



YAG va Nd:YAG yagona kristallarining strukturaviy xususiyatlari.

Ibrohimov Ziyodjon
Mansurjon o'g'li
Mirzayev Baxtiyorjon
Obokulovich

Andijon iqtisodiyot va qurilish institute.
Qurilish muxandisligi kafedrası o'qituvchilari.

Annotatsiya

Ushbu maqola, Ittriy-aluminiy granatasi (YAG) va neodimiyum bilan kiritilgan Ittriy-aluminiy granatasi (Nd:YAG) kristallarining strukturaviy xususiyatlarini o'rganishga bag'ishlangan. YAG va Nd:YAG, qattiq jisimli lazerlarida faol muhit sifatida keng qo'llaniladigan oksidli kristallar bo'lib, Nd^{3+} ionlari YAG kristallaridagi Ittriy ionlarining o'rnini egallab, lazer faoliyatini ta'minlaydi. Choxralsky usuli yordamida yetishtirilgan monokristallar rentgen difraksiyasi usuli yordamida tahlil qilindi. Olingan natijalar YAG va Nd:YAG kristallarining fizikaviy xususiyatlari, ularning mukammallik darajasi va lazer qurilmalaridagi ahamiyatini ko'rsatadi. Tadqiqotlar, yuqori sifatli kristallarni olish va lazer texnologiyalarini takomillashtirish imkoniyatlarini yaratadi.

Kalit so'zlar Ittriy-aluminiy granatasi (YAG), Neodimiyum kiritilgan Ittriy-aluminiy granatasi (Nd:YAG), Qattiq jisimli lazerlar, Strukturaviy xususiyatlar, Choxralsky usuli, Rentgen difraksiyasi, Fizik xususiyatlar, Lazer faoliyati, Monokristallar, Mukammallik darajasi

Kirish

Ittriy-aluminiy granatasi (YAG, $Y_3Al_5O_{12}$) va neodimiyum bilan kiritilgan Ittriy-aluminiy granatasi (Nd:YAG) qattiq jisimli lazerlarida faol muhit sifatida keng qo'llaniladigan oksidli kristallar hisoblanadi. Nd^{3+} ionlari YAG kristallari ichida Ittriy ionlarining o'rnini egallab, lazer faoliyatini ta'minlaydi. Ushbu maqola YAG va Nd:YAG kristallarining strukturaviy xususiyatlarini, ularning fizikaviy xususiyatlari va lazer qurilmalaridagi ahamiyatini ko'rib chiqadi.

Ittrium-alyuminiy granatasi (YAG, $Y_3Al_5O_{12}$) va neodimiyum (Nd:YAG) bilan qoplangan ittriy-alyuminiy granatasi qattiq jisimli lazerlarida faol muhit sifatida keng qo'llaniladigan oksidli kristallarning eng keng tarqalgan turlari hisoblanadi. Legirlangan aralashmasi - uch marta ionlashtirilgan neodim Nd (III), odatda, alyuminiy-itriyli granatasi kristalli tuzilishidagi ittriy ionlarining kichik qismini almashtiradi va kristalda lizing faoliyatini ta'minlaydi.

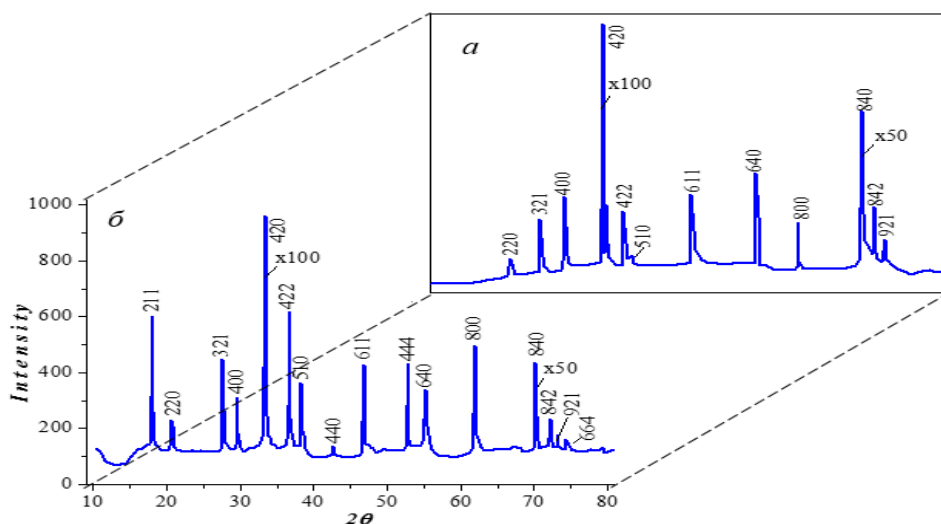
Nd:YAG kristalining fizik xususiyatlari va ularga asoslangan lazer qurilmalarining xususiyatlari asosan ichki mikrokuchlanishlar va nuqsonlarga bog'liqdir. Shunday qilib, optimal texnologik sharoitlarni, tuzilmaviy qiymatlarni va yeg monokristallarining jismoniy xususiyatlarini aniqlash va Nd^{3+} aralashmalari bo'lmagan holda jismoniy va texnologik nuqtai nazardan muhimdir. Shu munosabat bilan ushbu ishda биринчи марта YAG va Nd:YAG monokristallarining tuzilmaviy xususiyatlarini o'rganish natijalari keltirilgan.

