

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
83 НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ВИКЛАДАЧІВ УНІВЕРСИТЕТУ

Одеса 2023

Наукове видання

Збірник тез доповідей 83 наукової конференції викладачів університету
25 – 28 квітня 2023 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
Одеського національного технологічного університету,
протокол № 13 від 16.05.2023 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: Іванченкова Л.В., д.е.н., професор

Заступник голови Поварова Н.М., к.т.н., доцент

Члени колегії:

Агунова Л.В., к.т.н., доцент

Артеменко С.В., д.т.н., професор

Басюркіна Н.Й., д.е.н., професор

Бурдо О.Г., д.т.н., професор

Бордун Т.В., к.т.н., доцент

Верхівкер Я.Г., д.т.н., професор

Гапонюк О.І., д.т.н., професор

Гаркович О.Л., к.б.н., доцент

Добрянська Н.А., д.е.н., професор

Жигунов Д.О., д.т.н., професор

Філіпенко О.І., к.філ.н., доцент

Згадова Н.С., к.е.н., доцент

Капрельянц Л.В., д.т.н., професор

Капустян А.І., д.т.н., доцент

Коваленко О.О., д.т.н., професор

Косой Б.В., д.т.н., професор

Котлик С.В., к.т.н., доцент

Козак К.Б., д.е.н., професор

Лагодієнко В.В., д.е.н., професор

Лебеденко Т.Є., д.т.н., професор

Ломовцев П.Б., к.т.н., доцент

Макаринська А.В., д.т.н., професор

Ніколюк О.В., д.е.н., професор

Немченко В.В., д.е.н., професор

Осадчук П.І., д.т.н., доцент

Павлов О.І., д.е.н., професор

Солоницька І.В., к.т.н., доцент

Седікова І.О., д.е.н., професор

Сергеева О.Є., д.ф-м.н., професор

Семенюк Ю.В., д.т.н., професор

Симоненко Ю.М., д.т.н., професор

Скрипніченко Д.М., к.т.н., доцент

Соловей А.О., к.т.н., доцент

Струк Б.І., к.п.н., доцент

Тітлов О.С., д.т.н., професор

Тележенко Л.М., д.т.н., професор

Ткаченко О.Б., д.т.н., професор

Ткачук Г.О., д.е.н., професор

Фесенко О.О., к.т.н., доцент

Хобін В.А., д.т.н., професор

Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор

ROLE OF TRAPPED CHARGES IN NEUTRALIZATION OF DEPOLARIZING FIELD IN FERROELECTRIC POLYMERS

**Professor A.E. Sergeeva, D.Sc. (Physics & Mathematics)
Odessa National University of Technology, Odessa**

Switching of polarization in ferroelectric polymers (FP) is accompanied by appearance of the depolarizing field tending to switch the polarization back to its original state. If this field is not neutralized (or compensated) by trapped charges, the residual polarization will be weak and unstable. There are two sources of space charge in FPs. It can either originate from separation of already existing intrinsic carriers, or be injected in the volume through surfaces of the sample. It has been proved that the massive trapping of charges occurs during the buildup of polarization in FPs [1], but it is not clear so far where the trapped charges reside. In this paper it is shown that favorable conditions for trapping exist both, at boundaries of the polarized crystallites and in macroscopic transition zones, by which polarized parts are separated from non-polarized ones. However, the compensating charges are trapped only in the transition zones.

It was known that structure of the uniaxially stretched PVDF, and most probably of other semi-crystalline FPs, is bricklike, i.e. crystallites are oriented in the stretching direction, each having dimensions of about $a=7.5$ nm, $b=3.5$ nm, $c=2.5$ nm in directions 1-2-3. The crystallites are separated from each other by amorphous gaps of about 2.5 nm thick in direction 1, while very narrow layers of about 0.5 nm separate crystallites in directions 2 and 3.

Assuming that crystallites are spheres or discs we found that conditions are favorable at boundaries of polarized crystallites for trapping of charges [2]. This can be considered as if new localized states are added to already existing Anderson's centers in amorphous phase and to Maxwell-Wagner's charges trapped at the interfaces. However, the depolarizing field can be compensated by this mechanism, if only one crystallite is considered. The picture is different, if effect of neighboring crystallites is accounted for.

