

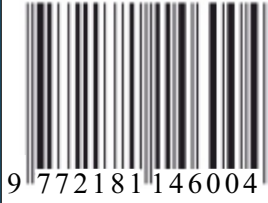
BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI ILMIY AXBOROTI



Научный вестник Бухарского государственного университета
Scientific reports of Bukhara State University

1/2025

E-ISSN 2181-1466



9 772181 146004

ISSN 2181-6875



9 772181 687004



@buxdu_uz



@buxdu1



@buxdu1



www.buxdu.uz

1/2025

BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI ILMIY AXBOROTI
SCIENTIFIC REPORTS OF BUKHARA STATE UNIVERSITY
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК БУХАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Ilmiy-nazariy jurnal

2025, № 1, yanvar

Jurnal 2003-yildan boshlab **filologiya** fanlari bo'yicha, 2015-yildan boshlab **fizika-matematika** fanlari bo'yicha, 2018-yildan boshlab **siyosiy** fanlar bo'yicha, **tarix** fanlari bo'yicha 2023-yil 29-avgustdan boshlab O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar Vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiya ishlari natijalari yuzasidan ilmiy maqolalar chop etilishi lozim bo'lgan zaruriy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Jurnal 2000-yilda tashkil etilgan.

Jurnal 1 yilda 12 marta chiqadi.

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot agentligi Buxoro viloyat matbuot va axborot boshqarmasi tomonidan 2020-yil 24-avgust № 1103-sonli guvohnoma bilan ro'yxatga olingan.

Muassis: Buxoro davlat universiteti

Tahririyat manzili: 200117, O'zbekiston Respublikasi, Buxoro shahri Muhammad Iqbol ko'chasi, 11-uy.

Elektron manzil: nashriyot_buxdu@buxdu.uz

TAHRIR HAY'ATI:

Bosh muharrir: Xamidov Obidjon Xafizovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bosh muharrir o'rinbosari: Rasulov To'liqin Husenovich, fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor

Mas'ul kotib: Shirinova Mexrigiyo Shokirovna, filologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Kuzmichev Nikolay Dmitriyevich, fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor (N.P. Ogaryov nomidagi Moldova milliy tadqiqot davlat universiteti, Rossiya)

Danova M., filologiya fanlari doktori, professor (Bolgariya)

Margianti S.E., iqtisodiyot fanlari doktori, professor (Indoneziya)

Minin V.V., kimyo fanlari doktori (Rossiya)

Tashqarayev R.A., texnika fanlari doktori (Qozog'iston)

Mo'minov M.E., fizika-matematika fanlari nomzodi (Malayziya)

Mengliyev Baxtiyor Rajabovich, filologiya fanlari doktori, professor

Adizov Baxtiyor Rahmonovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Abuzalova Mexriniso Kadirovna, filologiya fanlari doktori, professor

Amonov Muxtor Raxmatovich, texnika fanlari doktori, professor

Barotov Sharif Ramazonovich, psixologiya fanlari doktori, professor, xalqaro psixologiya fanlari akademiyasining haqiqiy a'zosi (akademigi)

Baqoyeva Muhabbat Qayumovna, filologiya fanlari doktori, professor

Bo'riyev Sulaymon Bo'riyevich, biologiya fanlari doktori, professor

Jumayev Rustam G'aniyevich, siyosiy fanlar nomzodi, dotsent

Djurayev Davron Raxmonovich, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Durdiyev Durdimurod Qalandarovich, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Olimov Shirinboy Sharofovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Qahhorov Siddiq Qahhorovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Umarov Baqo Bafoyevich, kimyo fanlari doktori, professor

Murodov G'ayrat Nekovich, filologiya fanlari doktori, professor

O'rayeva Darmonoy Saidjonovna, filologiya fanlari doktori, professor

Navro'z-zoda Baxtiyor Nigmatovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Hayitov Shodmon Ahmadovich, tarix fanlari doktori, professor

To'rayev Halim Hojiyevich, tarix fanlari doktori, professor

Rasulov Baxtiyor Mamajonovich, tarix fanlari doktori, professor

Eshtayev Alisher Abdug'aniyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Quvvatova Dilrabo Habibovna, filologiya fanlari doktori, professor

Axmedova Shoiri Nematovna, filologiya fanlari doktori, professor

Bekova Nazora Jo'rayevna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor

Amonova Zilola Qodirovna, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Hamroyeva Shahlo Mirjonovna, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Nigmatova Lola Xamidovna, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Boboyev Feruz Sayfullayevich, tarix fanlari doktori

Jo'rayev Narzulla Qosimovich, siyosiy fanlar doktori, professor

Xolliyev Askar Ergashovich, biologiya fanlari doktori, professor

Artikova Hafiza To'ymurodovna, biologiya fanlari doktori, professor

Norboyeva Umida Toshtemirovna, biologiya fanlari doktori, professor

Hayitov Shavkat Ahmadovich, filologiya fanlari doktori, professor

Qurbonova Gulnoz Negmatovna, pedagogika fanlari doktori (DSc), professor

Ixtiyarova Gulnora Akmalovna, kimyo fanlari doktori, professor

Rasulov Zubaydullo Izomovich, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Mirzayev Shavkat Mustaqimovich, texnika fanlari doktori, professor

Samiyev Kamoliddin A'zamovich, texnika fanlari doktori, dotsent

Esanov Husniddin Qurbonovich, biologiya fanlari doktori, dotsent

Raupov Soyib Saidovich, tarix fanlari nomzodi, professor

Zaripov Gulmurot Toxirovich, texnika fanlari nomzodi, professor

Jumayev Jura, fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent

Klichev Qybek Abdurasulovich, tarix fanlari doktori, dotsent

G'aybulayeva Nafisa Izattullayevna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor

MUNDARIJA *** СОДЕРЖАНИЕ *** CONTENTS		
МАТЕМАТИКА *** MATHEMATICS *** МАТЕМАТИКА		
G'anijonova G.A.	Representation of the solution of one dynamic system on the plane	3
Maxammadzokirov Sh.Sh.	Application of matrix exponential in one control problem	10
Ortiqova R.B.	On some problems of the theory of one-dimensional bifurcation	15
Жалолов О.И., Махмудов М.М.	О нахождении элемента Рисса и нормы функционала погрешности квадратурной формулы типа Эрмита в пространстве Соболева $W_2^m(R)$	20
Abduraxmonova R.A.	On a linear differential evasion game with many pursuers and one evader in the Hilbert space l_2	26
Vasiyeva G.A.	Time-optimal control problem for an infinite system of binary differential equations	33
Сатторов Э.Н., Пулатов О.У.	Формула Карлемана для двумерного гравитационного поля в ограниченной области	42
Husenova J.T.	Funksional tenglamaga keltiriladigan spektral masalalar	48
Boboxonov Sh.S.	Proving the Corona theorem for $A(z)$ -analytic functions using the Bezout formula in case $n=2$	53
Сатторов Э.Н., Актамов Х.С.	О продолжении магнитного потенциала в двумерной ограниченной области	57
FIZIKA *** PHYSICS *** ФИЗИКА		
Икрамов Р.Ғ., Мўминов Х.А.	Тобланган a-Si:H нинг ҳаракатчанлик тирқишининг температурага боғланиши	61
Djurayev D.R., Nasirova N.G., Fayziyev Sh.Sh.	Ferrit granatlarning fizik xususiyatlari haqida	66
Jaraqov A.I., Vapayev M.E., Davletov I.Y., Boltaev G.S.	Ikki elementli litiy ftor qotishmasi sirtida hosil qilingan plazmaning parametrlarini tadqiq qilish	73

FERRIT GRANATLARNING FIZIK XUSUSIYATLARI HAQIDA

Djurayev Davron Raxmonovich,Buxoro davlat universiteti professori,
fizika-matematika fanlari doktorid.r.djurayev@buxdu.uz**Nasirova Nargiza Gayratovna,**

Buxoro davlat universiteti doktoranti

n.g.nasirova@buxdu.uz**Fayziyev Shaxobiddin Shavkatovich,**

Buxoro davlat universiteti Fizika kafedrasini mudiri,

fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

s.s.fayziyev@buxdu.uz

Annotatsiya. Ushbu maqola ferrit granatlarning fizik xususiyatlarini, jumladan, issiqlikka chidamlilik, optik shaffoflik, past elektr o'tkazuvchanlik va magnit samaradorlik kabi parametrlarni tahlil qilishga bag'ishlangan. Ferrit granatlar o'zining noyob kristall tuzilishi tufayli yuqori magnit moment va past issiqlik kengayish koeffitsiyentiga ega bo'lib, bu ulardan yuqori haroratli sharoitlarda ham samarali foydalanishga imkon beradi. Ushbu maqola ferrit granatlarning fizik xususiyatlarini texnologik qo'llanilishi bilan bog'liq holda yoritadi va ularni sanoat va ilmiy tadqiqotlarda keng qo'llash imkoniyatlarini o'rganadi.

Kalit so'zlar: Ferrit granatlar, fizik xususiyatlar, kristall tuzilishi, termal xususiyatlar, optik shaffoflik, elektr o'tkazuvchanlik, magnit moment, mikrostruktura, issiqlikka chidamlilik, yuqori haroratli materiallar, noyob oksid materiallar.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРРИТ-ГРАНАТОВ

Аннотация. Данная статья посвящена анализу физических свойств феррит-гранатов, включая термостойкость, оптическую прозрачность, низкую электропроводность и магнитную эффективность. Феррит-гранаты, благодаря своей уникальной кристаллической структуре, обладают высоким магнитным моментом и низким коэффициентом теплового расширения, что позволяет эффективно использовать их в условиях высоких температур. Статья освещает физические свойства феррит-гранатов в связи с их технологическим применением, а также рассматривает возможности их широкого использования в промышленности и научных исследованиях.

Ключевые слова: феррит-гранаты, физические свойства, кристаллическая структура, термические свойства, оптическая прозрачность, электропроводность, магнитный момент, микроструктура, термостойкость, материалы для высоких температур, уникальные оксидные материалы.

PHYSICAL PROPERTIES OF FERRITE GARNETS

Abstract. This article is dedicated to analyzing the physical properties of ferrite garnets, including thermal resistance, optical transparency, low electrical conductivity, and magnetic efficiency. Due to their unique crystalline structure, ferrite garnets exhibit high magnetic moments and low thermal expansion coefficients, enabling their effective use in high-temperature conditions. The article highlights the physical properties of ferrite garnets in relation to their technological applications and explores their potential for widespread use in industry and scientific research.

Keywords: ferrite garnets, physical properties, crystalline structure, thermal properties, optical transparency, electrical conductivity, magnetic moment, microstructure, thermal resistance, high-temperature materials, unique oxide materials.

Kirish. Ferrit granatlar — bu noyob fizik va kimyoviy xususiyatlarga ega bo'lgan materiallar bo'lib, ular yuqori samaradorligi va chidamliligi tufayli turli sohalarida keng qo'llaniladi. Ushbu materiallarning fizik xususiyatlari, jumladan, yuqori issiqlikka chidamlilik, yuqori magnit moment va past elektr o'tkazuvchanlik kabi xususiyatlari, ulardan mikroto'liqinli tizimlar, optik qurilmalar va yadro texnologiyalari

kabi yuqori texnologik ilovalarda foydalanishga imkon beradi. Ferrit granatlarning fizik xususiyatlari ularning kristall tuzilishi va mikrostrukturasiga bevosita bog'liq bo'lib, bu xususiyatlar ularning ilmiy va texnologik ahamiyatini oshiradi. Ushbu maqolada ferrit granatlarning asosiy fizik xususiyatlari, jumladan, termal, optik va elektr xususiyatlari tahlil qilinadi.

Asosiy qism. Ferrit granatlarning fizik xususiyatlari quyidagicha ko'rib chiqamiz:

1. **Kristall tuzilishi:** Ferrit granatlar kubik yoki dodekagonal kristall tuzilishga ega bo'lishi mumkin. Ularning tuzilishi yirik kristallar shaklida bo'lib, odatda yengil yoki qora rangda bo'lishi mumkin.

