

ZJAWISKA RELAKSACJI DIELEKTRYCZNEJ W DREWNIIE BUKA (*FAGUS SILVATICA* L.) W PRZEDZIALE TEMPERATUR OD 100K DO 450K

Grzegorz Hoffmann, Stefan Poliszko

Katedra Fizyki Akademii Rolniczej w Poznaniu

W pracy przedstawiono wyniki badań dielektrycznych właściwości zupełnie suchego drewna buka w przedziale temperatur od 100K do 450K, przy częstościach 0,42, 2 i 10 kHz. Stwierdzono występowanie dwóch procesów relaksacyjnych w zakresie wysokich i niskich temperatur. Obliczono wartości entalpii i entropii aktywacji niskotemperaturowego procesu β -relaksacji oraz oszacowano temperaturę odpowiadającą maksimum strat dielektrycznych związanych z wysokotemperaturowym procesem α -relaksacji.

WSTĘP

Drewno różnych gatunków jest nadal szeroko stosowanym materiałem elektroizolacyjnym, zwłaszcza w niskonapięciowych liniach przesyłowych. Wynika to między innymi z powszechnej dostępności tego dielektryka oraz łatwości jego pozyskiwania i obrabiania. Rozwój energetyki stawia coraz wyższe wymagania niezawodności i trwałości w odniesieniu do wszystkich dielektryków stosowanych w instalacjach elektrycznych. Jednym z podstawowych źródeł zawodności polimerowych, a więc i drewnianych elementów elektroizolacyjnych, jest ich podatność na przebicie uwarunkowana stratami dielektrycznymi związanymi z zachodzeniem zjawisk relaksacyjnych [1, 2]. Obserwowane w ostatnich latach zainteresowanie badaniami właściwości dielektrycznych drewna wynika nie tylko z ich znaczenia praktycznego, lecz również poznawczego. Współczesny stan teorii na temat zjawisk relaksacji dielektrycznej pozwala w wielu przypadkach powiązać własności dielektryczne, wyznaczone w szerokich przedziałach częstości pól elektrycznych i temperatur, ze strukturą badanych materiałów na różnych szczeblach jej

organizacji [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Zjawiska relaksacji dielektrycznej szczególnie wyraźnie przejawiają się wówczas, gdy budowa chemiczna dielektryka zapewnia występowanie elementów struktury zaopatrzonych w trwałe momenty elektryczne. W wyniku przyłożenia zewnętrznego pola elektrycznego w układach takich dochodzi do orientacji początkowo chaotycznie rozłożonych dipoli. Uzyskana w ten sposób polaryzacja dielektryka, po usunięciu pola zewnętrznego, ustępuje na skutek ruchów termicznych zarówno dipoli, jak i elementów struktury, z którymi dipole te są związane. Z opracowanej przez Debye'a [11] teorii relaksacji dielektrycznej dla polarnych cząstek kulistych o promieniu r w cieczach wynika, że czas relaksacji τ , po którym dochodzi do e -krotnego spadku polaryzacji, przyjmuje małe wartości rzędu 10^{-10} do 10^{-12} i jest funkcją współczynnika lepkości cieczy η oraz temperatury T :

$$\tau = \pi 4 \eta r^3 (kT)^{-1}. \quad (1)$$

Reorientacja dipoli trwale związanych z łańcuchami polimerów polarnych zachodzi znacznie wolniej niż w cieczach w wyniku wewnętrznych i międzymolekularnych barier energetycznych, ograniczających rotację polarnych grup funkcyjnych i zespołów takich grup uczestniczących w kooperatywnych procesach relaksacyjnych [12]. Wspomniana kooperatywność w połączeniu z ograniczeniami wynikającymi z międzymolekularnych oddziaływań o naturze zbliżonej do efektów lepkościowych, uwzględnianych w teorii Debye'a, jest przyczyną ujawnienia się w polimerach procesów reorientacji z czasami relaksacji mieszczącymi się w szerokim przedziale wartości od około 10^{-12} s do 10^5 s [13]. Występowanie rozkładu czasów relaksacji wyraźnie przejawia się przy oddziaływaniu na dielektryki sinusoidalnie zmiennych pól elektrycznych $E(\omega)$, które wywołują sinusoidalne zmiany indukcji:

