

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
81 НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ВИКЛАДАЧІВ АКАДЕМІЇ**

Одеса 2021

Наукове видання

Збірник тез доповідей 81 наукової конференції викладачів академії
27 – 30 квітня 2021 р.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами.
За достовірність інформації відповідає автор публікації.

Рекомендовано до друку та розповсюдження в мережі Internet Вченою радою
Одеської національної академії харчових технологій,
протокол № 14 від 27-29.04.2021 р.

Під загальною редакцією Заслуженого діяча науки і техніки України,
Лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки,
д-ра техн. наук, професора Б.В. Єгорова

Укладач Т.Л. Дьяченко

Редакційна колегія

Голова Єгоров Б.В., д.т.н., професор
Заступник голови Поварова Н.М., к.т.н., доцент

Члени колегії: Амбарцумянц Р.В., д-р техн. наук, професор
Безусов А.Т., д-р техн. наук, професор
Бурдо О.Г., д.т.н., професор
Віннікова Л.Г., д-р техн. наук, професор
Гапонюк О.І., д.т.н., професор
Жигунов Д.О., д.т.н., доцент
Іоргачова К.Г., д.т.н., професор
Капрельянц Л.В., д.т.н., професор
Коваленко О.О., д.т.н., проф.
Косой Б.В., д.т.н., професор
Крусір Г.В., д-р техн. наук, професор
Мардар М.Р., д.т.н., професор
Мілованов В.І., д-р техн. наук, професор
Павлов О.І., д.е.н., професор
Плотніков В.М., д-р техн. наук, доцент
Станкевич Г.М., д.т.н., професор,
Савенко І.І., д.е.н., професор,
Тележенко Л.М., д-р техн. наук, професор
Ткаченко Н.А., д.т.н., професор,
Ткаченко О.Б., д.т.н., професор
Хобін В.А., д.т.н., професор,
Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор
Черно Н.К., д.т.н., професор

СЕКЦІЯ «ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ»

SWITCHING OF POLARIZATION IN PVDF FILMS: IMPORTANCE OF SCREENING BY TRAPPED CHARGES

Prof. S. N. Fedosov¹, Prof. A. E. Sergeeva¹, Prof. H. von Seggern²

¹Odessa National Academy of Food Technologies

²Darmstadt Technological University, Germany

During the last 20 years some ferroelectric polymers like polyvinylidene fluoride (PVDF) have attracted attention due to a promising combination of high residual polarization and good mechanical properties [1,2]. Although initially expected wide-scale applications of PVDF have not been achieved so far, it remains a model material for studies on polarization phenomena in ferroelectric polymers.

Eisenmenger *et al.* [3] put forward a qualitative *charge trapping* model assuming that dipoles in PVDF are intrinsically unstable and their preferential orientation is fixed only by charges trapped at the dipole or domain surfaces³. The idea has aroused interest to the charges in PVDF. However, their assumption of instantaneous switching of dipoles and their back-switching, if not stabilized by charges has not been proved experimentally, since the expected huge displacement currents during back-switching have not been ever observed.

Interrelation of polarization switching and screening charge dynamics is investigated in this work by comparing experimental data with results of modeling. The results stress the importance of an instantaneous release of all screening charges in the fast phase of switching and its reconstruction to screen the reversed polarization in the slow part of the switching process.

Our experiments have been performed on 12.5 μm-thick biaxially stretched PVDF samples from Kureha Co. with Al electrodes deposited by vacuum evaporation. The crystallographic structure of the polymer exhibited almost equal portion of crystalline and amorphous phases. IR spectra indicated that the fraction of ferroelectric β-phase in relation to the non-polar α-phase corresponded to a ratio of 70:30 and remained unchanged in the switched samples.

For theoretical modeling, the morphological structure of PVDF was assumed to be as an earlier proposed layer structure [4,5]. Initial conditions are as follows: $P(0)=P_o$, $E_a(0)=E_{cr}(0)=0$.

In order to reveal the effect of screening and conductivity on the switching process four extreme cases of the screening charge behavior during the switching of polarization are analyzed.