2. **Magnit xususiyatlar:** Ferrit granatlar magnit xususiyatlarga ega, ya'ni ular magnit maydonlarda javob berishadi. Ularning magnit xususiyatlari ular tarkibidagi temir oksidlaridan kelib chiqadi, shuning uchun ular magnit materiallar sifatida ishlatiladi.

3. **Yuqori haroratga chidamlilik:** Ferrit granatlar yuqori haroratlarda barqaror bo'lib, ular ko'pincha yuqori haroratli muhitlarda ishlatiladi. Ularning ko'p turi 600-1000°C oralig'ida barqaror bo'ladi.

4. **Izoelektrik xususiyatlar:** Ferrit granatlar, odatda, izoelektrik nuqtaga ega, bu ularning elektr o'tkazuvchanligi va izolyatsiya xususiyatlariga ta'sir qiladi.

5. **Optik xususiyatlar:** Ferrit granatlar odatda shaffof emas, balki opaqlik xususiyatiga ega, bu ularning ko'proq magnit yoki mexanik xususiyatlar bilan ishlatilishini anglatadi.

6. **Mexanik xususiyatlar:** Ferrit granatlar mustahkam va qattiq materiallar bo'lib, ular boshqa materiallarga nisbatan yuqori bosim va kesish kuchlariga chidamli bo'ladi.

Ferrit granatlarning kristall tuzilishi haqida kengroq ma'lumot berish uchun, avvalo ularning kimyoviy tarkibi va strukturasiga e'tibor qaratish kerak. Ferrit granatlar — bu asosan temir (Fe) oksidlaridan tashkil topgan minerallar guruhiga kiradi. Ularning kristall tuzilishi, asosan, kubik (oksidlar) yoki dodekagonal (granatlarni tashkil etuvchi xususiyat) simmetriya bo'yicha tartiblangan. Quyida ferrit granatlarning kristall tuzilishiga oid ba'zi asosiy jihatlar:

Ferrit granatlar odatda kubik simmetriyaga ega, bu ularning shaklini kub shaklida tashkil qiladi. Kubik tuzilishga ega bo'lishi, materiallarning juda barqaror va simmetrik strukturasini anglatadi, bu esa ular magnit va mexanik xususiyatlarini ta'minlaydi.

Granat mineralining kristall tuzilishi asosan silisiy oksidlar yoki oksid mineral tuzilmalari bilan bog'liqdir. Granatlarda, masalan, almandin ($\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$) yoki spessartin ($\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$) kabi turli mineral aralashmalar mavjud. Ferrit granatlar, odatda, Fe^{3+} ionlari va boshqa ko'plab metall ionlari (masalan, Mn, Zn, Cu) bilan birgalikda kristall tuzilishini tashkil etadi.

Ferrit granatlar o'zlarining mikrostrukturasida kuchli bog'langan temir oksidlarini, shuningdek, boshqa metall oksidlarini tashkil etuvchi xususiyatlarga ega. Kristall tuzilishi asosan temir oksidlarining yadro vazifasini bajaradigan Fe^{3+} ionlari bilan bog'langan, bu esa materialga magnit xususiyatlarni beradi. Kristallar orasidagi metall ionlari (masalan, Fe, Mn, Al) aniq ravishda joylashgan va bu struktura tizimiga aniq tartib kiritadi.

Granatlarning kristall tuzilishi kubik simmetriya bilan ifodalangan bo'lib, ular o'rtacha 8 ta burchakni tashkil qiladi. Bu holatda temir oksid kristallari geometriyasida yaxshi tashkil etilgan taqsimlanishga ega bo'lishi kerak. Ko'plab granatlar yuqori kristallanish darajasiga ega bo'lib, kristallar bir-biriga to'g'ri keladigan simmetriya shakllari bilan joylashadi.

Ferrit granatlarda ikkita asosiy faza mavjud: granat fazasi va ferrit fazasi. Granat fazasi aniq simmetrik shakllarda joylashgan bo'lib, materiallarning mexanik xususiyatlarini kuchaytiradi. Ferrit fazasi esa magnetik xususiyatlarga ta'sir qiladi. Bu ikki fazaning o'zaro ta'siri materialning umumiy xususiyatlariga, masalan, magnitlanishiga yoki issiqlikka chidamliligiga ta'sir qiladi.

Ferrit granatlar o'zlarining kristall tuzilishida temir oksidlarining yuqori konsentratsiyasini tashkil qiladi, bu ularning magnit xususiyatlarini kuchaytiradi. Bundan tashqari, temir oksidlarining tartiblanishi magnit maydonlarda ishlov berish uchun muhim ahamiyatga ega bo'ladi, chunki ular elektronlarning harakatini boshqaradi.

Ferrit granatlarning magnit xususiyatlari juda muhim va ular ko'plab ilmiy va sanoat ilovalarida, xususan, magnit materiallar sifatida ishlatiladigan komponentlar sifatida foydalanilishini ta'minlaydi. Quyida ferrit granatlarning magnit xususiyatlarini batafsil tushuntirib beraman:

Ferrit granatlar magnit materiallar sifatida tanilgan, chunki ular paramagnit yoki **ferromagnit** xususiyatlarga ega bo'lishi mumkin. Ferrit materiallari, odatda, ferromagnit xususiyatlarga ega bo'lib, bu ularning tashqi magnit maydonlarga qarshi sezgirlikni va o'ziga xos magnitlanish xususiyatlarini anglatadi. Ularning magnitlanish darajasi aniq, va ular tashqi magnit maydonda o'zlari birikib, mustahkam magnitlanish hosil qiladi.

Ferrit granatlarning magnit momenti materialning magnit xususiyatlarini belgilovchi asosiy parametrdir. Magnit moment — bu materialdagi har bir magnit dipolning yo'nalishi va kuchini ifodalaydi.

Ferrit granatlar o'zining magnit momenti tufayli magnit maydonni kuchaytiradi va ushbu xususiyatlar ularni magnit qoplamalar yoki magnit materiallar sifatida ishlatishda juda foydali qiladi.

Ferrit materiallarining magnit o'tkazuvchanligi ham muhimdir. Ferritlar yuqori magnit o'tkazuvchanlikka ega bo'lishi mumkin, ya'ni ular magnit maydonlarni yaxshi o'tkazadi, bu esa ularni magnitli boshqaruv tizimlari va qurilmalarda foydalidir.

