

ДОПОВІДІ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНСЬКОЇ РСР

Серія „А“

**ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ
ТА ТЕХНІЧНІ НАУКИ**

ОКРЕМИЙ ВІДБИТОК

КИЇВ — 1985

О. В. ЯЦЕНКО, М. О. СЕРГЕЄВ

ФОТОРЕФРАКТИВНИЙ ЕФЕКТ У LiNbO_3
ТА ЙОГО ЗВ'ЯЗОК З ЯМР ^{93}Nb

(Представлено академіком АН УРСР А. С. Бережним)

Фотоіндукована зміна різниці показників заломлення (фоторефрактивний ефект), яка спостерігається в сегнетоелектричних кристалах LiNbO_3 , до цього часу не має остаточного пояснення [1]. Більшість моделей, що описують це явище, зводиться до зміни показника заломлення незвичайного променя внаслідок електрооптичного ефекту, який збуджується макроскопічним внутрішньокристалічним електричним полем за рахунок розділення зарядів на межі освітленої зони кристала.

В роботі [2] показано, що при освітленні кристалів LiNbO_3 з домішками Fe та Cu He—Ne лазером спостерігається зменшення розкиду параметрів тензора градієнта внутрішньокристалічного електричного поля (ГЕП) на ядрах ^{93}Nb , яке виражається у зменшенні другого моменту (S_2) лінії ЯМР ^{93}Nb . Оскільки у вихідному стані іони Nb^{5+} статистично розупорядковані [3], це свідчить про зменшення середнього зміщення іонів Nb^{5+} відносно їх кристалографічної позиції після освітлення зразка LiNbO_3 .

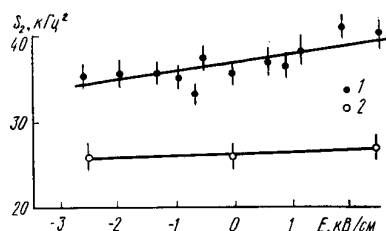
У повідомленні методом ЯМР широких ліній досліджується фоторефрактивний ефект у кристалах LiNbO_3 з домішкою 0,005 % Fe (ваг. вміст). Використовувались монокристалічні зразки об'ємом близько 1 см^3 . Через те, що головною причиною фоторефрактивного ефекту вважається виникнення макроскопічного внутрішньокристалічного електричного поля з $\vec{E} \parallel \vec{C}$ (C — полярна вісь кристала), були досліджені залежності першого (S_1) та другого моментів лінії ЯМР ^{93}Nb переходу ($\mp 1/2 \leftrightarrow \pm 1/2$) від напруженості зовнішнього електричного поля. Розрахунок моментів проводився відносно максимуму лінії поглинання ЯМР. Залежності S_2 від E при $\vec{E} \parallel \vec{C}$ як до, так і після освітлення зразка He—Ne лазером наведені на рисунку.

Згідно з [4] такому режимові освітлення для $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ відповідає граничне значення $\Delta n/n = 0,4 \cdot 10^{-4}$. Таке ж значення $\Delta n/n$ виникає за рахунок електрооптичного ефекту при $|E| = 2,3 \text{ кВ/см}$ ($\vec{E} \parallel \vec{C}$). Як видно з рисунка, у дослідженому діапазоні значень E макроскопічне електричне поле не може бути причиною спостережуваного після освітлення звужування лінії ЯМР ^{93}Nb . Ефект перезарядження домішкових центрів Fe^{2+} та Fe^{3+} так само не може бути причиною зменшення S_2 , бо значення S_2 лінії ЯМР ^{93}Nb переходу ($\pm 1/2 \leftrightarrow \mp 1/2$) у бездомішкових зразках LiNbO_3 та зразках з домішкою 0,005 % Fe (ваг. вміст) до освітлення практично однакові в ідентичних умовах експерименту. Перший момент S_1 (зміщення центра ваги лінії ЯМР відносно максимуму лінії) в дослідженому діапазоні значень E також не змінюється, але, як і S_2 , помітно зменшується після засвітлення кристала.

Вивчено залежність параметрів лінії ЯМР ^{93}Nb від напруженості зовнішнього електричного поля при $\vec{E} \perp \vec{C}$. Спостерігалось збільшення S_1 та S_2 : при $|E| = 250 \text{ В/см}$ значення S_2 збільшувалося від 36,2 до 60,0 кГц^2 (середньоквадратична похибка — не більше 3,8 кГц^2). Оскільки у вихідному стані іони Nb^{5+} статистично розупорядковані відносно їх кристалографічної позиції та не розташовані на осі симетрії третього порядку, дипольні моменти елементарних комірок кристала мають компоненти, перпендикулярні осі C $\vec{p}_{i\perp}$ (підсумовування за об'ємом кристала $\sum_i \vec{p}_{i\perp} = 0$), які взаємодіють з зовнішнім електричним полем. Якщо $\vec{E} \perp \vec{C}$, це веде до збільшення середнього зміщення іона Nb^{5+} від

октаедрично координованої позиції та до зростаючого розкиду параметрів тензора ГЕП на ядрах ^{93}Nb .