$$D(\omega) = \epsilon^*(\omega) E(\omega). \quad (2)$$

Określając powyższy związek zespolona przenikalność elektryczna $\epsilon^*(\omega)$ zależy od częstości ω oraz związanych ze strukturą dielektryka, parametrów i kształtu funkcji rozkładu czasów relaksacji $\Phi(\tau)$. Najbardziej ogólna postać tej zależności:

$$\Sigma^* = \epsilon_\infty + (\epsilon_s - \epsilon_\infty) [1 + (i\omega\tau)^{1-\alpha}]^{-\beta}, \quad (3)$$

w której parametrami funkcji $\Phi(\tau)$ są współczynniki α i β , zaś ϵ_s i ϵ_∞ to wartości przenikalności odpowiednio przy $\omega=0$ i $\omega=\infty$, została zaproponowana przez Havriliaka i Negami w 1966 r. [14].

Istniejące w dostępnej literaturze dane dotyczące zjawisk relaksacji dielektrycznej w drewnie wierzby [15], brzozy [16], hoonoki [17], daglezi [18], dębu [19] i innych gatunków np. [20, 21] wskazują, że w prze-

dziale obejmującym wartości τ od 10^{-2} s do 10^{-9} s widma czasów relaksacji zupełnie suchego drewna odznaczają się rozległym maksimum. Maksimum temu w temperaturze 20°C odpowiada najbardziej prawdopodobny czas relaksacji rzędu 10^{-7} s. W tym samym obszarze widm ujawniają się również maksima w wydrebnionej z drewna celulozie [22, 23, 24], chemicelulozie [21] i ligninie [25, 26, 27].

W związku z powyższym, źródłem procesów relaksacji dielektrycznej w omawianej strefie widma mogą być reorientacje wszystkich występujących w poszczególnych składnikach drewna polarnych grup funkcyjnych: OH, OCH_3 , COOH i CO [16]. Według Norimoto [21] rolę dominującą w tej strefie widma spełniają grupy metoksyłowe zlokalizowane w obszarach amorficznych ścian komórkowych drewna. Szczegółowa identyfikacja i lokalizacja przedziałów widm uwarunkowanych przebiegiem procesów relaksacyjnych z udziałem poszczególnych grup funkcyjnych nie została jednak dotychczas dokonana. Według powszechnie przyjętej klasyfikacji [28, 29], efekty obserwowane w omawianej strefie widma relaksacji dielektrycznej w drewnie należy zaliczyć do procesów β -relaksacji uwarunkowanych reorientacją bocznych grup funkcyjnych lub małych fragmentów łańcuchów polimerowych. W badaniach drewna dotychczas nie zaobserwowano występujących w wielu polimerach procesów γ - i δ -relaksacji, odznaczających się krótszymi czasami τ , niż procesy typu β . W badaniach dielektrycznych nie odnotowano również procesów α -relaksacji związanych z przejściem fazowym drugiego rodzaju, czyli rozeszkleniem obszarów amorficznych ścian komórkowych drewna. Powyższy stan danych wynika z przebadania własności dielektrycznych w stosunkowo wąskim przedziale temperatur. Pomiaru temperaturowe, przy wykorzystaniu zasady superpozycji temperaturowo-czasowej, stwarzają możliwość znacznego rozszerzenia analizowanego pasma czasów relaksacji [10].

Zmierzając do uzupełnienia danych dotyczących zjawisk relaksacji dielektrycznej w drewnie, postanowiono przeprowadzić badania w przedziale temperatur od 100 K do 450 K, znacznie rozszerzonym w porównaniu z dotychczas stosowanym.

