

УДК 537.41

Цигика Володимир Васильович, Рябошук Михайло Михайлович
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
(Ужгород, Україна)

ЄМНІСНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЛІНІЙНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ

Анотація. Розглянуто застосування ємнісного перетворювача лінійного переміщення для дослідження термічного розширення скловидних матеріалів. Розроблена конструкція ємнісного датчика дає можливість мінімізації вимірною зусилля, забезпечує калібрування залежності зміни ємності від видовження зразків.

Ключові слова: ємнісний перетворювач, лінійне переміщення, термічне розширення, дилатометр, скловидні матеріали.

Tsyhyka Volodymyr, Rjaboschuk Michajlo
SHEI "Uzhhorod National University"
(Uzhhorod, Ukraine)

CAPACITIVE LINEAR DISPLACEMENT TRANSDUCER

Abstract. The use of a capacitive linear displacement transducer for the study of thermal expansion of vitreous materials is considered. The developed design of the capacitive sensor makes it possible to minimize the measuring force and provides calibration of the dependence of the change in capacitance on the elongation of the samples.

Keywords: capacitive transducer, linear elongation, thermal expansion, dilatometer, vitreous materials

Ємнісні датчики застосовують для перетворення лінійних чи кутових переміщень, тиску, вологості, прискорень, рівнів рідин та багатьох інших неелектричних величин в електричний сигнал, в системах сигналізації, регулювання і управління технологічними процесами у різних галузях виробництва, тощо. Відповідно, на ринку пропонується широка номенклатура різномісних ємнісних датчиків, що виробляються в промислових масштабах [1]. Проте, такі перетворювачі проблемно застосувати в наукових дослідженнях, зокрема, в дилатометрії, тобто для вивчення термічного розширення твердих тіл. Тому в багатьох наукових приладах застосовують унікальне конструктивне виконання ємнісних первинних вимірювальних перетворювачів, які, по суті, представляють собою, найчастіше, плоский чи циліндричний конденсатор зі змінною відстанню чи площею перекриття пластин, або змінною діелектричною проникністю матеріалу діелектрика [2, 3].

Особливі вимоги стосовно максимального зменшення вимірною зусилля висуваються до ємнісних перетворювачів, що реалізують вимірювання так званих структурних коефіцієнтів термічного розширення склоподібних матеріалів [3, 4]. В даній публікації розглянуто ємнісний перетворювач лінійного переміщення, призначений для

вимірювання температурних залежностей відносного видовження саме таких зразків. В якості виносного ємнісного датчика застосовано плоский конденсатор в складі рухомої і нерухомої пластини. Мінімальну відстань між обкладинками, отже, і початкову ємність C_0 , задає тонкий шар слюди з діелектричною проникністю $\epsilon = 8$.

Конструктивні особливості вимірного конденсатора найкраще ілюструє схема кварцового дилатометра, в складі якої функціонує даний перетворювач. Осьовий переріз дилатометра наведено на рисунку 1.

В тонкостінний циліндричний кварцовий корпус 9, в стінці якого є отвір для зміни зразків, встановлюють зразок 13, що опирається на кварцовий шток 7 з рухомим електродом 3. Вибір плавленого кварцу в якості матеріалу вимірної комірки обумовлений, насамперед, тим, що його коефіцієнт лінійного термічного розширення майже на порядок менше, ніж у досліджуваних зразків. Пружина 2, що спирається на нижній кінець штока, визначає вимірний тиск на зразок.

