



РОЗРАХУНОК УСІХ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ І ПРУЖНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ КРИСТАЛІВ LiTaO_3 НА ОСНОВІ ВИМІРЯНИХ ШВИДКОСТЕЙ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ

І. Мартинюк-Лотоцька¹ , І. Їдак², О. Корнеєв², А. Ратич³, А. Андрущак² 

¹Інститут фізичної оптики імені О. Г. Влоха,
вул. Драгоманова, 23, Львів, 79005, Україна

²Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра прикладної фізики і наноматеріалознавства,
вул. Устияновича, 10, Львів, 79012, Україна

³Національний університет "Львівська політехніка", кафедра телекомунікацій,
вул. Професорська, 2, Львів, 79012, Україна

(Отримано 16 липня 2021 р.; прийнято до друку — 04 листопада 2021 р.; опубліковано онлайн — 26 листопада 2021 р.)

Виміряно швидкості поздовжніх і поперечних акустичних хвиль у кристалах LiTaO_3 . Виведено співвідношення для заповнення матриць пружних і п'єзоелектричних коефіцієнтів на основі виміряних усіх необхідних швидкостей акустичних хвиль на прямому та $X/45^\circ$ зрізах цих кристалів. На цій основі розраховані всі пружні та п'єзоелектричні коефіцієнти, а також коефіцієнти пружної податливості кристалів LiTaO_3 . Отримані результати узгоджені з літературними даними та будуть використані в наших подальших вимірюваннях і розрахунках просторової анізотропії індукованих (електро-, п'єзо- і акустооптичного) ефектів на цих же зразках кристалів з метою вибору найефективнішої геометрії їх можливого практичного використання.

Ключові слова: пружні коефіцієнти, п'єзоелектричні коефіцієнти, танталат літію, швидкості акустичних хвиль.

DOI: <https://doi.org/10.30970/jps.25.4602>

І. ВСТУП

Кристали танталату літію (LiTaO_3) мають унікальні електрооптичні, акустичні, п'єзоелектричні, піроелектричні та нелінійно-оптичні властивості, що в поєднанні з широким діапазоном прозорості (0.4–5 мкм) та високим порогом оптичного пошкодження [1] робить їх придатним матеріалом для нелінійної оптики, зокрема в інфрачервоній ділянці спектра, піроелектричних детекторів, п'єзоелектричних перетворювачів, акустичних резонаторних фільтрів, електрооптичних Q-модуляторів, декодерів, перетворювачів частоти та резонаторів у лазерних системах, нелінійних елементів у параметричних генераторах світла тощо. Неодмінною умовою деяких із цих застосувань є високий ступінь оптичної однорідності кристалів, які використовують для виготовлення активних елементів. Технологія вирощування методом Чохральського дозволяє вирощувати великі високоякісні монокристали кристалів LiTaO_3 для таких застосувань [1–4]. Хоч цей матеріал відомий уже давно, останніми роками інтерес до нього не зменшується, особливо з огляду на використання танталату літію в пристроях зв'язку, інфрачервоних детекторах високої роздільної здатності та ін. [5–9].

Кінцевою метою наших досліджень є аналіз просторової анізотропії різноманітних фізичних властивостей кристалів LiTaO_3 , щоб запропонувати найефективніші геометрії практичного використання цих кристалів, застосувавши ОПТИМА-технологію, яку ми розробили [10, 11]. На цій основі буде запропоновано ефективніше використання кристалів LiTaO_3

як робочих елементів відповідних пристроїв оптоелектроніки. Зазначимо, що проведений раніше відповідний аналіз на основі ОПТИМА-технології дав змогу суттєво підвищити ефективність використання для низки досліджених нами кристалів [див. 11]. Так, для прикладу, за нашими даними, максимальні електрично індуковані оптичні різниці ходу для кристалів ніобату літію майже втричі більші [12], а екстремальні значення параметра акустооптичної якості для ізотропної дифракції світла у 2.4 раза більші [13] порівняно з відповідними параметрами для стандартної геометрії прямих зрізів цих кристалів. А застосування косюкотної геометрії за нашими розрахунками [14] ще на 20% підвищує ефективність використання кристалів ніобату літію як робочих елементів акустооптичних пристроїв. Тому можна констатувати, що аналіз просторової анізотропії та відповідний пошук екстремальних величин досліджуваних індукованих ефектів, особливо в низькосиметричних кристалічних матеріалах, до яких належать також кристали LiTaO_3 , є і досі актуальною та важливою фундаментальною і прикладною задачею.