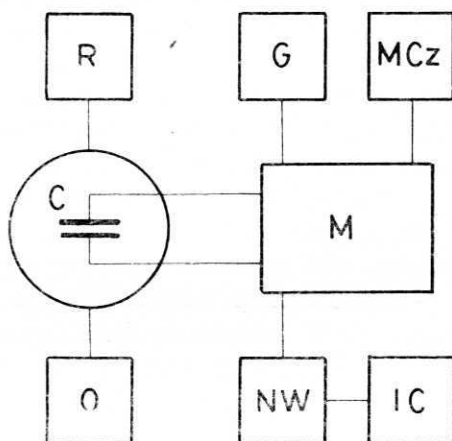
METODYKA BADAŃ

Badania doświadczalne dielektrycznych właściwości materiałów wymagają rozdzielenia części rzeczywistej i urojonej zespolonej przenikalności elektrycznej i przedstawienie jej w postaci następującej:

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - i\varepsilon'' \quad (4)$$

Część rzeczywista ϵ' tak określonej przenikalności jest zamierzona doświadczalnie jako stosunek pojemności kondensatora z badanym dielektrykiem umieszczonym między jego okładkami do pojemności tego samego kondensatora po zastąpieniu dielektryka próżnią. Część urojona, reprezentująca straty energii pola elektrycznego w dielektryku jest wyznaczona na podstawie pomiarów tangensa kąta δ , określającego różnicę faz między sinusoidalnie zmiennymi wektorami przesunięcia elektrycznego $\vec{D}$ oraz pola elektrycznego $\vec{E}$. Można bowiem wykazać, że:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} \quad (5)$$



Rys. 1. Schemat ideowy układu pomiarowego

M — mostek pojemności, G — generator, MCz — miernik częstości, NW — nanowoltomierz selektywny, IC — cyfrowy indykator zrównoważenia, O — omomierz, R — regulator temperatury

Fig. 1. Schematic diagram of measuring system

M — capacitance bridge, G — generator, MCz — frequency meter, NW — selective nanovoltmeter, IC — digital indicator of balance, O — resistance meter, R — temperature controller

Badania, których wyniki przedstawiono w pracy, zrealizowano za pomocą układu pomiarowego (rys. 1) zbudowanego całkowicie na bazie produkowanej w kraju aparatury. Zasadniczym elementem tego układu jest mostek RLC typ E 314, który przy wykorzystaniu generatora zewnętrznego jest fabrycznie przystosowany do bezpośrednich pomiarów pojemności oraz $\operatorname{tg} \delta$ w zakresie częstości od 20 Hz do 20 kHz. Zmierzając do zwiększenia czułości aparatury, a więc i zwiększenia dokładności pomiarów, w charakterze wskaźnika zrównoważenia mostka użyto nanowoltomierza selektywnego UNIPAN 237, współpracującego z miernikiem

cyfrowym ułatwiającym wzrokową ocenę stanu zrównoważenia. Mając na celu dokładne dostrojenie warunków pracy nanowoltomierza do częstości pomiarowej, użyto miernika częstości PFL-16A. W wyniku uzyskanego na skutek wprowadzonych zmian, istotnego zwiększenia czułości wskazań zrównoważenia, uznano za celowe zastąpienie w mostku fabrycznego potencjometru „tg δ ” opornikiem dekadowym DR6a-16, umożliwiającym pomiary tg δ z dokładnością $3 \cdot 10^{-5}$, znacznie zwiększoną w porównaniu z dokładnością gwarantowaną przez producenta: 10^{-3} .