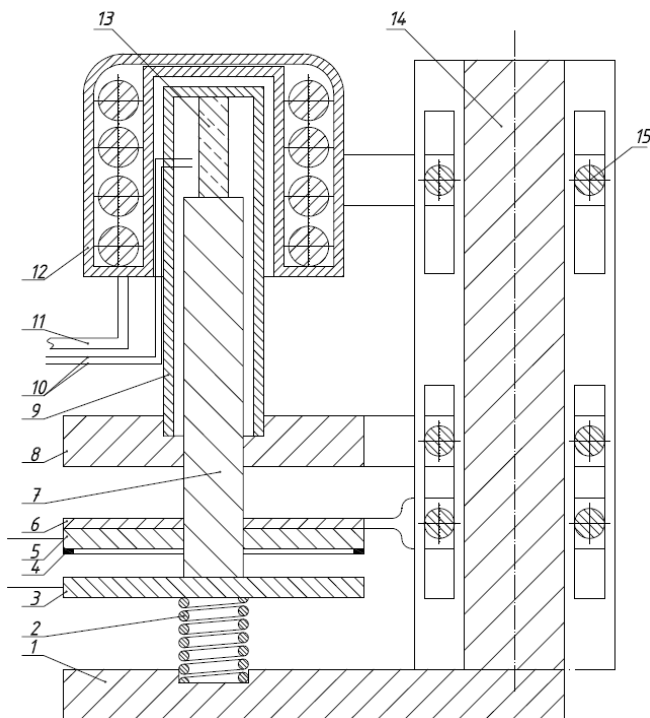


Рис. 1. Переріз дилатометра:

1 – опорне дно, 2 – пружина, 3 – рухомий електрод, 4 – слюдяна прокладка, 5 – нерухомий електрод, 6 – тримач нерухомого електроду, 7 – кварцовий шток, 8 – рухома опора корпусу, 9 – корпус, 10 – вивід на термопару, 11 – кабель, 12 – нагрівач, 13 – зразок, 14 – опорний вал, 15 – кріпильний болт.

Конструктивною особливістю тримача 6 нерухомого електроду 5 є можливість його вільного переміщення по направляючих (на рисунку не вказані) під час заміни досліджуваних зразків. Це дозволяє встановлювати практично ідентичну ємність C_0 для зразків різної довжини.

Передбачено також можливість застосування замість пружини 2 пружинної вимірної головки (мікрокатора), що дає можливість здійснювати калібрування залежностей зміни ємності ΔC від видовження зразка Δx .

При видовженні зразка отримуємо конденсатор з двохшаровим діелектриком (сльода, повітря). Схема заміщення такої конструкції представляє собою послідовне сполучення двох конденсаторів. Еквівалентну ємність шукаємо згідно співвідношення:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_x} \text{ де } C_0 = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{S}{\delta_0}, \text{ а } C_x = \varepsilon_0 \frac{S}{x}.$$

Отже, $C = \frac{\varepsilon_0 S}{\delta_0 / \varepsilon + x}$, де ε - діелектрична проникність сльоди, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м - електрична стала, δ_0 - початкова відстань між обкладинками, x - видовження зразка.

Таким чином, розглянута конструкція ємнісного перетворювача лінійного переміщення дозволяє встановлювати початкову ємність C_0 при заміні зразків, дає можливість мінімізації вимірного зусилля на зразок, забезпечує калібрування залежностей $\Delta C(x)$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ємнісні датчики [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://prom.ua/uaEmkostnye-datchiki.html>
2. M. Rotter, H. Muller, E. Gratz, M. Doerr and M. Loewenhaupt. A miniature capacitance dilatometer for thermal expansion and magnetostriction. Review of Scientific Instruments, 1998, V. 69, № 7, p. 2742-2746.
3. Tsyhyka V.V., Rosola I.J., Turianitsa I.I., Tsyhyka M.V. Possibilities for use of dilatometry for identification of nanostructural changes in vitreous materials. // Program and materials of the Int. Meeting “Clusters and nanostructured materials” (CNM) - Uzhgorod Vodograj Ukraine, 22-26 October 2018 - P. 286.
4. Ключев В. П. Зависимость дилатометрических свойств стекол от их структуры. Боратные, алюмоборатные и свинецсодержащие стекла. Физика и химия стекла, 2005, т. 31, № 6, с. 1028-1042.