Що запобігти методичних помилок, було вивчено зміну форми лінії ЯМР ^{93}Nb при безперервному освітленні зразка некогерентним світлом — лампою розжарювання з фокусуною системою. Щільність потужності освітлення зразка була близько $0,1 \text{ Вт/см}^2$. Виміри проводились при короткозамкненому недіафрагмованому зразку, короткозамкненому діафрагмованому (30 % освітлюваної грані — біля замикаючих електродів — затінено діафрагмою) та повністю освітленому розімкненому кристалі. Усі виміри, результати яких наведені в таблиці,



Залежність S_2 лінії ЯМР ^{93}Nb від напруженості зовнішнього електричного поля при $\vec{E} \parallel \vec{C}$ до (1) та після (2) освітлення зразка LiNbO_3 He—Ne лазером. Щільність потужності освітлення $0,15 \text{ Вт/см}^2$, час експозиції кожного елемента кристала — 30 хв. $B_0 = 1,0 \text{ Т}$; $\vec{B}_0 \parallel \vec{C}$, де B_0 — індукція магнітного поля

виконувались не раніше 90 хв після початку освітлення. Таким чином, проходження крізь кристал LiNbO_3 фотоструму короткого замикання не веде до зміни S_1 та S_2 лінії ЯМР ^{93}Nb (у такому режимі фоторефрактивний ефект не спостерігається), але фоторефрактивний ефект, який викликається некогерентним освітленням, супроводжується зменшенням S_1 та S_2 лінії ЯМР ^{93}Nb .

Параметри лінії ЯМР ^{93}Nb в $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ (0,005 %, ваг. вміст) при освітленні зразка некогерентним світлом. $\vec{B}_0 \parallel \vec{C}$; $B_0 = 1,0 \text{ Т}$

Режим вимірів	До освітлення	Короткозамкнений кристал	Діафрагмований кристал	Розімкнений недіафрагмований кристал
S_2 , кГц ²	$37,9 \pm 1,5$	$37,6 \pm 1,4$	$28,4 \pm 1,2$	$25,7 \pm 1,4$
S_1 , кГц	$-2,7 \pm 0,1$	$-2,8 \pm 0,1$	$-2,0 \pm 0,2$	$-1,9 \pm 0,2$

Можна вважати встановленим, що при невеликих щільностях освітлення фоторефрактивний ефект у LiNbO_3 супроводжується упорядкуванням параметрів тензора ГЕП на ядрах ^{93}Nb і відповідно зменшенням середнього зміщення іонів Nb^{5+} відносно їх кристаліграфічного положення. Це веде до зміни дипольних моментів елементарних комірок кристала та, завдяки цьому, до зміни спонтанної поляризації зразка.

Результати наших експериментів корелюють з залежністю зміни різниці показників заломлення LiNbO_3 від орієнтації по відношенню до осі C вузької світлової смужки [5]. Зменшення $\Delta n/n$ при орієнтації смужки вздовж осі C можна пояснити виникненням значної компоненти внутрішньокристалічного електричного поля з $\vec{E} \perp \vec{C}$, яка знижує ефект упорядкування іонів Nb^{5+} . Відзначимо, що й у [5] для пояснення одержаних результатів була висунута модель, враховуюча зміну спонтанної поляризації кристала, але яка принципово відрізняється від запропонованої вище.

SUMMARY. Nuclear magnetic resonance of ^{93}Nb into LiNbO_3 is investigated. NMR line shapes of ^{93}Nb before and after illumination are discussed. It is shown that optical damage is accompanied by a spontaneous polarization change due to regularization of Nb^{5+} positions into crystal lattice.

1. Леванюк А. П., Осипов В. В. Механизмы фоторефрактивного эффекта.— Изв. АН СССР. Сер. физ., 1977, 41, № 4, с. 752—770.
2. Yatsenko A. V., Shcherbakov V. N., Habuda S. P. NMR of ^{93}Nb with quadrupole effects into doped LiNbO_3 crystals: coherent lightning influence.— Sixth International Symposium on Nuclear Quadrupole Resonance Spectroscopy Abstracts. Moscow, USSR, 21—24 September, 1981, p. 103.
3. Yatsenko A. V., Shcherbakov V. N., Habuda S. P. Electrical Field Gradient Dynamic Changes on ^{93}Nb into LiNbO_3 experimental Determination. The connection with the optical damage.— Bull. of Magn. Reson., 1980, 2, N 1—4, p. 197—198.
4. Optikal Damage in Fe-doped LiNbO_3/Y . Ohmori, M. Yamaguchi, K. Yoshino, Y. Inuishi.— Jap. J. Appl. Phys., 1979, 18, N 1, p. 79—84.
5. Механизм фоторефрактивного эффекта в ниобате лития с железом / А. П. Леванюк, Е. М. Уюкин, В. А. Пашков, Н. М. Соловьева.— Физика твердого тела, 1980, 22, № 4, с. 1161—1169.

Сімферопольський ун-т

Надійшло 03.07.84