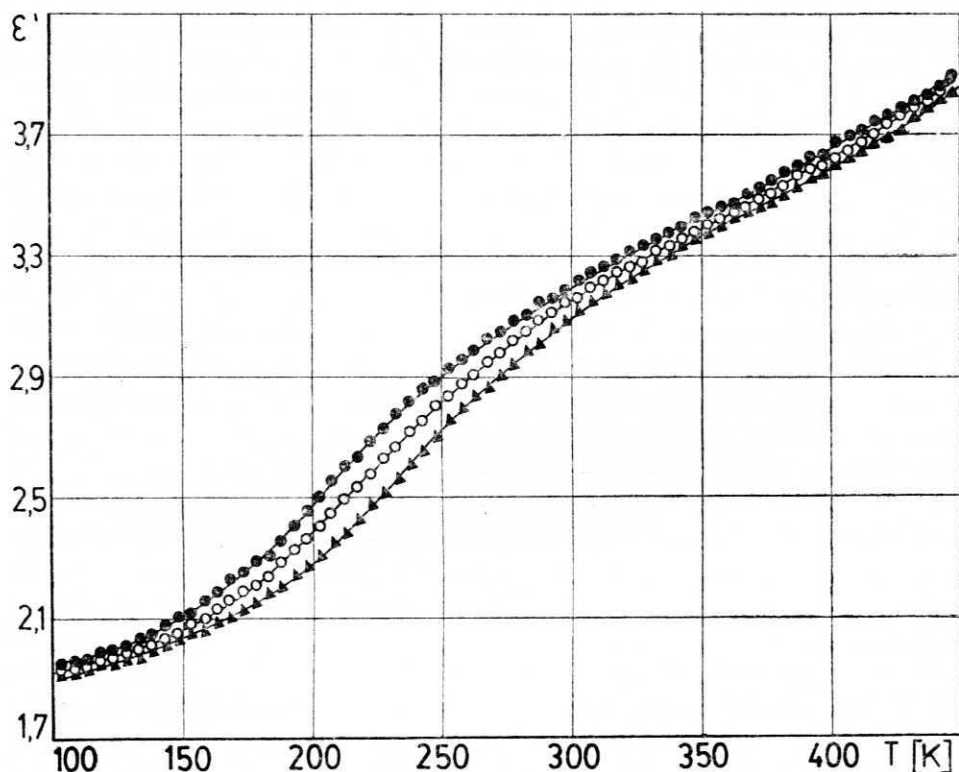
Założony cel pracy, sprowadzający się do zbadania własności dielektrycznych drewna w szerokim przedziale temperatur, zrealizowano dzięki zastosowaniu komory zmiennych temperatur, stanowiącej termostat gazowy z parami ciekłego azotu jako ciałem roboczym. Żadaną temperaturę pomiaru w przedziale od 80 K do 450 K, z dokładnością $\pm 0,1$ K, uzyskiwano stosując automatyczny regulator temperatury UNIPAN 650H współpracujący z otaczającym przestrzeń roboczą komory, bifilarnie nawiniętym elementem grzejnym oraz wmontowanym w blok kondensatora platynowym rezystorem termometrycznym. W wyniku zastosowania opisanej komory, pomiary wykonywano w atmosferze azotu w całym badanym przedziale temperatur, zmniejszając przy tym intensywność destrukcji termicznej drewna w zakresie wysokich temperatur. Umieszczony w przestrzeni roboczej komory, standardowy kondensator pomiarowy zbudowany z mosiądzu, przystosowano do badania próbek w kształcie krążków o średnicy 20 mm. W związku z powyższym, próbki drewna przeznaczonego do badań przygotowywano w postaci takich krążków o grubości 1,5 mm. Powierzchnie próbek szlifowano drobnoziarnistym papierem ściernym, mając zaś na celu zapewnienie jak najlepszego kontaktu okładek kondensatora z próbką, zastosowano przekładki z cienkiej folii aluminiowej wprasowywane w powierzchnie próbek dzięki dociskowi elektrod [6]. Jako materiał badawczy zastosowano drewno buka

(*Fagus silvatica* L.) o gęstości 710 pobrane ze środkowej strefy przyrостów rocznych pnia w wieku około 100 lat. Próbkę do tych badań wycięto w taki sposób, aby linie sił pomiarowego pola elektrycznego były równoległe do kierunku włókien. W omawianej serii pomiarów zdecydowano się poddać badaniom drewno doprowadzone do stanu zupełnie suchego, uzyskiwanego przez suszenie próbek w komorze pomiarowej przy temperaturze 376 K.

Obliczono procentowe błędy pomiarów, które zawarte są w przedziałach 2% - 4% oraz 3% - 8% odpowiednio dla wielkości ϵ' i ϵ'' w całym zakresie stosowanych temperatur i dla wszystkich częstości pomiarowego pola elektrycznego.