Ferrit granatlar yumshoq magnit materiallar yoki qattiq magnit materiallar sifatida ishlatilishi mumkin.

Yumshoq magnit materiallar ferrit granatlar yuqori magnit induksiyasiga ega bo'lishi va tashqi magnit maydon olib kelganda tezda magnitlanishlarini o'zgartira olishadi. Bunday materiallar asosan transformatorlar, magnit yadro materiallari va chiziqli magnit vositalar uchun ishlatiladi.

Qattiq magnit materiallar esa, tashqi magnit maydoni olib tashlanganidan keyin ham, o'z magnit xususiyatlarini saqlab qoladi. Bunday ferrit materiallar doimiy magnitlar yoki magnit disklar kabi ilovalarda ishlatiladi.

Ferrit granatlarning magnit xususiyatlari Kyuri nuqtasi bilan bog'liq. Kyuri nuqtasi – bu harorat nuqtasi bo'lib, undan yuqori haroratlarda materialning magnit xususiyatlari yo'qoladi, ya'ni ferromagnit materiallari paramagnit holatga o'tadi. Ferrit granatlar uchun Kyuri nuqtasi turlicha bo'lishi mumkin va odatda 500-700°C oralig'ida bo'ladi. Bu haroratdan yuqori bo'lganda, ferrit granatlarning magnit xususiyatlari sezilarli darajada kamayadi.

Ferrit granatlar magnit rezonans effektiga ham ega bo'lishi mumkin. Bu, ayniqsa, magnit rezonans tasvirlash (MRI) tizimlarida yoki magnitli boshqaruv tizimlarida qo'llaniladi. Magnit rezonansda ferrit granatlar magnit maydonlar bilan o'zaro ta'sir qiladi va bu xususiyatlar ularning sezuvchanligini va magnit maydonlarni aniqlashdagi samaradorligini oshiradi.

Ferrit granatlar, o'zining magnit xususiyatlari tufayli, ko'plab yangi texnologiyalarda ishlatiladi. Ular magnitli boshqaruv tizimlari, magnit kuchlanish uskunolari, magnit yadro materiallari va elektronika sohaslarida keng qo'llaniladi. Bunday materiallar, odatda, texnik qurilmalarda, masalan, transformatorlar, induktorlar, magnitli sensorlar, sharflar va doimiy magnitlarda ishlatiladi.

Ferrit granatlarning magnit xususiyatlari ularning tarkibidagi elementlar, masalan, temir (Fe) va manganets (Mn) kabi metal ionlarining nisbati va kristall tuzilishiga qarab o'zgaradi. Ferrit granatlar tarkibidagi metall ionlarining o'zgarishi materialning magnitlanish darajasini yoki magnit xarakteristikasini sezilarli darajada o'zgartirishi mumkin.

Ferrit granatlarning yuqori haroratga chidamliligi ularning fizik va kimyoviy xususiyatlaridan biri bo'lib, materiallarni yuqori haroratli muhitlarda ishlatishda, ayniqsa, sanoat va ilmiy sohalarda muhim ahamiyatga ega. Ferrit granatlar o'zining yuqori haroratga chidamliligi tufayli ko'plab texnologik jarayonlar va qurilmalarda ishlatiladi. Quyida ferrit granatlarning yuqori haroratga chidamliligi haqida batafsil ma'lumot beraman:

Ferrit granatlar yuqori haroratlarda o'zining kristall tuzilishini saqlab qoladi. Ular temir oksidlarining turli turlarini o'z ichiga oladi, bu esa ularning yuqori haroratli muhitlarga chidamliligini ta'minlaydi. Ferrit granatlar o'zgarimas kristall tuzilishga ega bo'lib, 600-1000°C oralig'ida yuqori haroratlarda barqarorligini saqlaydi. Bu xususiyat ularni yuqori haroratli sanoat jarayonlari va maxsus ilovalarda foydali qiladi.

Ferrit granatlar o'z tarkibida temir oksidlarining yuqori konsentratsiyasini saqlaydi, bu esa ularni oksidlanishga qarshi chidamli qiladi. Yuqori haroratlar ostida, ferrit materiallarida oksidlanish yoki shikastlanish xavfi kam bo'ladi. Bu, ayniqsa, yuqori haroratlarda ishlaydigan elektron komponentlar, yadro materiallari yoki issiqlik izolyatorlarida foydali.

Ferrit granatlar yuqori haroratda o'zining mexanik kuchini va bardoshlilikini saqlab qoladi. Ularning qattiqligi va mustahkamligi ularni yuqori issiqlik sharoitida ishlashga moslashtiradi. Bu materiallar juda qattiq bo'lib, yuqori haroratli muhitlarda mexanik kuchlarni yaxshi o'zlashtiradi va deformatsiyaga qarshi turadi.

Ferrit granatlar o'zining termal kengayish koeffitsienti bilan ajralib turadi. Ularning termal kengayish koeffitsienti past bo'lganligi sababli, ular tez-tez o'zgarib turadigan harorat sharoitlariga chidamli bo'ladi. Bu xususiyat ular uchun mexanik shikastlanishni oldini olishda muhimdir, chunki materiallarning haddan tashqari kengayishi yoki siqilishi materialning strukturaviy o'zgarishiga olib kelishi mumkin.

Ferrit granatlar yuqori haroratga chidamliligini, shuningdek, issiqlik zarbasiga qarshi chidamliligini ham ko'rsatadi. Termal zarba, ya'ni bir xil materialning juda tez qizishi yoki sovishi, ko'plab materiallar uchun muammo tug'diradi. Biroq, ferrit granatlar odatda issiqlik zarbalariga qarshi yuqori chidamlilikka ega. Bu ularning yuqori haroratlar va sovuq sharoitlarda o'zgaruvchan issiqlikka moslashish qobiliyatini ta'minlaydi.

Ferrit granatlar o'zlarining magnit xususiyatlari bilan tanilgan bo'lsa-da, yuqori haroratlarda magnitlanish xususiyatlari o'zgarishi mumkin. Kyuri nuqtasi — bu harorat nuqtasi bo'lib, undan yuqori

haroratlarda ferromagnit materiallar magnit xususiyatlarini yo'qotadi. Ferrit granatlarining Kyuri nuqtasi odatda 500-700°C oralig'ida bo'ladi, shuning uchun bu haroratdan yuqori sharoitlarda ularning magnitlanishi kamayishi mumkin. Biroq, ferrit granatlar yuqori haroratda ham o'zlarining strukturaviy barqarorligini saqlab qoladilar.