Усі наші дослідження [див. 11] яскраво демонструють, що більшість із уже вивчених та нових інноваційних анізотропних матеріалів мають великі приховані резерви підвищення своєї ефективності, які досі ще не використані й часто навіть кількісно не вивчені. Це переконливо свідчить про необхідність та доцільність проведення відповідного аналізу просторової анізотропії та пошуку екстремальної величини індукованих фізичних ефектів для таких матеріалів, зокрема кристалів LiTaO_3 , що може суттєво підвищити



ти ефективність їх практичного використання як робочих елементів відповідних електро-, п'єзо- чи акустооптичних пристроїв оптоелектроніки.

Хоча властивості кристалів LiTaO₃ (точкова група симетрії 3m) частково були вивчені раніше, але зважаючи на великий розкид значень багатьох фізичних параметрів у літературі, ми вирішили комплексно проаналізувати низку фізичних властивостей і визначити всі компоненти відповідних тензорів, які їх описують на тих самих зразках кристала LiTaO₃. Ці дослідження ми розпочинаємо з вивчення пружного та п'єзоелектричного ефектів ультразвуковим методом, який базується на теорії Крістофеля [10] із наступним продовженням досліджень і для інших індукованих оптичних ефектів.

II. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Тензорні константи фізичних властивостей зазвичай розглядають у Декартовій системі координат $X \equiv 1, Y \equiv 2$ і $Z \equiv 3$. У наших дослідженнях була вибрана стандартна орієнтація кристалофізичної системи щодо кристалографічних осей тригональної системи 3m, де вісь Z збігається з віссю третього порядку і є паралельною до оптичної осі кристала. Вивчали пружні властивості кристалів LiTaO₃, вимірюючи швидкості розповсюдження акустичних хвиль уздовж різних кристалографічних напрямків у кристалах та розраховуючи пружні константи на основі рівнянь Крістофеля [15]. Вимірювали фазові швидкості поширення поздовжніх та поперечних акустичних хвиль у кристалах LiTaO₃ методом накладання відбитих імпульсів Пападакіса [16]. Акустичні хвилі в зразках збуджували п'єзоперетворювачем, виготовленим із кристала LiNbO₃, із резонансною частотою $f = 10$ МГц, смуга частот $\delta f = 0.1$ МГц, акустична потужність $P_a = 1 - 2$ Вт. Точність вимірювання абсолютних значень швидкостей акустичних хвиль не перевищувала 0.2%.

Кількість незалежних ненульових пружних констант визначається групою симетрії, до якої належить досліджуваний кристал. Кристали LiTaO₃ (точкова група симетрії 3m) у кристалофізичній системі координат характеризуються шістьма незалежними пружними константами, чотирма незалежними п'єзоелектричними коефіцієнтами та двома діелектричними константами, як показано в пружно-п'єзодіелектричній матриці:

C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	0	0	0	$-e_{22}$	e_{31}
C_{12}	C_{11}	C_{13}	$-C_{14}$	0	0	0	e_{22}	e_{31}
C_{13}	C_{13}	C_{33}	0	0	0	0	0	e_{33}
C_{11}	C_{12}	0	C_{44}	0	0	0	e_{15}	0
0	0	0	0	C_{44}	C_{14}	e_{15}	0	0
0	0	0	0	C_{14}	C_{66}	$-e_{22}$	0	0
0	0	0	0	e_{15}	$-e_{22}$	ε_{11}	0	0
$-e_{22}$	e_{22}	0	e_{15}	0	0	0	ε_{11}	0
e_{31}	e_{31}	e_{33}	0	0	0	0	0	ε_{33}

де C_{ilm} — компоненти тензора пружної жорсткості,

зображені в матричному вигляді ($C_{\lambda\mu} = C_{ilm}$ для $il \iff \lambda = 1, \dots, 6; km \iff \mu = 1, \dots, 6$), e_{lmi}, e_{pqk} — компоненти тензора п'єзоелектричного ефекту, представлені в матричній формі ($e_{lmi} = e_{i\lambda}, mi \iff \lambda = 1, \dots, 6$), ε_{rs} — компоненти тензора діелектричної проникливості.

