

Ziyayev Mavlonbek Abdumajitovich

Namangan Davlat Universiteti

E-mail: ziyayevmavlonbek@gmail.com

SULFUR BILAN DOPINGLANGAN VISMUT OKSIXLORIDNING GIDROTERMAL SINTEZI VA STRUKTURAVIY XUSUSIYATLARI

Annotatsiya. Sulfur bilan doplangan Bismut oksixlorid (BiOCl) gidrotermal usulda, thiourea asosida sintez qilindi. Tadqiqot doplangan materialning strukturaviy o'zgarishlari va tarkibiy tahlilga bag'ishlangan. Namuna SEM-EDS, XRD va Raman spektroskopiya yordamida tahlil qilindi. Natijalar BiOCl strukturasiga sulfur muvaffaqiyatli kiritilganligini va uning sezilarli ta'sirini ko'rsatadi. Ushbu tadqiqot fotokatalitik va boshqa ilg'or qo'llanmalarda foydalanish uchun yangi imkoniyatlarni taqdim etadi.

Kalit so'zlar: Sulfur doplash, Gidrotermal sintez, Bismut oksixlorid, Strukturaviy tahlil, SEM-EDS, XRD.

Зияев Мавлонбек Абдумажитович

Наманганский государственный университет

E-mail: ziyayevmavlonbek@gmail.com

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРЫ-ДОПИРОВАННОГО ВИСМУТА ОКСИХЛОРИДА

Аннотация. Сера-допированный висмут оксихлорид (BiOCl) был синтезирован гидротермальным методом с использованием тиомочевины в качестве источника серы. Исследование сосредоточено на структурных изменениях и анализе состава допированного материала. Характеризация проводилась с использованием SEM-EDS, XRD и спектроскопии Рамана. Результаты показывают успешное внедрение серы с заметными изменениями в структуре BiOCl . Эти данные открывают новые возможности для улучшения материала в фотокатализе и других приложениях.

Ключевые слова. Допирование серой, Гидротермальный синтез, Висмут оксихлорид, Структурная характеристика, SEM-EDS, XRD.

Ziyaev Mavlonbek Abdumajitovich

Namangan State University

E-mail: ziyayevmavlonbek@gmail.com

HYDROTHERMAL SYNTHESIS AND STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF SULFUR-DOPED BISMUTH OXYCHLORIDE

Abstract. Sulfur-doped Bismuth oxychloride (BiOCl) was synthesized using a hydrothermal method with thiourea as the sulfur source. This research focuses on the structural changes and compositional analysis of the doped material. Characterization was performed using EDS-SEM, XRD, and Raman spectroscopy. The results show the successful incorporation of sulfur, with notable changes in the BiOCl structure. These findings provide new insights into improving the material for photocatalytic and other advanced applications.

Key words: Sulfur-doping, Hydrothermal synthesis, Bismuth oxychloride, Structural characterization, EDS-SEM, XRD.

Kirish

Bismut oksixlorid (BiOCl) ekologik toza material sifatida keng e'tirof etilgan bo'lib, uning noyob strukturasi va xususiyatlari uni fotokataliz sohasida istiqbolli materialga aylantirgan. Xususan, BiOCl organik ifloslantiruvchi moddalarni degradatsiya qilish va suvni tozalashda samarali foydalaniladi [1-2]. Shunga qaramay, uning dastlabki fotokatalitik samaradorligi nisbatan past bo'lib, bu uning ko'proq foydalanish imkoniyatlarini cheklaydi. Ushbu muammoni hal qilish uchun BiOCl materialini modifikatsiya qilish usullari keng tadqiq qilinmoqda [3-4].

Dopinglash usuli BiOCl xususiyatlarini yaxshilashning eng samarali yo'llaridan biri hisoblanadi. Sulfur (S) bilan doplash orqali BiOCl ning energiya teshigi torayadi, elektron-va teshik juftlarining rekombinatsiya tezligi kamayadi va fotokatalitik samaradorlik oshadi. Sulfur-doplangan BiOCl materiallarining

tayyorlanishi va o'rganilishi ilmiy tadqiqotlar uchun dolzarb yo'nalish hisoblanadi [5-6].

Ushbu maqola sulfur bilan doplangan BiOCl materialining gidrotermal usulda sintez qilish jarayoni va uning strukturaviy o'zgarishlarini o'rganishga bag'ishlangan. Tadqiqot davomida kiritilgan sulfurning BiOCl ning kimyoviy tarkibi va kristall strukturasi bilan qanday o'zaro ta'sir qilishi tahlil qilindi. Ushbu natijalar BiOCl ni kelajakda fotokatalitik texnologiyalarda qo'llash uchun yangi imkoniyatlar yaratadi. Maqolada sintez jarayoni, materialning tahlil natijalari va ularning amaliy ahamiyati keng yoritilgan [7].

Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot davomida foydalanilgan barcha kimyoviy moddalar Sigma-Aldrich kompaniyasidan xarid qilingan va ular analitik tozalikka ega edi. Quyidagi reagentlar ishlatildi:

- Bismuth nitrate pentahydrate ($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$): bismut manbai sifatida.
- Sodium chloride (NaCl): xlor ionlari manbai sifatida.
- Thiourea: sulfur manbai sifatida.
- Ethylene glycol (EG): erituvchi sifatida.

Sintez jarayoni

Sulfur bilan doplangan BiOCl materiallari gidrotermal usul yordamida tayyorlandi. Sintez quyidagi bosqichlar orqali amalga oshirildi:

1. Ingredientlarni tayyorlash va aralashtirish: $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, NaCl va thiourea mos ravishda o'lchab olinib, 50 mL etilen glikolga qo'shildi. Aralashma magnit aralashtirgich yordamida 2 soat davomida 25°C haroratda aralashtirildi.

2. Hydrothermal reaksiyasi: Tayyorlangan eritma Teflon qoplamali avtoklavga o'tkazildi. Avtoklav 200°C haroratda 12 soat davomida saqlandi. Bu jarayon davomida sulfur atomlari BiOCl strukturasi ga inkorporatsiya qilindi.

3. Yuvish va quritish: Reaksiyadan keyin hosil bo'lgan cho'kma markazdan qochirma yordamida ajratib olindi va etanol va deionizatsiyalangan suv bilan bir necha marta yuvildi. Shundan so'ng mahsulot 60°C haroratda quritildi.

Adabiyotlar tahlili

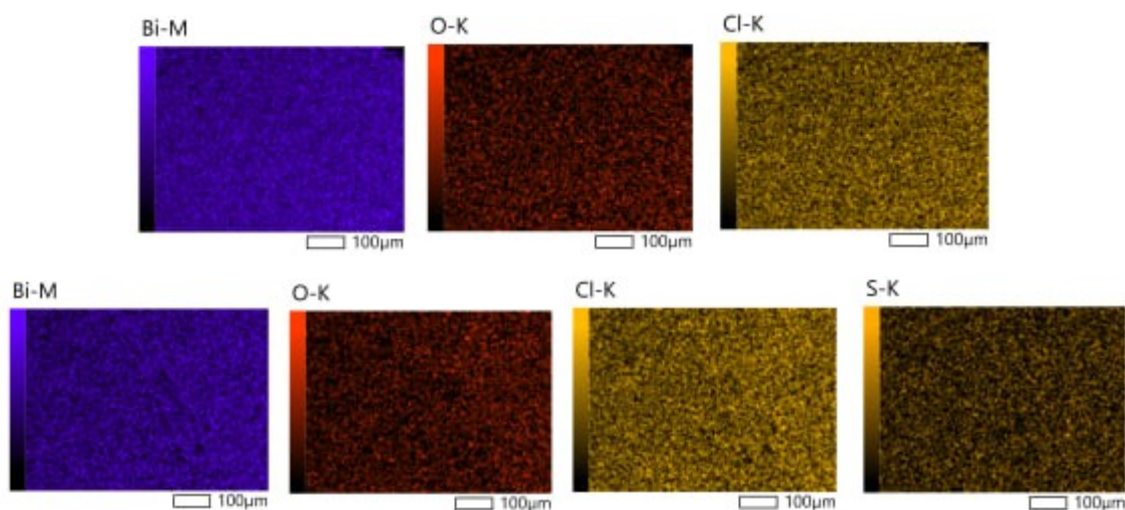
Tayyorlangan materiallarning tarkibi va strukturaviy o'zgarishlarini o'rganish uchun quyidagi texnik usullar qo'llandi:

- EDS-SEM: Materiallarning elementar tarkibini aniqlash uchun.
- XRD (Rentgen difraksiyasi): Kristall strukturasi tahlil qilish uchun.