WYNIKI DOŚWIADCZEŃ I ANALIZA

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki doświadczeń charakteryzujące przebieg temperaturowych zależności ϵ' wyznaczonych przy częstościach pola mierzącego 0,42, 2,0 i 10 kHz zorientowanego wzdłuż włókien



Rys. 2. Temperaturowa zależność stałej dielektrycznej ϵ' przy różnych częstościach dla zupełnie suchego drewna buka w kierunku wzdłuż włókien

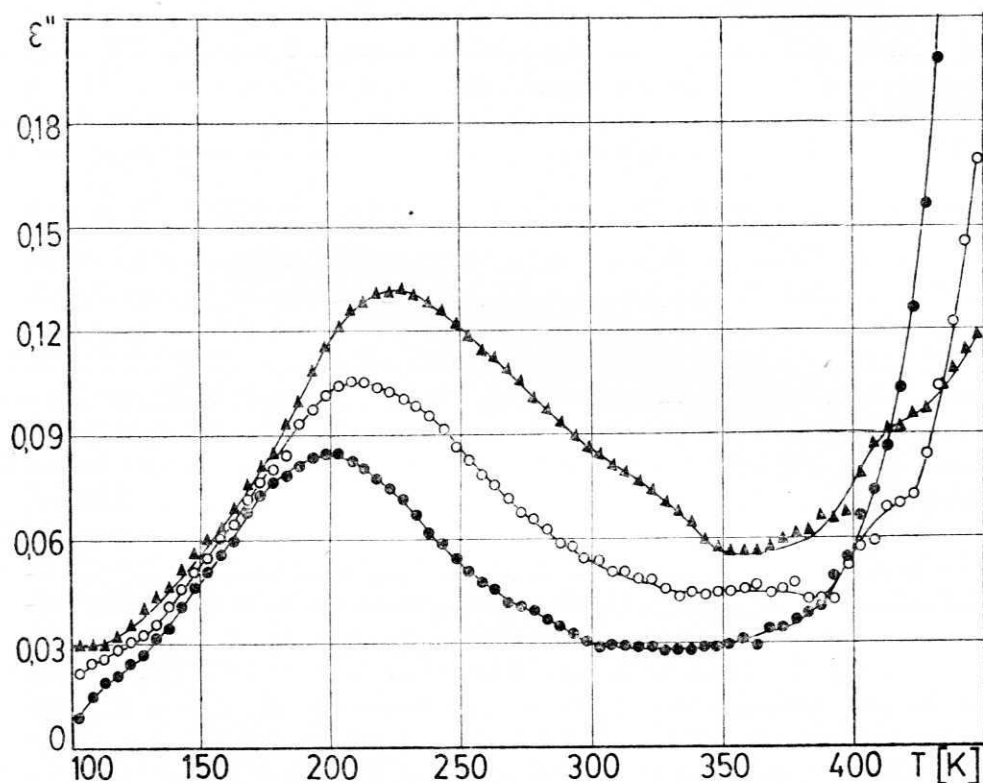
● : 0,42 kHz, ○ : 2 kHz, ▲ : 10 kHz

Fig. 2. Temperature dependance of dielectric constant ϵ' at several frequencies for oven-dry beech wood in longitudinal direction

● : 0,42 kHz, ○ : 2 kHz, ▲ : 10 kHz

zupełnie suchego drewna buka. Uzyskane w tych samych warunkach zależności $\epsilon''(T)$ zamieszczono na rysunku 3.

Już na podstawie pobieżnej oceny tendencji przemieszczania się uzyskanych krzywych ze wzrostem częstości można stwierdzić, że występujący w zakresie niskich temperatur obszar dyspersji przenikalności dielektrycznej drewna buka może być przypisany procesowi β — relaksacji obserwowanemu również w badaniach dielektrycznych innych gatunków drewna. Istniejące dane na temat tego procesu w drewnie po-



Rys. 3. Temperaturowa zależność współczynnika strat dielektrycznych ε'' przy różnych częstotliwościach dla zupełnie suchego drewna buka w kierunku wzdłuż włókien