The following is the current equation, which is the same for all four cases:

$$I(t) = \frac{U_o - n_L(E_a \delta_a + E_{cr} \delta_{cr})}{R} = A \left[\varepsilon_0 \varepsilon_a \frac{dE_a}{dt} + gE_a \right] = A \left[\varepsilon_0 \varepsilon_{cr} \frac{dE_{cr}}{dt} + \frac{dP}{dt} + gE_{cr} \right] \quad (1)$$

where E_a and E_{cr} are the electric fields in the amorphous and crystalline phases, respectively. The conductivity is assumed to be $g=g_o$ for case 4 and $g=g_o+en\mu$ for cases 1, 2 and 3 with e being the elementary charge, μ the mobility of free charge carriers and n the free charge density.

Considering gradual release and recombination in case 1, the dynamics of the charge density n is assumed to be as follows

$$\frac{dn}{dt} = 2n \frac{dP/dt}{ed} - cn^2 \quad (2)$$

where the first term on the right side describes the released charge density due to polarization switching and the second term shows the charge recombination.

For the case 2 all screening charges are released instantaneously described by

$$\frac{dn}{dt} = -\alpha n^2 \quad (3)$$

with the initial condition

$$n(0) = n_o = \frac{2n_L|P_o|}{ed} \quad (4)$$

In the case 3 of high intrinsic conductivity, g is the same as the initial value in the case 2

$$g = g_o + \frac{2n_L|P_o|}{d}\mu, \quad (5)$$

whereas $g=g_o$ is assumed in the case 4 of low conductivity.

The intrinsic polarization dynamics in all four cases is described by

$$\frac{dP}{dt} = \frac{P_{st} - P}{\tau(E_{cr})} \quad (6)$$

where

$$\tau(E_{cr}) = \tau_o \exp\left(\frac{E_A}{E_{cr}}\right). \quad (7)$$

The hysteresis of the ferroelectric polarization is simplified by

$$P_{st} = \begin{cases} P_o & E_{cr} \leq E_c \\ P_o + 2P_r(E_{cr} - E_c)/(E_s - E_c) & E_{cr} \geq E_c \end{cases} \quad (8)$$

Eqs. (1) to (8) were solved numerically in relation to the ferroelectric polarization P . The best fitting was obtained for the case 2 with the following values of parameters: $\mu=10^{-11}$ m²/V s, $\tau_o=2 \cdot 10^{-8}$ s, $E_A=1.1 \cdot 10^9$ V/m, and $\alpha=0.5 \cdot 10^{-20}$ m³/s. The same parameters were used in calculations of the case 1. In the case 3, $n=n_o=3.92 \cdot 10^{26}$ m⁻³ causing $g=g_{max}=6.32 \cdot 10^{-4}$ S/m, while $n=0$ and $g=g_o=3 \cdot 10^{-11}$ S/m corresponded to the case 4.

The best agreement between experimental and theoretical dynamics of the polarization switching was observed in the case 2 corresponding to an instantaneous release of the screening charges upon application of the switching voltage. With all other models, a fit of the theoretical prediction to the experimental data was unsuccessful.

The physical reason why all other models fail can be seen in the dynamics of the released charges. In the model with the constant low conductivity (case 4) the charges are released according to the Maxwell relaxation time constant $\tau_M=\epsilon_o\epsilon/g_o$, which is $\tau_M=4.5$ s for the present case. The consequence is that only a small fraction of the polarization can switch freely, whereas the rest is hindered by the electric field of the still persisting screening charges. This situation changes around the Maxwell relaxation time when the screening charges are released.

The model of instantaneous release (case 2) seems to offer the right mix of released charge, recombining charge and conducting charge. The initially very high number of released charges forms a high conductivity that allows polarization to switch unimpeded.

References

1. G.M. Sessler (ed.), *Electrets*, Vol. 1, Third Edition (Laplacian Press, Morgan Hill, 1999).
2. T. Furukawa and G.E. Johnson, *Appl. Phys. Lett.* **38**, 1027 (1981).