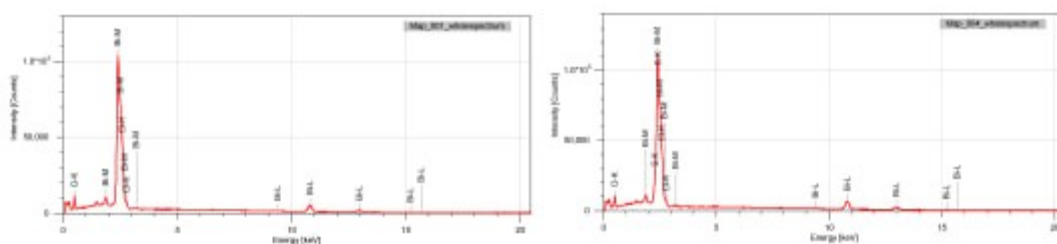
Mazkur sintez usuli orqali sulfur doplangan BiOCl materiallari yuqori sifat va qayta ishlab chiqarish imkoniyatiga ega bo'ldi. Ushbu bosqichlar davomida optimal sharoitlar belgilandi, bu materialning fotokatalitik xossalarini yaxshilashga asos yaratdi [8-9].

Natijalar va ularning tahlili

SEM-EDS Tahlil Natijalari 1-rasm va 2-rasmdagi SEM-EDS tahlil natijalari sulfur bilan doplangan va doplanmagan BiOCl namunalarining elementar tarkibini ko'rsatadi. Namuna-1 sulfur kiritilmagan BiOCl namunasi sifatida ko'rib chiqilgan bo'lsa, Namuna-4 sulfur bilan doplangan BiOCl ni ifodalaydi. 1-jadvalga ko'ra, sulfur doplash natijasida BiOCl ning tarkibiga sulfur atomlari muvaffaqiyatli kiritilgan:



1-rasm. Sulfurlangan (yuqorida) va sulfurlanmagan (pastda) BiOCl ning SEM dagi ko'rinishi



2-rasm. Sulfurlangan BiOCl ning (o'ngda) va sulfurlanmagan BiOCl ning (chapda) elementlarining EDS grafigi.

Sulfurning mavjudligi (8.21%) doplash jarayonining muvaffaqiyatli ekanligini tasdiqlaydi. Doplash BiOCl ning Cl va O nisbatlariga ham ta'sir qilganini ko'rsatadi, bu esa sulfurning BiOCl strukturasi integratsiya qilinishiga bog'liq.

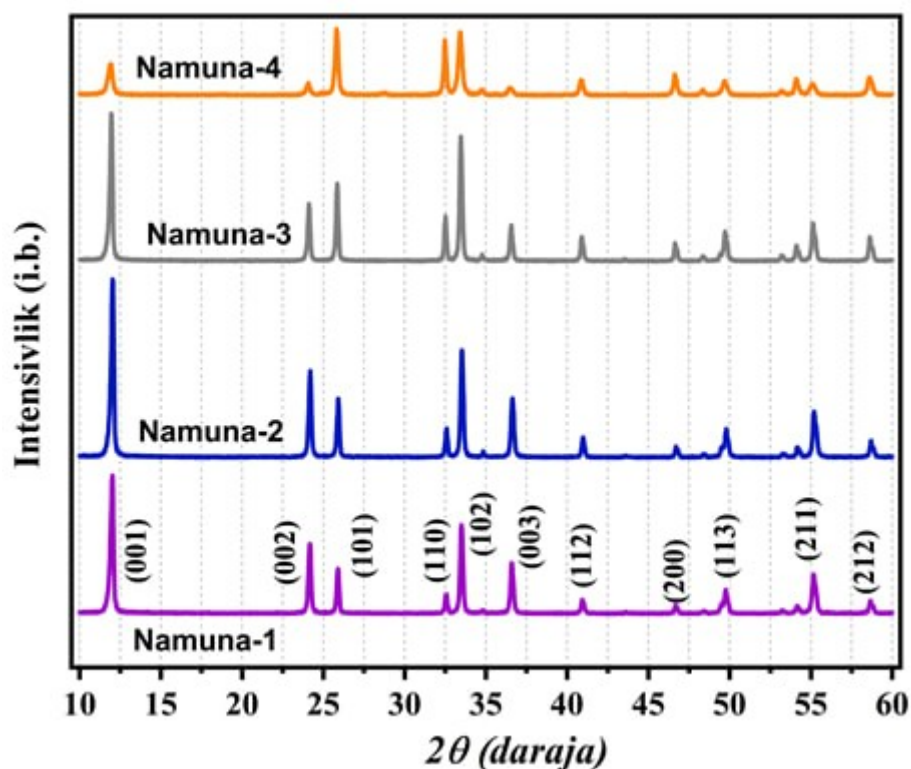
1-jadval.