Згідно з теорією Крістофеля, в анізотропному середовищі в напрямку хвильового вектора пружної хвилі \mathbf{k} поширюються три незалежні плоскі хвилі зі взаємно ортогональними поляризаціями, швидкості яких пов'язані з пружними константами. На відміну від діелектриків, у п'єзоелектричному кристалі пружні й електричні властивості є зв'язаними, поширення акустичної хвилі супроводжується виникненням електричних полів, які забезпечують додаткову пружну жорсткість, що необхідно враховувати під час розрахунків. Пружні модулі пов'язані з п'єзоелектричними коефіцієнтами загальними рівняннями руху для розповсюдження пружної плоскої хвилі в нескінченному п'єзоелектричному твердому тілі [4]:

$$\left(C_{ilm}n_l n_m + \frac{(e_{lmi}n_l n_m)(e_{pqk}n_p n_q)}{\varepsilon_0 \varepsilon_{rs} n_r n_s} - \delta_{ik} \rho v^2 \right) p_k = 0, \quad (1)$$

де \mathbf{n} — одиничний вектор напрямку поширення акустичної хвилі; ε_0 діелектрична стала; ε_{rs} — відносна діелектрична проникливість; δ_{ik} символ Кронекера; ρ — густина матеріалу; v — фазова швидкість пружної плоскої хвилі; \mathbf{p} — одиничний вектор поляризації. Умовою нетривіального розв'язку системи рівнянь (1) є рівність нулеві її детермінанта

$$\left| C_{ilm}n_l n_m + \frac{(e_{lmi}n_l n_m)(e_{pqk}n_p n_q)}{\varepsilon_0 \varepsilon_{rs} n_r n_s} - \delta_{ik} \rho v^2 \right| = 0. \quad (2)$$

Три корені цього кубічного рівняння ρv_j^2 (де $j = 1, 2, 3$) є власними значеннями матриці коефіцієнтів (1), а власні вектори, які отримуємо, підставляючи по чергово кожен корінь у систему (1) і розв'язуючи її разом з умовою $p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 = 1$, дають складники одиничного вектора поляризації \mathbf{p} [15]. Для тригональних кристалів точкової групи 3m повний набір пружних та п'єзоелектричних визначаємо на основі вимірювань фазових швидкостей акустичних хвиль уздовж трьох основних кристалографічних осей X, Y, Z та двох додаткових осей у площині YZ : 4 та $\bar{4}$ (4 — діагональний напрямок між визначеними згідно зі стандартом ІЕЕЕ додатними напрямками осей Y та Z , а $\bar{4}$ — перпендикулярний до нього [17]).

Монокристали LiTaO₃ вирощували методом Чохральського в НВП "Електрон-КАРАТ", орієнтацію та виготовлення зразків проводили методом рентгенівської дифракції на рентгенівській установці ДРОН-3М із точністю 1 кутова хвилина.

Для проведення експериментальних досліджень були виготовлені два зразки прямого зрізу кристала LiTaO₃ із гранями, перпендикулярними до основних кристалографічних осей $[100], [010], [001]$ і два зразки $X/45^\circ$ зрізу, розміри всіх зразків були близькими до $(7 \times 7 \times 7)$ мм.

III. ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

У таблиці 1 наведені результати вимірювань швидкостей поздовжніх і поперечних акустичних хвиль v_{ij} у кристалах танталату літію, i та j — напрямки поширення та поляризації акустичної хвилі відповідно.

На їхній основі були розраховані всі компоненти матриць пружних констант (табл. 2) та