● : 0,42 kHz, ○ : 2 kHz, ▲ : 10 kHz

Fig. 3. Temperature dependance of dielectric loss factor ε'' at several frequencies for oven-dry beech wood in longitudinal direction

● : 0,42 kHz, ○ : 2 kHz, ▲ : 10 kHz

zwalają przyporządkować mu symetryczne widmo czasów relaksacji. W związku z powyższym występujący w równaniu 3 parametr $\beta=1$ i równanie Havriliaka-Negami przekształca się w formułę Cole-Cole [30]. Warunek występowania maksimum na krzywych temperaturowej zależności ε'' przyjmuje w tym przypadku postać:

$$\omega\tau(T_{\max})=1, \quad (6)$$

gdzie czas relaksacji, zgodnie z teorią absolutnych prędkości reakcji określa zależność:

$$\tau = \frac{h}{kT} \exp\left(\frac{\Delta H - T\Delta S}{RT}\right), \quad (7)$$

w której h , k i R oznaczają odpowiednio stałą Plancka, Boltzmann'a i stałą gazową, zaś ΔH i ΔS to odpowiednio entalpia i entropia aktywacji procesu relaksacyjnego. Z obliczeń przeprowadzonych z uwzględnieniem warunku (6) i zależności (7) oraz danych wynikających z przesunięcia niskotemperaturowego maksimum strat dielektrycznych, otrzymano war-

tości $\Delta H = 9,4 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$ i $\Delta S = \frac{\text{cal}}{\text{mol K}}$ zbliżone do obliczanych dla drewna

innych gatunków [16, 21]. Na wyznaczonych przy różnych częstościach krzywych strat dielektrycznych $\epsilon''(T)$, oprócz maksimów występujących przy niskich temperaturach, odnotowano również intensywny wzrost strat dielektrycznych w obszarze wysokich temperatur przy $T > 350$ K. Przesunięcie wysokotemperaturowych gałęzi krzywych $\epsilon''(T)$ towarzyszące zmianom częstości pola elektrycznego świadczy o relaksacyjnym, a nie destrukcyjnym charakterze procesów odpowiedzialnych za wzrost strat energii w tym zakresie temperatur. Analiza źródeł tych procesów, zachodzących w zupełnie suchej substancji drzewnej, wymaga uwzględnienia efektów wynikających z faktu, że przy temperaturze $T_g \approx 400$ K dochodzi do wykrywanego quasi-statyczną metodą różnicowej analizy termicznej rozszklenia ligniny, hemicelulozy i amorficznej fazy celulozy [31]. Wyzwolenie, w wyniku wspomnianego przejścia, ruchliwości dużych segmentów makromolekuł powinno prowadzić do ujawnienia się procesów dipolowo-segmentalnej α -relaksacji dielektrycznej [28]. Maksimów strat związanych z α -relaksacją w badanym drewnie nie udało się uzyskać doświadczalnie ze względów technicznych (połączenia elektryczne i materiały konstrukcyjne komory przystosowane do pracy w temperaturach nie przekraczających 200°C). Uzyskane wyniki doświadczeń dostarczają jednak danych stwarzających możliwość teoretycznego obliczenia położenia maksimów strat związanych z omawianym typem procesów relaksacyjnych. Czas relaksacji w tym przypadku określa równanie [13]:

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{U^*}{R(T - T_g + T_0)}\right). \quad (8)$$

Występujące w powyższym równaniu wielkości empiryczne $U^* = 4,12 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$ oraz $T_0 = 51,6$ K są w przybliżeniu stałe dla wszystkich amorficznych polimerów, zaś T_g jest temperaturą rozszklenia badanego polimeru. Na podstawie warunku (6) występowania maksimum oraz znajomości częstościowego przesunięcia wysokotemperaturowych gałęzi zależności $\epsilon''(T)$ obliczono temperaturę położenia α -relaksacyjnego maksimum strat dielektrycznych w drewnie buka. Stwierdzono, że przy częstości 420 Hz war-

tość szczytowa tego maksimum powinna wystąpić przy temperaturze 500 K.