3. W. Eisenmenger and M. Haardt, Solid State Comm. **41**, 917 (1982).
4. H. von Seggern and S. Fedosov, IEEE Trans. Diel. Elec. Insul. **11**, 232 (2004).
5. S.N. Fedosov and H. von Seggern, J. Appl. Phys. **94**, 2173 (2004).

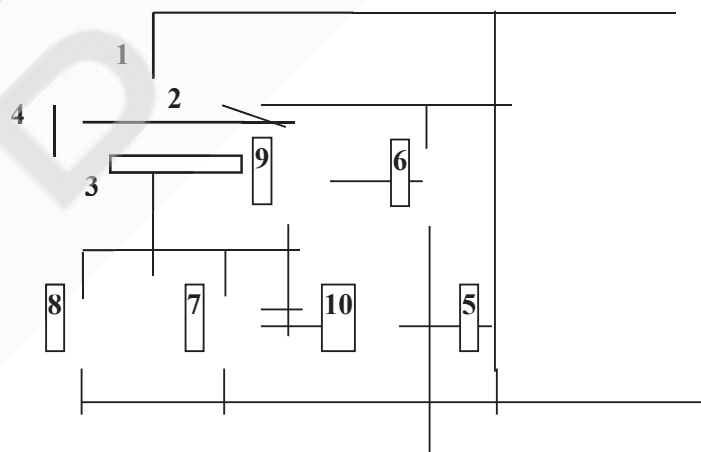
CORONA DISCHARGE POLING OF FERROELECTRIC POLYMERS

Prof. A.E. Sergeeva, Prof. S.N. Fedosov
Odessa National Academy of Food Technologies

Dipoles in ferroelectric polymers (FP) must be oriented by application of DC electric field to insure desired properties of the material. The most advanced process called corona poling was applied earlier in electrostatic filters, electrophotography and in electrets. Due to its versatility, corona method allows to optimize the process by proper selection of poling parameters.

Advantages of corona poling are: (a) poling can be performed without deposited electrodes (b) higher fields can be achieved than in case of sandwich poling, and (c) thin films can be poled in spite of defects, because breakdown is limited only to small sample area. A simple point-to-plane geometry was gradually replaced by a corona triode with a metal grid between the point and the sample. The corona triode was used to study dynamics of poling and charge transport phenomenon in polymers [1-6]. In this work we describe corona poling of ferroelectrics polymers with an accent on using constant current corona poling (CCCP).

There are four modifications of the corona triode (Fig. 1). In the simplest mode I, corona and grid voltages are controlled independently by power supplies 5 and 6 and kept constant. The elements 4, 8, 9, 10 are not used in mode I. One can measure the poling current (7), but cannot separate its components. If either the sample or the grid is made vibrating (mode II, element 4 is added), one can observe the dynamics of the surface potential by the modified Kelvin method measuring the AC current (8). In the mode III the feedback 10 is introduced to control the corona voltage 6 in order to keep the poling current constant. So, all poling parameters can be measured and controlled. In the latest version of the triode (mode IV) not the corona, but the grid voltage is adjusted through the feedback 9 for keeping the current constant. There is no need for a vibrating capacitor, so elements 4 and 10 are excluded.



1 – the corona electrode, 2 – the grid, 3 – the sample, 4 – vibration of the grid, 5 – high voltage DC power supply for corona, 6 – power supply for the grid, 7 – DC component of the poling current, 8 – AC component of the poling current, 9 – the feedback circuit to control the grid power supply, 10 – the feedback circuit to control the corona power supply

Fig. 1 – Block-diagram of the corona setup

To find best poling conditions we recommend to measure current-voltage characteristics.