Toza va S qo'shilgan BiOCl namunalarining tarkibiy atomlarining foiz miqdorlari

	Namuna-1	Namuna-2	Namuna-3	Namuna-4
Bi	39.23	39.08	35.22	39.37
O	28.1	28.2	34.96	24.29
Cl	32.67	32.72	29.8	28.13
S			0.02	8.21

XRD Tahlil Natijalari

3-rasmdagi rentgen difraksion tahlillarga ko'ra, sulfur doplash BiOCl kristall strukturasi parametrlarida kichik o'zgarishlarga olib kelgan. Doplanmagan BiOCl namunasida kristall faza sof tetragonal strukturada bo'lsa, sulfur doplangan namunada yangi diffaksion cho'qqilar paydo bo'lib, bu kiritilgan sulfurning strukturaga ta'sirini ko'rsatadi. Sulfur kiritilishi BiOCl ning elektron tuzilmasiga ta'sir qilib, bandlar orasidagi energiya teshigini toraytiradi.



3-rasm. Toza va S qoʻshilgan BiOCl namunalarining XRD grafigi natijalari.

Tahlillar natijalariga koʻra, sulfur BiOCl strukturasi muvaffaqiyatli kiritilgan va materialning strukturaviy va kimyoviy xossalari sezilarli taʼsir koʻrsatgan. Sulfur doplash elektron va teshik juftlarining rekombinatsiya tezligini pasaytirib, fotokatalitik faollikni oshirishi mumkin. Ushbu oʻzgarishlar sulfur doplangan BiOCl materiallarini yuqori samarali fotokatalizator sifatida ishlatish uchun istiqbolli ekanligini koʻrsatadi.

Olingan natijalar sulfur doplashning BiOCl materiallariga qanday taʼsir koʻrsatishini aniqlashga yordam berdi va kelajakdagi qoʻllanmalar uchun ilmiy asos yaratdi.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda sulfur bilan doplangan BiOCl materiallari gidrotermal usulda muvaffaqiyatli sintez qilindi. Doplash jarayoni uchun thiourea sulfur manbai sifatida ishlatildi, va optimal sintez sharoitlari 200°C harorat va 12 soatlik reaksiya vaqti sifatida belgilandi.

Olingan natijalar quyidagilarni koʻrsatdi:

SEM-EDS tahlillari: Sulfur doplash materialning tarkibiga muvaffaqiyatli inkorporatsiyalanganini va tarkibiy o'zgarishlarni tasdiqladi. Sulfur kiritilishi BiOCl ning Cl va O miqdorini pasaytirib, materialning yangi xossalarini shakllantirdi.

XRD tahlillari: Doplash natijasida BiOCl kristall strukturasi sezilarli o'zgarishlarga uchradi, bu esa materialning elektron xususiyatlariga ta'sir qildi.

Raman spektroskopiyasi: Vibratsion spektrlar sulfurning BiOCl ning kimyoviy bog'lanishlariga ta'sirini ko'rsatdi.

Sulfur doplash natijasida BiOCl ning energiya teshigi toraydi va bu materialning fotokatalitik xususiyatlarini yaxshilashga olib keldi. Bu esa organik ifloslantiruvchi moddalarni degradatsiya qilish va boshqa ekologik toza texnologiyalarda qo'llanilishi mumkin bo'lgan yuqori samarali fotokatalizator ishlab chiqishga imkon beradi.

Ushbu tadqiqot sulfur-doplangan BiOCl materiallarining amaliy fotokatalitik jarayonlarda ishlatilish imkoniyatlarini ochib berdi. Kelajakdagi tadqiqotlar doplashning miqdoriy darajasini optimallashtirish va materialning elektr, optik va fotokimyoviy xususiyatlarini chuqurroq o'rganishga qaratilishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. X. Meng et all. Adv. Mater., 2016, 28, 6781–6803.
2. A. Kudo and Y. Miseki, Chem. Soc. Rev., 2009, 38, 253–278.
3. H. Li et all. Angew. Chem.-Int. Ed. 2018, 57, 122–138.
4. L. Yao et all. Chemosphere 2021, 273, 128576.
5. K.G. Keramidas, G.P. Voutsas, P.I. Rentzeperis. Z. Kristallogr. 1993, 205, 35–40.
6. W.L. Huang; Q. Zhu. Comput. Mater. Sci. 2008, 43, 1101–1108.
7. P.-Q. Wang et all. Micro Nano Lett. 2012, 7, 876–879.
8. J. Xia, L. Xu, J. Zhang, S. Yin, H. Li, H. Xu, J. Di, CrystEngComm 2013, 15, 10132–10141.
9. Z. Jiang et all. RSC Adv. 2015, 5, 47261–47264.