п'єзоелектричних коефіцієнтів (табл. 3) кристалів LiTaO₃. Співвідношення для визначення пружних та п'єзоелектричних коефіцієнтів через виміряні значення фазових швидкостей акустичних хвиль v_{ij} ми отримали, розписавши рівняння (2) для різних напрямків поширення акустичної хвилі в кристалі:

$$C_{11} = \rho v_{11}^2; \quad C_{66} = \rho v_{21}^2; \quad C_{44} = \rho v_{32}^2; \quad C_{12} = C_{11} - 2C_{66}; \quad C_{14} = \rho \frac{(v_{14}^2 + v_{41}^2)}{2}; \quad (3)$$

$$e_{15}^2 = \left(\frac{\rho \cdot (v_{22}^2 v_{23}^2 - v_{12}^2 v_{13}^2)}{C_{11} - C_{66}} - C_{44} \right) \varepsilon_{11} \varepsilon_0; \quad (4)$$

$$e_{22}^2 = \varepsilon_{11} \varepsilon_0 \left(\rho (v_{22}^2 + v_{23}^2) - \left(C_{11} + C_{44} + \frac{e_{15}^2}{\varepsilon_{11} \varepsilon_0} \right) \right); \quad (5)$$

$$e_{31} = \frac{\varepsilon_0 (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{33}) (\rho (v_{44}^2 + v_{44}^2) - \rho (v_{44}^2 + v_{44}^2) + 2C_{14})}{2e_{22}} - e_{15}; \quad (6)$$

$$e_{33} = \frac{\varepsilon_{33}}{\varepsilon_{11}} \left(e_{15} - (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{33}) \sqrt{\frac{e_{15}^2 + \varepsilon_{11} \varepsilon_0 (\rho (v_{33}^2 - 2(v_{44}^2 + v_{44}^2)) + \alpha)}{\varepsilon_{33} (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{33})}} \right), \quad (7)$$

де

$$\alpha = C_{11} - 2C_{14} + 2C_{44} + \frac{(e_{22} + e_{31} + e_{15})^2}{\varepsilon_0 (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{33})}$$

$$C_{33} = \rho v_{33}^2 - \frac{e_{33}^2}{\varepsilon_{33} \varepsilon_0}; \quad (8)$$

$$C_{13} = C_{14} - C_{44} + 2\sqrt{\beta} - \frac{(e_{15} + e_{33})(e_{22} + e_{31} + e_{15})}{\varepsilon_0 (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{33})}, \quad (9)$$

де

$$\beta = \alpha_{22} \alpha_{33} - (\rho v_{44} v_{44})^2, \quad \alpha_{22} = \frac{1}{2} \left((C_{11} + C_{44}) - 2C_{14} + \frac{(e_{22} + e_{31} + e_{15})^2}{\varepsilon_0 (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{33})} \right),$$

$$\alpha_{33} = \frac{1}{2} \left(C_{33} + C_{44} + \frac{(e_{15} + e_{33})^2}{\varepsilon_0 (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{33})} \right).$$

v_{ij}	v_{ij} , м/с	v_{ij}	v_{ij} , м/с
v_{11}	5516	v_{33}	5930
v_{12}	3294	v_{44}	6155
v_{13}	3916	v_{44}	3338
v_{21}	3571	v_{41}	3377
v_{22}	5692	v_{44}	5689
v_{23}	3636	v_{44}	3313
v_{31}	3667	v_{41}	3902
v_{32}	3667		

Табл. 1. Швидкості акустичних хвиль у кристалах LiTaO₃
Table 1. Acoustic wave velocities of LiTaO₃ crystals

$C_{\lambda\mu}$	$C_{\lambda\mu}$, ГПа				$S_{\lambda\mu}$	$S_{\lambda\mu}$, Бр
		[4]	[20]	[21]		
C_{11}	226.08±0.8	229.8	228	233	S_{11}	5.37
C_{33}	225±12	279.8	271	275	S_{33}	6.29
C_{44}	100.2±0.4	96.8	96	94	S_{44}	10.20
C_{66}	95.1±0.4	92.3	98	93	S_{66}	10.75
C_{12}	36.6±0.3	44	47	31	S_{12}	-000.3
C_{13}	93.1±5.0	81.2	74	80	S_{13}	-2.22
C_{14}	-14.2±0.1	-10.4	-12	-11	S_{14}	0.76

Табл. 2. Компоненти матриць пружних констант і пружних податливостей кристалів LiTaO₃

Table 2. Components of the elastic stiffness constants and elastic compliances of LiTaO₃ crystals

Обчислення проводили із урахуванням необхідних і достатніх умов пружної стабільності ненапружених кристалічних структур для кристалів класу симетрії $3m$ [18]. Для розрахунків використані $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ Ф/м; густина LiTaO_3 $\rho = 7.454 \times 10^3$ кг/м³; $\epsilon_{11} = 47.39$; $\epsilon_{33} = 38.37$ [19]. Отримані пружні константи кристалів LiTaO_3 досить добре узгоджуються з літературними даними (див. табл. 2). Похибки вимірювань визначали як середньоквадратичне відхилення всіх виміряних і розрахованих величин, які входять у розрахункові співвідношення. Коефіцієнти пружних податливостей $S_{\lambda\mu}$ (табл. 2) визначали як обернену матрицю пружних коефіцієнтів $S_{\lambda\mu} = (C_{\lambda\mu})^{-1}$.