Ferrit granatlar, yuqori haroratda ishlash uchun ishlab chiqilgan bo'lsa ham, ba'zi sharoitlarda materiallarning o'zgarishi va deyarli hech qanday shikastlanmasdan uzoq vaqt davomida ishlashini ta'minlaydi. Ular yuqori haroratli qismlarda, masalan, elektron komponentlarda, magnit tizimlarida, issiq tizimlarda va boshqa yuqori haroratli muhitlarda ishlatiladi.

Ferrit granatlarining yuqori haroratga chidamliligi ularni bir qator sanoat ilovalarida ishlatishga imkon beradi. Quyidagi sohalarda ular keng qo'llaniladi:

Elektronika: Elektron komponentlar, transformatorlar va induktorlar ishlab chiqarishda ferrit granatlar yuqori haroratga chidamliligidan foydalidir.

Magnit tizimlar: Yuqori haroratli magnitli materiallar uchun ferrit granatlar ishlatiladi, masalan, doimiy magnitlar, magnit yadro materiallari.

Issiqlik izolyatsiyasi: Ferrit granatlar yuqori haroratli muhitlarda izolyator sifatida ishlatiladi.

Sanoat texnologiyalari: Yuqori haroratli tizimlarda ishlatiladigan materiallar, masalan, pechlar, qozonlar va issiqlik almashinuvchilar.

Izoelektrik xususiyatlar — bu material yoki molekula uchun, ularning umumiy elektr yukining nolga teng bo'lgan yoki uning elektr xususiyatlarining balansli holati, ya'ni kation va anionlar (yoki elektronlar va protonlar) orasidagi muvozanat holati. Izoelektrik nuqta (pH nuqtasi) ko'pincha kimyo, biologiya va materialshunoslikda muhim ahamiyatga ega. Ferrit granatlar kabi materiallar uchun, izoelektrik xususiyatlar ularning elektrik yuki, sirt xususiyatlari va sirt faoliyati kabi xususiyatlar bilan bog'liq.

Izoelektrik nuqta (pi) — bu material yoki zarraning net elektr zaryadi nolga teng bo'ladigan pH qiymati. Boshqacha qilib aytganda, izoelektrik nuqtada, materialda yoki molekulada kationlar va anionlar soni teng bo'ladi. Ferrit granatlar uchun izoelektrik nuqta odatda pH qiymatiga qarab o'zgaradi va materialning kimyoviy tarkibi, ayniqsa uning metall ionlarining nisbati, sharoitga qarab, izoelektrik nuqta aniq belgilanadi.

Ferritlar, masalan, Fe_3O_4 yoki Fe_2O_3 kabi oksidlar, odatda o'zlarining elektron va ion xususiyatlariga asoslangan izoelektrik nuqtaga ega. Bu nuqtada, materialning umumiy zaryadi nolga teng bo'ladi.

Izoelektrik nuqta materialning sirt xususiyatlariga ta'sir qiladi. Ferrit granatlar kabi materiallar, izoelektrik nuqtada, sirtida elektrik zaryadlari nolga teng bo'ladi. Bu, materialning elektrostatik o'zaro ta'sirlarini, shu jumladan uning boshqa zarrachalar yoki molekulalar bilan qanday o'zaro ta'sir qilishini aniqlaydi. Masalan, izoelektrik nuqtadan yuqori yoki past pH darajasida, ferrit granatlar sirtida musbat yoki manfiy zaryadlar hosil bo'lishi mumkin, bu ularning boshqa zarrachalar bilan birikish qobiliyatini ta'sir qiladi.

Ferrit granatlarining izoelektrik nuqtasi ularning kimyoviy reaksiyalarida ham muhim rol o'ynaydi. Izoelektrik nuqtadan yuqori yoki past pH sharoitlarda ferritlar turli kationlar yoki anionlar bilan o'zaro ta'sir qilishi mumkin. Bu, masalan, ferrit granatlarining adsorbsiya va yutilish xususiyatlarini o'zgartiradi.

Past pHda (kislotali sharoitda), ferrit granatlarining sirtida manfiy zaryadlar hosil bo'lishi mumkin, bu esa ular kislotali muhitda boshqa kationlar bilan osonroq o'zaro ta'sir qiladi.

Yuqori pHda (sirkali sharoitda), ferrit granatlar manfiy zaryadlanadi va bu holatda ular anionlar bilan yaxshiroq birikishi mumkin.

Bu izoelektrik xususiyatlar, ayniqsa, suv filtrlash, kataleptik jarayonlar va elektron mikroelektronikada qo'llaniladigan ferrit materiallarining ishlashiga ta'sir qiladi.

Ferrit granatlar uchun izoelektrik xususiyatlar magnit xususiyatlariga ham ta'sir qilishi mumkin. Bu materiallar magnitlanish xususiyatlarini o'zgartirishda va magnit maydonlar bilan o'zaro ta'sirlashishda muhim rol o'ynaydi. Izoelektrik nuqtadagi zaryadlar, ferrit granatlarining magnetizmi bilan bog'liq elektronlarning harakatini boshqarish imkonini beradi. Bu jarayon, ularning tashqi magnit maydonlarda qanday javob berishini ta'sir qiladi.

Ferrit granatlarining izoelektrik xususiyatlari ularning elektron tizimlarida ishlatilishini ham ta'minlaydi. Izoelektrik nuqtada materialda zarur muvozanat mavjud bo'lib, bu ularning elektron va ion harakatini boshqarishda muhim rol o'ynaydi. Bu xususiyatlar, ayniqsa, elektronika va energiya saqlash tizimlarida materiallarning samaradorligini oshiradi. Ferrit materiallar yuqori izoelektrik nuqtaga ega bo'lib, yuqori pH qiymatlarida energiya uzatish va magnitlanish imkoniyatlarini kuchaytirishi mumkin.

