęło już kilka dziesięcioleci, materiały PZT są używane w postaci ceramiek, a te – choć łatwe do syntezy – mają „budowę ziarnistą”, która jest przeszkodą w uzyskiwaniu chemicznie jednorodnego materiału.

Od trzech lat Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie jest drugim ośrodkiem na świecie dysponującym technologią wzrostu kryształów PZT o zawartości Ti w zakresie $0 < x < 0.5$. Pierwszym ośrodkiem był Simon Fraser University w Vancouver w Kanadzie. Niedawno w kryształach $PbZr_{0.95}Ti_{0.05}O_3$ zaobserwowaliśmy, że pod wpływem pola elektrycznego kryształ ulega deformacji rzędu 0.3%. Do tej pory podobnego rzędu deformację wykazywały tylko kryształy $Pb(Zn,Nb)-PbTiO_3$ lub $Pb(Mg,Nb)-PbTiO_3$, znane jako tzw. relaksory. Istotną różnicą jest to, że takie same odkształcenie względne w przypadku wstępnie zbadanego kryształu $PbZr_{0.95}Ti_{0.05}O_3$ osiągane są w polach elektrycznych nawet o dziesięciokrotnie niższym natężeniu. Oznacza to, że różnica potencjałów równa kilkunastu woltom, działająca na kryształ wielkości dziesięciu mikrometrów, spowoduje jego odkształcenie o mniej niż 1pm. Badania tego kryształu o rozmiarze $2mm \times 2mm \times 70\mu m$ pokazały, że jest także niezwykle odporny na liczbę cykli odkształceń. Nie uległ bowiem mechanicznemu zniszczeniu nawet po dwóch miesiącach ciągłych badań w polach elektrycznych o natężeniu kilku kV/cm.

W pewnym sensie dziwnym jest to, że do dziś nie znamy mechanizmu fizycznego odpowiedzialnego za tak silne deformacje zarówno w bezołowiowych warstwowych związkach KNN-xT będących „konkurencją” do PZT (choć zawierają równie niebezpieczne dla zdrowia domieszki bizmutu), jak i w relaksorach i w samym PZT. W przypadku relaksorów, brak dokładnego zrozumienia tego zjawiska może wynikać z ich skomplikowanej struktury krystalograficznej. Przyjmuje się, że głównym powodem silnej deformacji w relaksorach jest indukowane polem elektrycznym przejście fazowe do fazy o symetrii tetragonalnej. Stąd też jesteśmy przekonani, że prowadzenie badań kryształów PZT o zawartości tytanu $x < 0.5$, będących prostymi perowskitami ABO_3 , pomoże zrozumieć to zjawisko i pozwoli zweryfikować wysuniętą przez nas hipotezę, że ultrawysokie deformacje związane są z ruchem domen ferroelektrycznych i z możliwością ogromnych zmian polaryzacji spontanicznej w pobliżu przejścia fazowego między fazą antyferroelektryczną a ferroelektryczną lub między dwoma różnymi fazami ferroelektrycznymi. Tego typu przejścia fazowe występują właśnie w PZT, w pobliżu punktu trójkrytycznego (dla $x < 0.06$) i w zakresie $0.06 < x < 0.5$. Jeśli hipoteza ta okaże się słuszna, to oznaczałoby to, że ultrawysoka deformacja w związkach PZT jest związana nie tyle z przesunięciami jonów Pb wokół swoich położeń w ferroelektrycznej komórce romboedrycznej, jak to zaproponowano dla kryształów z obszaru „słynnej” granicy morfotropowej w związkach PZT z zawartością Ti bliską $x=0.5$, lecz głównie z mobilnością domen we współistniejących fazach o różnym porządku polarnym, tj. o różnej symetrii. Stąd też niniejszy projekt mieści się w zakresie badań podstawowych, ale ma też charakter bardzo pragmatyczny i rozwojowy.