КОМПРОМІС ПАРЕТО МІЖ КРИТЕРІЯМИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ РОЗКЛАДУ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ Сакалюк О.Ю., Трішин Ф.А.....	155
---	-----

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЗЕРНОВИХ ВИРОБНИЦТВ»

РОЛЬ SMART СИСТЕМ В УПРАВЛІННІ ОБЛАДНАННЯМ ПЕРЕРОВНОЇ ГАЛУЗІ Гапонюк О.І., Алексашин О.В., Гончарук Г.А.....	157
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛУЩЕННЯ-ШЛІФУВАННЯ ЯЧМЕНЮ Гончарук Г.А., Ліпін А.П., Шипко І.М.....	160
СИЛОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУБЧАСТО-ВАЖЛИВОГО МЕХАНІЗМУ ЗІ ЗВОРОТНО-ПОСТУПАЛЬНИМ РУХОМ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ Ліпін А.П., Шипко І.М.....	161
ЩОДО РОЗРОБКИ КОНСТРУКЦІЙ РЕГУЛЬОВАНИХ КРИВОШИПІВ Ліпін А.П.....	162
НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБІНОВАНИХ МИЙНИХ МАШИН ДЛЯ ЗЕРНА Ж9-БМА Солдатенко Л.С., Сторож В.С.....	163

СЕКЦІЯ «ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ»

SWITCHING OF POLARIZATION IN PVDF FILMS: IMPORTANCE OF SCREENING BY TRAPPED CHARGES S.N. Fedosov, A.E. Sergeeva, H. von Seggern.....	165
CORONA DISCHARGE POLING OF FERROELECTRIC POLYMERS A.E. Sergeeva, S.N. Fedosov.....	167
SWITCHING OF FERROELECTRIC POLARIZATION AND ITS BUILD-UP IN POLYVINYLINDENE FLUORIDE (PVDF) FILMS S.N. Fedosov, A.E. Sergeeva.....	169
APPLICATION OF DIELECTRIC SPECTROSCOPY AND TSDC METHODS FOR STUDYING RELAXATION IN NON-LINEAR OPTICAL AND FERROELECTRIC POLYMERS A.E. Sergeeva, S.N. Fedosov.....	170
ОТРИМАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРАКТІВ ІЗ РОЗТОРОПШІ ПЛЯМИСТОЇ Задорожний В.Г.....	171
ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА Кононенко Н.Г., Федченко Ю.С., Черевко Є. В.....	173
ЗАЛИШКОВА ПОЛЯРИЗАЦІЯ В СИСТЕМІ ПС+ДР1, ЯКА ВИВЧЕНА МЕТОДОМ СТРУМІВ ТСД Ревенюк Т.А.....	175
ДЕЯКІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ Вітюк А.В., Нужна Н.В.....	176
НЕЛОКАЛЬНИЙ ПСЕВДОПОТЕНЦІАЛ І ПАРНА МІЖІОННА ВЗАЄМОДІЯ У МЕТАЛІЧНОМУ ГЕЛІІ Швець В.Т.....	178
ПРОСТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СПОРІДНЕНОСТІ НАРОДІВ Швець В.Т.....	180

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА, МЕХАТРОНІКА ТА ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА»

МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТЯГО-ДУТТЬОВИХ МАШИН ПАРОВОГО КОТЛА Бабіч В.Ф., Галіулін А.А., Задорожнюк О.О.....	182
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНТАКТНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ЛАНОК НА ПЕРЕДАТОЧНЕ ВІДНОШЕННЯ ІМПУЛЬСНОГО РЕДУКТОРА Субботіна М.І.....	184
ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АЛГЕБРАІЧНОГО АНАЛІЗУ В КУРСІ ІНЖЕНЕРНОЇ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ Ломовцев Б.А.....	186
ОПТИМАЛЬНЕ РОЗБИТТЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ЦИКЛІВ ПАРО-КОМПРЕСОРНИХ СИСТЕМ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТЕПЛОТИ НА СХІДЦІ, ВИБІР КОМПРЕСОРІВ І ПРОМІЖНИХ ТЕМПЕРАТУР Іваненко Є.В.....	187
ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ З БІРОТАТИВНИМ СИНХРОННИМ ГЕНЕРАТОРОМ Штепа Є.П.....	189
ВПЛИВ ПЕРЕДАВАЛЬНОГО ЧИСЛА НА ГАБАРИТИ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ ОДНО- І ДВОСТУПЕНЧАСТИХ РЕДУКТОРІВ Аванесьянц А.Г.....	193