Powyższy wynik obliczeń w pełni koresponduje z doświadczalnie określonymi dla drewna położeniami α -relaksacyjnych maksimum strat mechanicznych [32, 33].

WNIOSKI

Uzyskane dla zupełnie suchego drewna buka przebiegi ϵ' i ϵ'' w funkcji temperatury wykazują występowanie dwóch podstawowych procesów relaksacyjnych α - i β -, odpowiednio w zakresie wysokich i niskich temperatur.

Straty dielektryczne związane z α -relaksacją osiągają maksimum w temperaturze ok. 500 K dla częstości 420 Hz.

Maksimum strat związanych z β -relaksacją, przy tej samej częstości, występuje w temperaturze 200 K.

Wartości entalpii i entropii aktywacji procesu β -relaksacji odpowiadają danym literaturowym dotyczącym innych gatunków drewna.

Praca wpłynęła do Redakcji w marcu 1983 r.

LITERATURA

1. Franc W.: Proboj dielektrikov. I. L. Moskva 1961.
2. Sažin B. I. (ed): Električeskiye svojstva polimerov, „Chimia”, Leningrad 1977.
3. Chełkowski A.: Fizyka dielektryków. PWN, Warszawa 1979.
4. Freymann R., Soutif M.: La spectroscopie herzienne appliquée a la chimie. Dunod, Paris 1960.
5. Setton P.: Dielektričeskiye svojstva stekol. W: Progress v oblasti dielektrikov. I. L. Moskva—Leningrad 1963.
6. Smyth C. P.: Dielectric phenomena. W: Physics and Chemistry of the Organic Solid State. t. 1, J. Wiley N.Y. 1963.
7. Beek van L. K.: Dielectric Behaviour of Heterogeneous Systems. W: Progress in Dielectrics. t. 7, Heywood, London 1967.
8. Gyant E. H.: The Study of Biological Molecules by Dielectric Methods. W: Solid State Biophysics, Mc Graw — Hill, New York 1969.
9. Čelidze T. L., Derevianko A. I., Kyrilenko O. D.: Električeskaja spektroskopija geterogennych sistem. „Naukova — Dumka”, Kiev 1977.
10. Perepečko I. I.: Svojstva polimerov pri nizkich temperaturach. „Chimia”, Moskva 1977.
11. Debye P.: Polar Molecules. Dover, New York 1945.
12. Gotlib Ju. Ja.: Kinetičeskiye uravnenie i vremena relaksacii dla kontinualnykh modelej polimernoj cepi, postrojennykh iz žestkikh elementov. W: Relaksacionnyje javlenija v polimerach. „Chimia”, Leningrad 1972.
13. Hoffman J. D., Williams G., Passaglia E.: Analysis of α -, β -, and