$e_{15}, \text{Кл/м}^2$	$e_{22}, \text{Кл/м}^2$	$e_{31}, \text{Кл/м}^2$	$e_{33}, \text{Кл/м}^2$
2.08 ± 0.02	1.07 ± 0.02	2.87 ± 0.13	-3.57 ± 0.20

Табл. 3. П'єзоелектричні коефіцієнти кристалів LiTaO_3
Table 3. Piezoelectric coefficients of LiTaO_3 crystals

IV. ВИСНОВКИ

Виміряно всі необхідні швидкості поздовжніх і поперечних акустичних хвиль у кристалах LiTaO_3 на прямих та $X/45^\circ$ зрізах, виведено робочі спів-

відношення для заповнення матриць пружних та п'єзоелектричних коефіцієнтів для кристалів класу симетрії $3m$ на основі виміряних швидкостей акустичних хвиль. Розраховані всі пружні та п'єзоелектричні коефіцієнти, а також коефіцієнти пружної податливості кристалів LiTaO_3 . Отримані результати узгоджуються з літературними даними та будуть використані в наших подальших вимірюваннях п'єзооптичного й акустооптичного ефектів на цих же зразках кристалів та дослідженнях їхньої просторової анізотропії. На цій основі, використовуючи ОПТИМА-технологію, яку ми розробили [11, 13, 14], буде проведено пошук найефективніших геометрій досліджуваних ефектів та запропоновано ефективніше практичне використання кристалів LiTaO_3 як робочих елементів відповідних пристроїв оптоелектроніки.

Подяка. Ці результати досліджень є частиною проекту, який отримав фінансування від програми досліджень та інновацій Європейського Союзу "Горизонт 2020" в межах грантової угоди Марії Склодовської-Кюрі № 778156, а також від Міністерства освіти і науки України в межах проєктів "Нанокристаліт" (державний реєстраційний номер №0119U002255) та "ОПТИМА" (державний реєстраційний номер №0120U102204).