Favorable conditions for trapping of charges exist at boundaries of the macroscopic polarized layers as well, i.e. in transition zones by which polarized parts are separated from unpolarized ones. According to Poisson's equation one can write

$$\varepsilon_0 \varepsilon \frac{\partial E(x,t)}{\partial x} = \frac{\partial P(x,t)}{\partial x} + \rho(x,t) \quad (1)$$

where x is the coordinate in the thickness direction, t the time, ε_0 the permittivity of vacuum, ε the dielectric constant, E the field, P the polarization, ρ the volume density of real uncompensated charges. If the sample is short circuited after poling for the time exceeding Maxwell's relaxation time (about 200 s for PVDF), the field will become zero everywhere in the volume, i.e. $E(x,t) = 0$. Then from Eq.(1) we obtain

$$\frac{\partial P(x,t)}{\partial x} = -\rho(x,t) \quad (2)$$

Eq.(2) indicates that trapped charges can reside in the transition zone. It can be easily proved that the net charge per unit surface area does not depend on thickness of the transition zone and is equal to the magnitude of polarization in the uniformly poled part of the sample. Another conclusion is that the net density of the compensating trapped charge does not depend on thickness of the polarized layer, provided the one-dimensional approximation is still valid.

Assuming that neutralized charges are trapped at boundaries of each polarized crystallite one can calculate the density of the charges. Calculations show that real density of the charge carriers is $n=10^{18}$ m⁻³, while the required charge is $n_i=2 \cdot 10^{26}$ m⁻³, i.e. the real charge is 8 orders of magnitude

lower than that necessary for compensation of polarization by charges trapped at boundaries of each crystallite. Therefore, the charges are not trapped at boundaries of crystallites. How then the depolarizing field is compensated? It appeared that trapping only in transition zones is sufficient.

It is obvious that the density of the polarization charge at surfaces of the sample P' is proportional to $P_r=0.14$ Q/m² and crystallinity $x_c\approx 0.5$. Let us calculate the field applied to a dipole inside any crystallite. Considering validity of the superposition principle, the total field is the sum of fields created by all charged layers, both over and under the dipole. It is easy to show that the resulting field is zero, because numbers of positive and negative layers are the same. It means that the depolarizing field inside crystallites can be completely neutralized by the charges trapped at the surface or in transition zones.

A rather high field exists in the amorphous phase of a FP, but this field is not caused by polarization of crystallites, as postulated sometimes. It results from compensating charges residing at the surface of the sample, or in transition zones. The field can cause separation of free carriers in amorphous phase, but this does not affect the field inside crystallites (it will remain zero). Separated charges are pressed to surfaces of crystallites, therefore their mobility is reduced. This can be a reason of the sharp decrease in the apparent conductivity during poling of FPs [3].

Let us estimate the net charge necessary for neutralization of the depolarizing field by charges trapped in transition zones. Considering polarization $P' \approx 0.1$ Q/m², the thickness of the sample $x_o = 20$ μm, the density of intrinsic free charges $n = 10^{18}$ m⁻³ and assuming that all separated charges are trapped at surfaces of the sample, we obtain for the surface density of the charges $\sigma' = 3.2 \cdot 10^{-6}$ Q/m², which is much lower than the required density $P' = 0.1$ Q/m². This result is simple, but rather important. It shows that there must be sufficient source of free charges during poling, so that they can be trapped in order to compensate the depolarizing field completely. They can be either injected, as in cases of corona or high-field poling, or emitted thermally inside the sample in case of the thermoelectret poling. For example, the required charge can be injected in 15 min during room temperature constant-current corona poling at the current density of 160 nA/m².

It is worthwhile to mention that FPs poled at elevated temperatures usually possess higher values of polarization than those poled at room temperature. The thermal activation in case of FPs is necessary only to provide for the high number of free charges, but not to increase mobility and improve alignment of dipoles, as in case of conventional polar electrets. The thermoelectret polarization in FPs is an undesirable side effect, because being unstable thermodynamically, it decays slowly with time, negatively affecting their piezoelectric and pyroelectric performance.

We have already suggested [4] that a very close interaction existed between polarization and space charge in FPs. Here more evidence is provided of this and give some new information on where the compensating charges are trapped and how they neutralize the depolarizing field. The clarification is necessary, because it is often assumed that the poling take place in the field created by trapped charges. The fact however is that the poling field is provided by the power supply, and the trapping of charges in FPs is not the cause, but the result of polarization.

References

1. S.N. Fedosov, A.E. Sergeeva, J.N. Marat-Mendes Anomalous Apparent Conductivity of PVDF and PT:P(VDF-TrFE) Composites // *Ferroelectrics*, 2003, vol. 294, pp. 93-103.
2. A.F. Butenko, S.N. Fedosov, A.E. Sergeeva Trapping of Compensating Charges in Corona Poled PVDF Films // arXiv preprint arXiv: 2007, 0704.3449.
3. H. von Seggern and S. N. Fedosov Conductivity-induced polarization buildup in polyvinylidene fluoride // *Appl. Phys. Lett.*, 2002, vol. 81, no. 15, pp. 2830-2832.
4. S.N. Fedosov, A.E. Sergeeva Measuring of electrical relaxation parameters in polar polymer dielectrics // *Journal of Electrostatics*, 1993, vol. 30, pp. 327-333.