- γ -Relaxation Processes in the Polytrifluorochloroethylene and in the Polyethylene: Dielectric and Mechanical Properties. W: Transitions and Relaxations in Polymers. J. Wiley, N.Y. 1966.
14. Havriliak S., Negami S.: A Complex Plane Analysis of α -Dispersions in Some Polymer Systems. W: (ibid).
 15. Tsutsumi J.: Studies on Dielectric Properties of Wood. Effects of Frequency, Moisture Content and Temperature on Dielectric Constant and Dielectric Loss Factor. Bull. Kyushu Univ. Forest. Japan, 41, 1967 s. 109 - 169.
 16. Nanassy A. J.: Overlapping of Dielectric Relaxation Spectra in Oven-Dry Yellow Birch at Temperatures from 20 to 100°C. Wood Sci. and Techn. 4, 1970, s. 104 - 121.
 17. Tanaka T., Norimoto M., Yamada T.: Dielectric Properties and Structure of Wood. I. Mokuzai Gakkaishi 21, 1975 s. 129 - 134.
 18. James W. L.: Dielectric Properties of Wood and Hardbord. USDA Forest Serv. Res. Pap. FPL 245. Forest Prod. Lab., Madison 1975.
 19. James W. L.: Dielectric Behaviour of Douglas-Fir at Various Combinations of Temperature, Frequency, and Moisture Content. Forest. Prod. J. t. 27, 6 1977, s. 44 - 48.
 20. Kröner K., Pungs L.: Über das Verhalten des dielektrischen Verlustfaktors von Naturholz in grossen Frequenzbereichen, Holzforsch. 1, 1952, s. 13 - 16.
 21. Norimoto M.: Dielectric Properties of Wood. Wood Research, 59/60 1976, s. 106 - 152.
 22. Calkins C. R.: Studies of Dielectric Properties of Chemical Pulps; III. Dielectric Properties of Cellulose. Tappi 33, 1950, s. 278 - 285.
 23. Norimoto M., Yamada T.: On Relationship between Dielectric Properties and Crystallinity of Cellulose. Wood Research 54, 1973, s. 19 - 30.
 24. Norimoto M., Yamada T.: Dielectric Properties of Cellulose Irradiated with γ - Rays. Mokuzai Gakkaishi, 21, 1975, s. 151 - 156.
 25. Norimoto M., Nakatsubo F., Yamada T.: Dielectric Properties of Lignin. J. Soc. Materials Sci., Japan, 241, 1973, s. 937 - 942.
 26. Norimoto M., Yamada T.: Dielectric Behaviour of Water Adsorbed on MWL. Mokuzai Gakkaishi, 23, 1977, s. 99 - 106.
 27. Sinickij W. W. i inni: Issledovanie elektroprovodnosti i dielektričeskich svojstv lignina: Chimia Drevesiny. 3, 1980, s. 66 - 71.
 28. Mc Crum N. G., Read B. E., Williams G.: Anelastic and Dielectric Effects in Polymeric Solids. J. Wiley. London—New York, 1967.
 29. Borysova T. I.: Dielektričeskije svojstva polimerov. W: Enciklopedia polimerov. „Sov. Enc.“, Moskva, 1972.
 30. Cole K. S., Cole R. H.: Dispersion and Absorption in Dielectrics. J. Chem. Phys., 9, 1941, s. 341 - 351.
 31. Domański R., Rendoš F.: Zum Studium der Pyrolyse des Holzes und seiner Komponenten. Holz als Roh- und Werkstoff. 20, 1962, s. 473 - 476.
 32. Blankenhorn P. R., Kline D. E., Beall F. C.: Dynamic Mechanical Behaviour of Black Cherry. Wood and Fiber, 4, 1973, s. 298 - 308.
 33. Poliszko S.: Tarcie wewnętrzne jako kryterium zmian strukturalnych w drewnie. Pr. dokt. AR, Poznań, 1974.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ДРЕВЕСИНЕ БУКА
(*FAGUS SILVATICA* L.) В ПРЕДЕЛЕ ТЕМПЕРАТУР 100 К - 450 К

Резюме

В работе приводятся результаты исследования диэлектрических свойств совершенно сухой древесины бука в пределе температур 100 К - 450 К при частотах 0,42, 2 и 10 кгц. Установлено существование двух релаксационных процессов в низких и высоких температурах. При частоте 0,42 кгц. получено максимумы коэффициента диэлектрических потерь при температурах 500 К и 200 К для α - и β - релаксационных процессов соответственно. Определены величины энтропии и энтальпии активации β -процесса.

DIELECTRIC RELAXATION PHENOMENA IN BEECH WOOD
(*FAGUS SILVATICA* L.) AT TEMPERATURES FROM 100 K TO 450 K

Summary

In the present paper, the dielectric properties of oven-dry beech wood were studied over the temperature range from 100K to 450K at frequencies of 0.42, 2 and 10 kHz. Two dielectric relaxation processes in high and low temperature range were observed. The maximum values of dielectric loss factor for frequency 0.42 kHz were localized at temperatures of 500K and 200K for α - and β -relaxation processes respectively. The values for activation enthalpy and entropy of β — relaxation process were calculated.

Adresy autorów:

Mgr Grzegorz Hoffmann

Dr Stefan Poliszko

Akademia Rolnicza w Poznaniu

Katedra Fizyki

60-637 Poznań, ul. Wojska Polskiego 38/42