Tadqiqot maqsadi monokristalli YAG va Nd:YAG bo'lib, umumiy qabul qilingan Choxral usuli bilan¹ o'stirilgan. Choxralsky usuli yuqori sifatli va yirik YAG va Nd:YAG monokristallarni etishtirish uchun katta afzalliklarga ega o'rta va yuqori quvvatli samaradorlik bilan lazer sifatida ishlatiladi. Chokhralskiy texnikasi yordamida kristallarning barqaror va muvozanatlash jarayoni jarayonning turli xil qiymatlari bilan nazorat qilinadi. O'sish qiymatlarining kichik o'zgarishlari tizimni beqaror holga keltirishi va kristalning sifatiga bevosita ta'sir qilishi mumkin.

Biz tomonidan o'rganilayotgan namunalarning tuzilmaviy va o'zgarishlar holatini nazorat qilish uchinchi avlod Empyrean Malvern PANalytical L. td tipidagi rentgen diffraktometrida amalga oshirildi. X-nurlari diffraktsion o'lchovlari Bragga – Brentano nurining geometriyasida $2\theta = 10^\circ$ dan 90° gacha 0.33 grad/min va 0.0200 (grad) burchak qadamlarini skanerlash tezligi bilan doimiy ravishda amalga oshirildi.

YAG va Nd:YAG monokristallari uchun rentgen-diffraktsiya usuli yordamida olingan eksperimental ma'lumotlar: Choxral usulida o'stirilgan YAG 1-rasmda berilgan. Monokristalli YAG radiografiyasini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, diffraktsion rasmda bir nechta tizimli reflekslar mavjud (1-a rasm) turli zichlikli selektiv tabiat. $2\theta = 33.6^\circ$ va uning keyingi tartibi (840) da $2\theta = 69.9^\circ$ da YAG (420) bilan YAG namunalaridan kuzatilgan diffraktsion aks ettirish, ularning to'liq kenglikdagi qiymatlari refleksning yarmigacha ($\text{FWHM (420)} \approx 3.23 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$ va $\text{FWHM (840)} = 4.73 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$) kristall ittrium-alyuminiy granatning mukammalligini $a = 1,1949 \text{ nm}$ panjara qiymatlarining qiymati bilan ko'rsatadi. Eksperimental natijalarni tahlili YAG kristallari Brave fazaviy guruhga kiruvchi $\text{Ia}\bar{3}\text{d}$ guruhi ega bo'lgan hajmiy markazlashgan kub panjarasiga ega ekanligini ko'rsatadi.

¹ Ю.М. Таиров, В.Ф. Цветнов. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. «Высшая школа», 1990. 423 с.



1-rasm. YAG (a) va Nd:YAG (b) monokristallarining rentgenogrammasi

Bundan tashqari, turli xil intensivliklar bilan yangi tizimli reflekslar paydo bo'ldi; $(220)_{\text{YAG}}$ li $d/n = 4.2880 \text{ \AA}$ ($2\theta = 20,7^\circ$), $(321)_{\text{YAG}}$ li $d/n = 3.241 \text{ \AA}$ ($2\theta = 27,5^\circ$), $(400)_{\text{YAG}}$ li $d/n = 3.032 \text{ \AA}$ ($2\theta = 29,6^\circ$), $(422)_{\text{YAG}}$ li $d/n = 2.476 \text{ \AA}$ ($2\theta = 36,3^\circ$), $(222)_{\text{YAG}}$ li $d/n = 2.379 \text{ \AA}$ ($2\theta = 37,8^\circ$), $(611)_{\text{YAG}}$ li $d/n = 1.967 \text{ \AA}$ ($2\theta = 46,1^\circ$), $(640)_{\text{YAG}}$ li $d/n = 1.682 \text{ \AA}$ ($2\theta = 54,6^\circ$), $(800)_{\text{YAG}}$ li $d/n = 1.516 \text{ \AA}$ ($2\theta = 61,1^\circ$), $(842)_{\text{YAG}}$ li $d/n = 1.323 \text{ \AA}$ ($2\theta = 71,3^\circ$) va $(921)_{\text{YAG}}$ li $d/n = 1.308 \text{ \AA}$ ($2\theta = 72,2^\circ$) egaligingizni tasdiqlang qo'shimcha imkoniyatlar uchun O'tish: saytda harakatlanish, qidiruv ($2\theta = 54,6^\circ$), (800) $d/n = 1.516 \text{ \AA}$ bilan YAG ($2\theta = 61,1^\circ$), (842) egaligingizni tasdiqlang qo'shimcha imkoniyatlar uchun (921) YAG bilan $D/N = 1.308 \text{ \AA}$ ($2\theta = 72,2^\circ$). Shakl bo'yicha. 1-b Nd:YAG monokristallarining rentgenogrammasini taqdim etadi. YAG monokristallarining radiografiyasidan sezilarli darajada farq qiladi va 420% ga asosiy refleksning (15) qizg'inligini kamaytiradi; reflekslarning intensivligi (840) navbati bilan 2 marta kamayadi va reflekslarning intensivligi (220), (321), (400), (422), (222), (611), (640), (800), (842) va (921) bir necha foizga oshdi va ular Nd:YAG spektrlarida kichikroq burchaklarga diffraktsiya o'zgarishini ta'minlaydi. Shu bilan birga, c $d/n = 0.4951 \text{ nm}$ ($2\theta = 17,9^\circ$), li $d/n = 0.2144 \text{ nm}$ ($2\theta = 42,1^\circ$), li $d/n = 0.1751 \text{ nm}$ ($2\theta = 52,3^\circ$) va li $d/n = 0.1293 \text{ nm}$ ($2\theta = 73,2^\circ$) o'rta tarqoq burchaklardagi noqulay fon darajasining noqulay tabiati. Nisbatan tor kengligi ($\text{FWHM} = 4.36 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$) va katta zichlik (105 imp sek-1) asosiy refleks (420), shuningdek, boshqa hatto aks ettirish tartiblarining radiografiyasida mavjudligi, Nd:YAG kristalli panjarasining yuqori darajadagi mukammalligini ko'rsatadi va Nd:YAG fazoviy guruh bilan volumetrik markazli kub panjaraga ega $Ia3d$ va orientatsiya (420) bilan bitta kristalli. Nd uchun panjara qiymati: YAG $a = 1,1961 \text{ nm}$ bo'lib, u juda kam nashr etilgan ma'lumotlar² ($12,011 \text{ \AA}$). Nd kristalining hujayra qiymati: YAG kristalidan 0,12% ko'proq. Nd^{3+} ionining radiusi ($0,1247 \text{ nm}$) Y^{3+} ionining radiusidan ($0,1158 \text{ nm}$) kattaroqdir va farq taxminan 8% ga teng bo'lib, Nd^{3+} ni Y^{3+} kristalli panjara maydoniga kiritish qiyin emas, balki hujayra