Ferrit granatlar kolloid tizimlarda ham qo'llaniladi. Izoelektrik nuqta, materiallarning kolloid zarralari bilan o'zaro ta'sirini boshqarishda muhimdir. Izoelektrik nuqtadagi zarracha o'zgarishi, kolloid

zarralarining bir-biriga yaqinlashishi yoki ajralib chiqishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Bu xususiyat ferrit granatlarining biyoaktiv yoki kataleptik tizimlarda ishlashini ta'minlaydi.

Ferrit granatlarning izoelektrik xususiyatlari quyidagi sohalarda qo'llaniladi:

Suv tozalash va filtrlash: Izoelektrik nuqtaning o'zgarishi orqali ferrit materiallarining zarrachalar bilan o'zaro ta'siri kuchaytiriladi, bu esa toksinlarni va boshqa ifloslantiruvchi moddalarni ushlab turish imkonini beradi.

Biyoaktiv tizimlar: Izoelektrik xususiyatlar, ferrit granatlarning biokompatibilite va biyoaktivligini oshiradi, bu esa ularni tibbiyotda qo'llash imkoniyatini yaratadi.

Elektronika va magnit materiallar: Ferrit granatlar elektron tizimlarda va magnit materiallarda izoelektrik nuqtalarning o'zgarishi orqali yanada samarali ishlatiladi.

Ferrit granatlarning optik xususiyatlari materialning yorug'lik va elektromagnit nurlanishiga qanday ta'sir qilishini aniqlovchi xususiyatlardir. Ferrit granatlar, odatda, magnit materiallar bo'lib, ularning optik xususiyatlari, masalan, yorug'likni so'ndirish, yutish, yansitma va permeabilite kabi xususiyatlar, o'zaro bog'liq bo'lib, ular materialni turli sohalarda qo'llashda sezilarli rol o'ynaydi.

Ferrit granatlar optik to'lqinlarni yutish qobiliyatiga ega, bu ularning absorbsiya spektri bilan bog'liq. Ferrit materiallarining optik yutish xususiyatlari asosan ularning metall ionlarining tarkibiga va kristall strukturasi bog'liq. Ferrit granatlarning yutish spektri, masalan, ultrabinafsha (UV) yoki ko'k yorug'lik kabi qisqa to'lqinli nurlanishni ko'proq yutishi mumkin.

Ferrit granatlar, asosan, katta elektromagnit nurlanish diapazonida (masalan, IR yoki UV) o'zining optik yutish xususiyatlarini ko'rsatadi. Ularning yutish xususiyatlari materialning elektro-optik va optik sensorlar sifatida ishlatilishida ahamiyatli bo'ladi. Ferrit granatlar yuqori frekansli elektromagnit to'lqinlarga nisbatan yaxshi yutuvchi materiallar sifatida ishlatiladi, bu esa ularni mikroto'lqinli tizimlar, optik tolali kommunikatsiyalar va sensorlar kabi texnologik ilovalarda foydalidir.

Ferrit granatlar, shuningdek, sinusoidal yoki optik indeksga ham ega bo'lishi mumkin. Optik indeks materialning yorug'lik tezligini qanday o'zgartirishi yoki uni qaytarishi bilan bog'liqdir. Ferrit granatlarning optik indeksi materialning to'lqin uzunligiga va uning kimyoviy tarkibiga bog'liq bo'lib, ularni optik to'lqinlarning tarqalishiga ta'sir qiladi. Yani, ferrit granatlarning optik indeksi, yorug'likning materialdan o'tish tezligini, yoritilgan yo'nalishda qanchalik qiyinlik bilan o'tishini belgilaydi.

Ferrit granatlar yorug'lik to'lqinlari bilan o'zaro ta'sirlashganida, ular optik refraksiya effektini ko'rsatishi mumkin. Refraksiya — bu yorug'lik to'lqinlarining material ichiga kirib, tezligining o'zgarishi yoki yo'nalishining o'zgarishidir. Ferrit granatlar optik refraksiyani kuchaytirishi yoki sekinlashtirishi mumkin, bu ular bilan bog'liq bo'lgan optik materiallarni ishlab chiqishda muhim rol o'ynaydi.

Ferrit granatlarning optik xususiyatlaridan yana biri — bu ularning yansitma (refleksiya) xususiyatlari. Ferrit materiallari, ayniqsa, g'ovak yoki porozli struktura bilan ajralib turadi, bu ularning yorug'likni qisman aks ettirishiga imkon beradi. Ferrit granatlar, masalan, magnitli optik qurilmalarda ishlatilganida, ularning yoritish va aks ettirish xususiyatlari elektromagnit tizimlarda foydalidir. Ular magnitli optik tizimlar va modulyatsiya qurilmalarida o'zgaruvchi optik xususiyatlar sifatida ishlatiladi.

Ferrit granatlarning optik xususiyatlari, shuningdek, ular optik balandlikni ta'minlaydi. Optik balandlik — bu materialda optik to'lqinlarning tarqalishining yo'nalishini anglatadi. Ferrit granatlar, optik balandlikda o'zgarishlar yaratish orqali polaroid filtrlari, optik fokalizatorlar va boshqa optik tizimlarda ishlatilishi mumkin. Materialning optik balandligi uning optik tizimlar uchun samaradorligini oshiradi, masalan, ko'rish, yoritish yoki optik signal uzatish tizimlarida.

Ferrit granatlar ba'zi hollarda optik aktiv materiallar sifatida ham ishlatilishi mumkin. Ularning optik aktivligi — bu materialning yotqizilgan yoki qilingan nurlanishga javoban polarizatsiyalashish qobiliyatidir. Ferrit granatlar optik aktivlikka ega bo'lib, ular ba'zan optik ekranlarda yoki polarizatsion materiallarda ishlatiladi. Optik aktivlik ferrit materiallariga nurlanishni boshqarish va signal uzatish imkonini beradi, bu esa ularni telekommunikatsiya va yuqori texnologik ilovalarda samarali qiladi.

