

Kontakta metode *core-shell* struktūras iegūšanai bezsvina segnetoelektriskā keramikā

Gusts Agafonovs, Marija Dunce, Arturs Atvars, Ēriks Birks
Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts

Segnetoelektriķi uz $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ bāzes tiek plaši pielietoti dažādās ierīcēs to izcilo pjezoelektrisko īpašību dēļ. Taču šo sastāvu ievērojams trūkums ir svina klātbūtne, kas kaitē gan cilvēka veselībai, gan apkārtējai videi. Tas veicina bezsvina alternatīvu izpēti. Daudzsološs kandidāts ir $\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3$ (NBT) un tā cietie šķīdumi. Dažkārt keramikā uz NBT bāzes ir novērota *core-shell* struktūra, novedot pie interesantām elektriskām, termiskām un mehāniskām īpašībām. Piemēram, *core-shell* struktūra ir iegūta NBT-SrTiO₃ (NBT-ST), novedot pie augstākām elektromehāniskās deformācijas vērtībām un dubultām polarizācijas histerēzes cilpām, kas padara šos materiālus pievilcīgus aktuatoru un enerģijas uzkrāšanas pielietojumiem. Pie tam ir parādīts, ka *core-shell* struktūras veidošanos var stimulēt, pievienojot NBT virsstehiometrijas Bi.

Šajā pētījumā piedāvāta jauna metode *core-shell* struktūras iegūšanai – veicot termisko apstrādi dažādu sastāvu keramikas plāksnēm, kas atrodas tiešā kontaktā. Aplūkoti NBT/ST un NBT/BT keramikas plāksņu pāri, kā arī šīs pašas kombinācijas ar 2% virsstehiometrijas Bi pievienota NBT. Pēc termiskās apstrādes 1180 °C temperatūrā tika analizēti keramikas plāksņu pāru šķēļumi, izmantojot SEM un EDX. Ir novērots, ka NBT/ST pāri Sr difundē NBT, savukārt Na un Bi difundē ST, abos gadījumos veidojot *core-shell* struktūras. NBT/BT gadījumā novērota tikai Na un Bi difūzija BT. Pie tam paaugstināta Bi koncentrācija NBT veicināja difūzijas procesu, palielinot difundējošo elementu koncentrācijas un iespiešanās dziļumu. Maksimālais Bi iespiešanās dziļums ST sasniedza 300 μm, Sr iespiešanās dziļums NBT – 150 μm. Līdz ar to šī metode varētu būt labi piemērota *core-shell* struktūras iegūšanai biežajās kārtiņās, kuru biezums ir salīdzināms vai ievērojami mazāks par šiem attālumiem. Tas palīdzētu iegūt segnetoelektriskus materiālus ar jaunām, dažādiem pielietojumiem pievilcīgām īpašībām.

Contact method for obtaining core-shell structures in lead-free ferroelectric ceramics

Gusts Agafonovs, Marija Dunce, Arturs Atvars, Eriks Birks
Institute of Solid State Physics, University of Latvia

$\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ -based ferroelectrics are widely used in various devices due to their excellent piezoelectric properties. However, a significant drawback of these compositions is the presence of lead, which is harmful to human health and the environment. This promotes research into lead-free alternatives. A promising candidate is $\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3$ (NBT) and its solid solutions. Sometimes, a core-shell structure is observed in NBT-based ceramics, leading to interesting electrical, thermal, and mechanical properties. For instance, a core-shell structure has been achieved in NBT-SrTiO₃ (NBT-ST), leading to higher electromechanical strain values and pinched polarization hysteresis loops, making these materials attractive for actuator and energy storage applications. Additionally, adding excess Bi to NBT has been shown to promote core-shell formation.

This study introduces a new method to obtain core-shell structures – by thermally treating ceramic plates of different compositions in direct contact. Examined pairs included NBT/ST and NBT/BT ceramic plates, as well as the same combinations with 2% excess Bi in NBT. After thermal treatment at 1180°C, cross-sections of the ceramic plate pairs were analyzed using SEM and EDX. It was observed that, in the NBT/ST pair, Sr diffused into NBT, while Na and Bi diffused into ST, forming core-shell structures in both cases. In the NBT/BT pair, only Na and Bi diffusion into BT was observed. Furthermore, the increased Bi concentration in NBT enhanced diffusion, raising concentrations and penetration depths of the diffusing elements. The maximum Bi penetration into ST reached 300 μm, while Sr penetration into the NBT reached 150 μm. Therefore, this method could be well-suited for obtaining core-shell structures in thick films with thicknesses comparable to or smaller than these distances, enabling ferroelectric materials with novel properties for various applications.

The financial support of HORIZON-WIDERA-2023-TALENTS-01 programme project FeLow-D (Grant agreement number 101186499) is greatly acknowledged.