² В. А. Маслов и др. Синтез нанопорошков YAG:Nd³⁺ из золь-гель методом. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 3. с.18-27

qiymatining oshishiga olib keladi. Bu Nd:YAG difraktogrammasida kichik tarqalish burchaklariga qarab tizimli aks ettirishning o'zgarishiga olib keladi.

Choxralsky usulida o'stirilgan YAG va Nd monokristallari olingan: YAG ia3d fazoviy guruhi bilan uch o'lchovli kub panjaraga ega. YAG uchun panjara qiymati $a = 1,1949 \text{ nm}$ va Nd uchun: YAG $a = 1,1961 \text{ nm}$. Nd kristalining hujayra qiymati: yog ' YAG kristalidan 0,12% ko'proq. Nd^{3+} ionining radiusi (0,1247 nm) Y^{3+} ionining radiusidan (0,1158 nm) kattaroqdir va farq taxminan 8% ga teng bo'lib, Nd^{3+} ni Y^{3+} kristalli panjara maydoniga kiritish qiyin emas, balki hujayra qiymatining oshishiga olib keladi³. Bu olingan ilmiy natijalar lazer aktiv elementlarining o'stirishida katta ahamiyatga ega.

Difraksion Tahlil

YAG kristallarining rentgenogrammasi turli tizimli reflekslar mavjudligini ko'rsatadi. Masalan, $2\theta = 33.6^\circ$ va $2\theta = 69.9^\circ$ da YAG (420) bilan kuzatilgan diffraksion aks ettirishlar kristallning mukammalligini ko'rsatadi. Nd:YAG kristallarida esa reflekslarning intensivligi YAG bilan solishtirganda farqlanadi, bu esa neodim ionlari mavjudligi natijasida yuzaga keladi.

Xulosa

YAG va Nd:YAG yagona kristallari zamonaviy lazer texnologiyalarida muhim ahamiyatga ega. Ularning strukturaviy xususiyatlari, fizik xususiyatlari va lazer qurilmalaridagi roli, zamonaviy ilm-fan va texnologiyalar uchun strategik ahamiyatga ega. Choxralsky usuli yordamida olingan yuqori sifatli monokristallar, lazer aktiv elementlarining o'stirilishi va qo'llanishida katta imkoniyatlar yaratadi. Kelajakda bu materiallarning rivojlanishi lazer texnologiyalarini yanada takomillashtirishga yordam beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ю.М. Таиров, В.Ф. Цветнов. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. «Высшая школа», 1990. 423 с.
2. В. А. Маслов и др. Синтез нанопорошков YAG:Nd³⁺ золь-гель методом. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 3. с.18-27
3. А.И.Бобоев, З.М.Ибрагимов, Ш.К.Акбаров. Структурные особенности монокристаллов YAG и Nd:YAG, Доклады Академии наук, 2022, №2, с. 17-19

³ А.И.Бобоев, З.М.Ибрагимов, Ш.К.Акбаров. Структурные особенности монокристаллов YAG и Nd:YAG, Доклады Академии наук, 2022, №2, с. 17-19