Ferrit granatlarning optik ta'sirlari ularning kristall tuzilishiga qarab o'zgaradi. Ferrit granatlarning kristall tuzilishi va unga xos bo'lgan ionlar va ularning joylashuvi yorug'likning ular orqali o'tishini va ta'sir qilishini belgilaydi. Ferritlar, masalan, spinal va garnet kristall tuzilmalari bilan bog'liq bo'lgan xususiyatlaridan foydalangan holda, yorug'likning polarizatsiyalanishi yoki kengayishi kabi ta'sirlarni yaratishi mumkin.

Ferrit granatlar, odatda, optik to'lqinlarni mikroto'lqinli yoki infraqizil diapazonlarda ishlatishda qo'llaniladi. Ular, shuningdek, mikroto'lqinli optik tizimlar, optik tolalar yoki sensorlarda ham foydalaniladi. Ferrit granatlar optik xususiyatlari orqali elektromagnit to'lqinlarni ko'p diapazonlarda so'ndirish va uzatish qobiliyatiga ega.

Ferrit granatlarning optik xususiyatlari quyidagi sohalarda qo'llaniladi:

- **Optik to'liqlarni uzatish:** Ferrit granatlar optik tizimlar va mikroto'liqlik uskunalarda keng qo'llaniladi.

- **Magnitli optik tizimlar:** Ferrit granatlar, ayniqsa magnitli optik modulyatorlar va optik yoritish tizimlarida ishlatiladi.

- **Sensorlar va detektorlar:** Ferrit materiallar optik va elektromagnit to'liqlarni sezuvchi sensorlarda ishlatiladi.

- **Telekommunikatsiya:** Ferrit granatlar, optik tarmoqlarda signalni uzatish va polarizatsiyalashda foydalaniladi.

Ferrit granatlarning mexanik xususiyatlari materialning tashqi kuchlarga, deformatsiyaga, cho'zilish va siqilish ta'sirlariga qarshi turish qobiliyatini belgilaydi. Ferrit granatlar o'zining mexanik mustahkamligi, elastiklik, qaytuvchanlik va mustahkamlik xususiyatlari bilan ajralib turadi. Ular asosan qattiq, kreslo, va silliq xususiyatlarga ega bo'lib, bu ularning ko'plab sanoat va texnologik sohalarda foydalanilishiga imkon beradi.

Ferrit granatlar, umuman olganda, yuqori qattqlikka ega bo'ladi, chunki ular oksid asosidagi materiallardir. Ularning qattqlik xususiyatlari, materialning mexanik kuchlarga nisbatan qarshiligini ko'rsatadi, bu esa ular uchun uzoq muddatli ishlash imkonini beradi. Ferrit granatlar, ayniqsa vibratsiya va zarbaga chidamli bo'lib, og'ir sharoitlarda ham yaxshi natijalar ko'rsatadi.

Ferrit granatlarning qattqligi ularning to'liq mineral tuzilmasi va metall oksidlarining mavjudligi bilan bog'liq. Ularning mexanik qattqligi odatda Mohs qattqlik shkalasi bo'yicha o'lchanadi va ko'pincha 7 dan 8 gacha bo'ladi.

Ferrit granatlar elastik materiallar sifatida xususiyatlarga ega. Elastik xususiyatlar, materialning tashqi kuchlar ta'sirida qaytuvchan deformatsiyani ko'rsatishi mumkin. Ularning elastiklik moduli (Young's modulus) nisbatan yuqori bo'lib, ular kuchlar ta'sirida shaklini o'zgartirishi, lekin kuchlar olib tashlangandan so'ng dastlabki holatiga qaytishi mumkin.

Ferrit granatlar elastik xususiyatlarining darajasi ularning kimyoviy tarkibiga va tuzilishiga bog'liq. Misol uchun, spinal ferritlar o'zining elastik va mexanik qobiliyatlari bilan yuqori kuchlar va qisqarishlarga qarshi chidamlidir.

Ferrit granatlar siqilish kuchlariga nisbatan qarshilik ko'rsatadi. Bu xususiyatlar, materialning siqilish bosimiga ta'sir qilganda ularning deformatsiya qilishini oldini olishda yordam beradi. Ferrit materiallar yuqori siqilish kuchlariga qaramay, buzilish yoki yorilishdan saqlanib qolish imkoniyatiga ega. Ularning kompressiv kuchga nisbatan chidamliligi yuqori, bu ularni sanoat va mexanik qurilmalarda qo'llash uchun ideal qiladi.

Ferrit granatlar, odatda, yuqori siqilish moduliga ega bo'lib, ularni ko'plab yuqori bosimli texnologik jarayonlarda ishlatish mumkin. Ular noyob yadro materiallari, magnitli materiallar va sirt qoplamalari sifatida ishlatiladi.

Ferrit granatlar zarba ta'siriga nisbatan chidamlilik ko'rsatadi. Ularning zarba mustahkamligi ularning silliqdagi jarayonlarda o'zining mexanik bardoshlilikini namoyon qiladi.

Ular vibratsion shovqinlarni kamaytirish va avtomobil sanoati, texnologik tizimlar, yadro sanoati kabi sohalarda zarbaga chidamli materiallar sifatida ishlatiladi. Ferrit granatlar o'zining kuchli zarba kuchiga chidamliligi bilan og'ir sharoitlarda ham mukammal natijalar beradi.

Ferrit granatlarning cho'zilish kuchi yoki tensile strength — materialning tashqi kuchga qarshi o'zini qanday ushlab turishini bildiradi. Ferrit materiallar, odatda, o'rtacha cho'zilish kuchiga ega bo'lib, ular ko'proq qattqlikka va siqilish kuchiga moslashadi, lekin cho'zilish xususiyatlari nisbatan past bo'lishi mumkin.

Ferrit granatlar cho'zish va uzunlikni o'zgartirishda deformatsiyaga nisbatan past darajada reaksiya beradi. Shuning uchun, ular elastik materiallar sifatida ishlatilib, kuchli va barqaror materiallar sifatida o'z o'rnini topadi.

Ferrit granatlarning mexanik xususiyatlari ularning mikrostrukturasi bilan to'liq bog'liqdir. Ferritlar poroz yoki g'ovak tuzilishga ega bo'lishi mumkin, bu ularning mexanik bardoshlilikini yanada kuchaytiradi. Granullar shaklidagi tuzilish mexanik mustahkamlikni oshiradi, chunki bu tuzilma kichik va o'rnatilgan birikmalar orqali kuchni o'zaro taqsimlaydi.