-
- [1] *Undoped & doped Lithium Niobate (LiNbO₃ or LNB) and Lithium Tantalate (LiTaO₃ or LTA)*, http://www.mt-berlin.com/frames_cryst/descriptions/lbn_lta.htm.
 - [2] M. Schossig, V. Norkus, G. Gerlach, *Infrared Phys. Technol.* **63**, 35 (2014); <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2013.12.005>.
 - [3] Ю. С. Кузьминов, *Ниобат и танталат лития. Материалы для нелинейной оптики* (Наука, Москва, 1975).
 - [4] R. T. Smith, F. S. Welsh, *J. Appl. Phys.* **42**, 2219 (1971); <https://doi.org/10.1063/1.1660528>.
 - [5] V. Norkus, G. Gerlach, G. Hofmann, *Proc. SPIE* **3892**, 233 (1999); <https://doi.org/10.1117/12.364489>.
 - [6] A. Ismangila, T. P. Negara. *J. Sci. Innovare* **1**, 54 (2018); <https://doi.org/10.33751/jsi.v1i02.1005>.
 - [7] Agus Ismangil, Renan Prasta Jenie, Irmansyah, Irzaman, *Procedia Environ. Sci.* **24**, 329 (2015); <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.03.043>.
 - [8] *Lithium Tantalate (LiTaO₃) Wafers*, <https://www.universitywafer.com/lithium-tantalate-litao3.html>.
 - [9] Sh. Aoyagi *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **54**, 10NB03 (2015); <https://doi.org/10.7567/JJAP.54.10NB03>.
 - [10] А. С. Андрущак, О. А. Бурій, Н. А. Андрущак, Н. М. Дем'янишин, *Просторова анізотропія індукованих оптичних ефектів у кристалічних матеріалах: монографія у 2-ох томах. Т.1. Аналітичний опис, геометричне представлення та методика експерименту* (Простір М, Львів, 2019).
 - [11] А. Андрущак, О. Бурій, Н. Андрущак, Н. Дем'янишин, *Просторова анізотропія індукованих оптичних ефектів у кристалічних матеріалах. Т. 2: Електро-, п'єзо-, пружно- та акусто-оптичний ефекти в досліджених кристалах* (Простір М, Львів, 2021).
 - [12] A. S. Andrushchak *et al.*, *Opt. Laser Eng.* **47**, 24 (2009); <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2008.08.005>.
 - [13] A. S. Andrushchak *et al.*, *J. Appl. Phys.* **108**, 103118 (2010); <https://doi.org/doi.org/10.1063/1.3510518>.
 - [14] O. A. Buryu, A. S. Andrushchak, S. B. Ubizskii, *J. Appl. Phys.* **113**, 083103 (2013); <https://doi.org/10.1063/1.4792304>.
 - [15] К. Н. Баранский, *Физическая акустика кристаллов* (Изд-во МГУ, Москва, 1991).
 - [16] E. P. Papadakis, *J. Acoust. Soc. Am.* **42**, 1045 (1967); <https://doi.org/10.1121/1.1910688>.
 - [17] *ANSI/IEEE Std 176-1987 - IEEE Standard on Piezoelectricity* (IEEE, 1988); <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.1988.79638>.
 - [18] F. Mouhat, F.-X. Coudert, *Phys. Rev. B* **90**, 224104 (2014); <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.90.224104>.
 - [19] *Акустические кристаллы: справочник*, под ред. М. П. Шаскольской (Наука, Москва, 1982).
 - [20] T. Yamada, H. Iwasaki, N. Niizeki, *Jpn. J. Appl. Phys.* **8**, 1127 (1969).
 - [21] A. W. Warner, M. Onoe, G. A. Soquin, *J. Acoust. Soc. Am.* **42**, 1223 (1967); <https://doi.org/10.1121/1.1910709>.

DETERMINATION OF ALL PIEZOELECTRIC COEFFICIENTS AND ELASTIC STIFFNESS CONSTANTS IN LiTaO₃ CRYSTALS BASED ON MEASUREMENTS OF ACOUSTIC WAVE VELOCITIES

I. Martynyuk-Lototska¹, I. Yidak², O. Korneyev², A. Ratysh³, A. Andrushchak²

¹*Vlokh Institute of Physical Optics, 23, Dragomanov St., Lviv, Ukraine,
e-mail: iryna.ml.lviv@gmail.com*

²*Lviv Polytechnic National University, Department of Applied Physics and Nanomaterials Science,
10, Ustyanovych St., Room 32, Lviv, UA-79013, Ukraine,
e-mail: anatoli.s.andrushchak@lpnu.ua*

³*Lviv Polytechnic National University, Department of Telecommunications,
2, Profesorska St., Lviv, UA-79013, Ukraine*

This paper presents the results of ultrasonic measurements in trigonal LiTaO₃ crystals. The samples of direct section with faces perpendicular to the main crystallographic axes and X/45 sections of LiTaO₃ crystals were manufactured for experimental studies. The velocities of longitudinal and transverse acoustic waves along the three principal crystallographic axes and two additional axes in the YZ plane in trigonal crystals of point group 3m LiTaO₃ crystals were measured using the pulse-echo overlap method. In the piezoelectric crystals, elastic and electrical properties are related and the propagation of an acoustic wave is accompanied by the appearance of electric fields, which must be taken into account in the calculations. The relations for the complete determination of all components of the matrices of elastic stiffness and piezoelectric coefficients based on all necessary acoustic wave velocities measured were derived from the Christoffel equation for the piezoelectric crystals. Using the obtained ratios, all components of the tensors of piezoelectric coefficients, elastic stiffness constants, as well as all elastic compliances of LiTaO₃ crystals are calculated. The obtained results are consistent with the literature data and will be used in further measurements and calculation of the spatial anisotropy of induced (electro-, piezo- and acousto-optical) effects on the same crystal samples in order to select the most effective geometry of their possible practical use.

Key words: elastic coefficients, piezoelectric coefficients, lithium tantalate, acoustic wave velocities.