ВПЛИВ ЯКОСТІ МОЛОКА КОРІВ ГОЛЬШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ НА ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ У СИР М'ЯКИЙ КАМАМБЕР НА ТОВ «МУККО»	
Ткаченко Н.А., Анічін В.В.	169
ЯКІСНА ПАРФУМЕРНО-КОСМЕТИЧНА ПРОДУКЦІЯ. ВИМОГИ ДО БЕЗПЕКИ НА ВИРОБНИЦТВІ	
Севастьянова О.В., Ткаченко Н.А., Маковська Т.В.	172
ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ШТУЧНОЇ ВОЩИНИ НА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ БДЖОЛИНОЇ СІМ'І	
Котляр Є.О., Ясько В.М.	174
ЛАКТОФЕРИН – ПОТУЖНИЙ КОМПОНЕНТ МОЛОКА З ШИРОКИМ СПЕКТРОМ ВИКОРИСТАННЯ	
Севастьянова О.В., Ткаченко Н.А., Маковська Т.В.	176
ОЛІЯ З НАСІННЯ РОЗТОРОПШІ ТА ЇЇ ЦІЛЮЩІ ВЛАСТИВОСТІ	
Котляр Є.О., Гладкіх Р.Д.	177
ВИБІР СИРОВИННИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕМУЛЬСІЙНОГО КРЕМУ З ЛІФТИНГОВИМ ЕФЕКТОМ З ВИКОРИСТАННЯМ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ	
Ланженко Л.О., Дец Н.О., Королюк Н.А.	179
ВИКОРИСТАННЯ НАСІННЯ ЧІА У СИРАХ ПАСТА ФІЛАТА	
Клименко О.Г., Ткаченко Н.А.	181

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЗЕРНОВИХ ВИРОБНИЦТВ»

РОЛЬ ЗЕРНОПРОДУКТІВ В РАЦІОНАЛЬНОМУ ХАРЧУВАННІ ЛЮДИНИ	
Гапонюк І.І., Гапонюк О.І., Гончарук Г.А.	184
МОДЕРНІЗАЦІЯ ДРОБАРКИ ДЛЯ ЗЕРНА	
Алексахин О.В., Гончарук Г.А., Ромашкевич С.О.	186
СУЧАСНІ КОНСТРУКЦІЇ І МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КРУГЛОПАСОВИХ ПЕРЕДАЧ	
Аванес'яни А.Г.	187
ДОЦІЛЬНА ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРОБКИ ТАКЕЛАЖНО-МОНТАЖНОЇ УСТАНОВКИ	
Солдатенко Л.С., Шипко І.М., Шипко А.І.	189

СЕКЦІЯ «АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА РОБОТОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ»

КОНЦЕПТУАЛЬНА СТРУКТУРА ГІБРИДНОЇ САК ЗАМІСОМ ТІСТА	
Жигайло О.М., Топор М.М.	191
ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ МЕРЕЖ ПЕТРІ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ	
Гурський О.О., Гончаренко О.Є., Дубна С.М.	194
КОНЦЕПТУАЛЬНА СТРУКТУРА САК ПРОЦЕСАМИ КОНДЕНСАЦІЙНОЇ СУШКИ ПЛЮДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ	
Якубаш І.В., Мазур О.В.	195

СЕКЦІЯ «ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ»

STUDY OF CORONA POLED POLYSTYRENE BY THERMALLY STIMULATED DEPolarIZATION METHOD	
Fedosov S.N.	197
ROLE OF TRAPPED CHARGES IN NEUTRALIZATION OF DEPolarIZING FIELD IN FERROELECTRIC POLYMERS	
Sergeeva A.E.	199
УЛЬТРАЗВУКОВА ЕКСТРАКЦІЯ ПОЛІСАХАРИДІВ ЛЬОНУ	
Задорожний В.Г.	201
МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ЦИКЛІВ АВТТ У СКЛАДІ СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	
Осадчук Є.О., Вітюк А.В.	202
ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СУЧАСНОМУ БІЗНЕСІ	
Вітюк А.В., Нужна Н.В.	203
ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ EXCEL ТА VBA ДЛЯ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ	
Кононенко Н. Г., Федченко Ю.С., Черевко Є.В.	205

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА МЕХАТРОНІКА»

МОДЕЛЮВАННЯ ВЕНТИЛЬНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ РУКИ КОЛАБОРАЦІЙНОГО РОБОТА	
Бабіч В.Ф., Галіулін А.А., Ісасв М.Х.	207