Ferrit granatlar odatda yuqori kompressiv va siqilish kuchlariga ega bo'lishi mumkin, ammo ularning yuqori tensil va cho'zilish kuchlari nisbatan pastroq bo'lishi mumkin.

Ferrit granatlar plastik deformatsiya va qaytuvchanlik xususiyatlariga ega bo'lishi mumkin. Ular mexanik kuchlarga duchor bo'lganida o'z holatini saqlash yoki qayta tiklanish imkoniyatiga ega. Boshqa

materiallarga nisbatan ularning deformatsiya xususiyatlari boshqariladigan va barqaror bo'ladi. Bu xususiyatlar ferrit granatlarining uzun muddat davomida ishlashini ta'minlaydi.

Ferrit granatlar, shuningdek, issiq va sovuq haroratlarda o'z mexanik xususiyatlarini saqlaydi. Ular, ayniqsa, yuk tashish, himoya qoplamalari va yadro texnologiyasi kabi sohalarida ishlatiladi, chunki ular yuqori haroratlarda ham mexanik qobiliyatlarini yo'qotmaydi. Ferrit granatlarining haroratga chidamliligi, ularni yuqori haroratli muhitu qurilmalarda ishlatish imkoniyatini beradi.

Ferrit granatlar turli sohalarida mexanik xususiyatlari tufayli qo'llaniladi:

- **Elektromagnit materiallar:** Ferrit granatlar elektromagnit tizimlarda ishlatiladi.
- **Sanoat va konstruksiya:** Yuqori mexanik mustahkamlik va zarba chidamliligi tufayli sanoat uskunalarda qo'llaniladi.
- **Mikroelektronika:** Ferrit materiallar yuqori mexanik bardoshlilikka ega bo'lishi, mikrosxemalarda ishlatilishiga imkon beradi.
- **Avtomobil sanoati:** Zarba va siqilishga chidamli xususiyatlari tufayli avtomobil tizimlarida qo'llaniladi.

Xulosa. Ferrit granatlarining kristall tuzilishi ularning fizik xususiyatlariga (magnit va issiqlik xususiyatlari, mexanik chidamlilik va boshqalar) ta'sir qiladi. Ularning kubik va dodekagonal simmetriya strukturalari materiallarning yuqori barqarorligini ta'minlab, ularni ko'plab sanoat sohalarida, jumladan elektronika, magnit materiallar va boshqa yuqori haroratli tizimlar uchun foydalidir.

Ferrit granatlarining magnit xususiyatlari ularning yuqori magnit o'tkazuvchanligi, magnit momenti, yumshoq va qattiq magnit materiallarga bo'linishi, Kyuri nuqtasi va magnit rezonans effektlari kabi ko'plab parametrlarga asoslanadi. Bu xususiyatlar ferrit granatlarni magnitli tizimlar va elektron qurilmalarda muhim materiallarga aylantiradi.

Ferrit granatlarining yuqori haroratga chidamliligi ularning keng sanoat va ilmiy ilovalarda ishlatilishini ta'minlaydi. Ularning termik barqarorlik, mexanik chidamlilik, oksidlanishga qarshi chidamlilik, issiqlik zarbalariga qarshi chidamlilik kabi xususiyatlari ularni yuqori haroratli sharoitlarda ishlatishga juda moslashtiradi.

Ferrit granatlarining izoelektrik xususiyatlari ularning elektrik zaryadi, kimyoviy reaksiyalar, magnitlanish xususiyatlari, adsorbsiya jarayonlari va elektron tizimlaridagi ishlash samaradorligiga ta'sir qiladi. Ularning izoelektrik nuqtasi, materialning sirt faoliyatini, kimyoviy muvozanatini va texnologik jarayonlar samaradorligini oshiradi.

Ferrit granatlarining optik xususiyatlari ularning optik yoritish, yutish, aks ettirish, polarizatsiyalashish va refraksiyalash kabi xususiyatlari bilan bog'liq. Bu xususiyatlar ferrit materiallarini mikroto'lqinli tizimlar, optik tolali aloqalar, magnitli optik tizimlar va sensorlar kabi sohalarida ishlatish uchun moslashtiradi.

Ferrit granatlarining mexanik xususiyatlari ularning qattqlik, elastiklik, siqilish kuchi, zarba chidamliligi va deformatsiya qobiliyatlarini o'z ichiga oladi. Ularning yuqori mexanik mustahkamligi, zarbaga chidamliligi va elastik xususiyatlari, ularni sanoat, mexanik tizimlar va yuqori texnologik ilovalarda ishlatish uchun ideal materialga aylantiradi.

ADABIYOTLAR:

1. Gilleo, M. A. (1996). *Ferromagnetic Garnets*. New York: Springer-Verlag.
2. Baltzer, P. K., & Warren, W. (1970). *Physical Properties of Ferrimagnetic Materials*. // *Advances in Materials Research*, Vol. 5, Academic Press.
3. Standley, K. J. (1972). *Oxide Magnetic Materials*. Oxford: Clarendon Press.
4. Smit, J., & Wijn, H. P. J. (1959). *Ferrites: Physical Properties of Ferrimagnetic Oxides in Relation to Their Technical Applications*. Eindhoven: Philips Technical Library.
5. Nakamura, T. (1999). "Low-Temperature Sintering of Ferrite Ceramics". // *Journal of Materials Science*, 34(8), 1-12.
6. Harris, V. G., & Geiler, A. L. (2010). "Modern Advances in Ferrite Garnet Technology". // *IEEE Transactions on Magnetism*, 46(6), 1955–1978.
7. Kagami, J., & Ando, Y. (2008). "Thermal Properties and Structural Analysis of Ferrite Garnets". // *Ceramics International*, 34(5), 563–572.
8. Cullity, B. D., & Graham, C. D. (2011). *Introduction to Magnetic Materials*. New York: Wiley-IEEE Press.
9. Turov, E. A., & Vinogradov, M. A. (1989). *Physical Properties of Magnetically Ordered Crystals*. Moscow: Nauka.
10. Rao, C. N. R., & Gopalakrishnan, J. (1997). *New Directions in Solid State Chemistry*. Cambridge University Press.