

AMMIK GAZINI ANIQLOVCHI SENSORLARNI TIZIMLI TAHLIL QILISH VA SOLISHTIRISH

Gulmaxmadova S.B., Boltayeva Sh.F., Isaqulova M.N. Safarov R.U
Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti Samarqand sh,
O‘zbekiston.

e-mail:israqulovamarxabo34@mail.com

Annotatsiya. Ushbu maqoladada ammiak (NH_3) gazini yuqori sezuvchanlik bilan aniqlashga mo‘ljallangan optik sensor ishlab chiqishning dastlabki bosqichi — adabiyotlar tahlili va sensor tamoyilini tanlash — yoritilgan. Maqsad: elektrokimyoviy, MOS va optik sensor texnologiyalarini solishtirish, optik usulning ustunliklarini asoslash hamda keyingi eksperimental bosqich uchun tayanch qoidalarni shakllantirish. Tahlil natijalari NDIR va TDLAS texnologiyalarining ammiak monitoringi uchun optimal ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: ammiak sensori, optik detektor, NDIR, infraqizil spektroskopiya, Beer-Lambert qonuni, sezuvchanlik, LOD, selektivlik, gaz monitoringi.

Kirish

Ammiak (NH_3) zamonaviy sanoat, qishloq xo‘jaligi va ekologiya nazoratining ajralmas qismiga aylangan. Dunyo bo‘yicha yillik ishlab chiqarish 175 million tonnadan oshib, asosan azotli o‘g‘itlar uchun sarflanmoqda. Shu bilan birga, ushbu gaz yuqori toksikligiga ega: OSHA standarti bo‘yicha ish joyi uchun ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiya 25 ppm (TWA) ni tashkil etadi, 300 ppm da esa o‘tkir nafas yo‘llari zarari kuzatiladi.

Qishloq xo‘jaligi ob‘ektlari, kimyo va sovetish sanoatida real vaqtli, ishonchli va arzon NH_3 monitoring tizimiga ehtiyoj keskin o‘smoqda. Mavjud elektrokimyoviy sensorlar qisqa xizmat muddati va past selektivligi bilan cheklangan bo‘lsa, optik sensorlar ushbu kamchiliklarni bartaraf etishda yangi imkoniyatlar taqdim etmoqda. Ushbu tadqiqot shu yo‘nalishdagi dastlabki bosqich — adabiyotlar tahlili va sensor tamoyilini asoslash — natijalarini o‘z ichiga oladi.

Adabiyotlar tahlili Scopus, Web of Science va Google Scholar ma‘lumotlar bazalarida 2015–2024 yillar oralig‘ida chop etilgan ilmiy maqolalar asosida amalga oshirildi. Qidiruv kalitlari: "ammonia optical sensor", " NH_3 NDIR", "TDLAS ammonia", "photoacoustic gas detection". Tanlanma mezonlari: NH_3 ga yo‘naltirilgan sensor tizimi, eksperimental LOD ko‘rsatkichi mavjudligi, peer-reviewed jurnal. Texnologiyalarni solishtirish uchun quyidagi ko‘rsatkichlar asosiy mezon sifatida

qabul qilindi: aniqlash chegarasi (LOD), dinamik diapazon, javob vaqti (t_{90}), selektivlik, xizmat muddati va narx darajasi. Ushbu mezonlar bo'yicha tartiblash matritsasi tuzildi.

Tadqiqot ishining bajarilishi. Ammiak gazini 0–500 ppm diapazonida, aniqlash chegarasi ≤ 1 ppm bo'lgan, selektiv va uzoq muddatli barqaror optik sensorni ishlab chiqish hamda uning metrologik xususiyatlarini eksperimental tadqiq qilish asosiy maqsad hisoblanadi. Dastlabki bosqich uchun quyidagi vazifalari belgilab olindi:

1. NH_3 sensorlash texnologiyalarini tizimli tahlil qilish va solishtirish;
2. Optik aniqlash usulining fizik asoslarini (Beer-Lambert qonuni, IR absorbsiya) o'rganish;
3. Sensor uchun optimal nurlanish manbasini, gaz kamerasini va detektor turini asoslash;
4. Keyingi eksperimental bosqich uchun texnik talablar ro'yxatini tuzish.

Olingan natijalar tahlili

Tahlil natijasida sensor texnologiyalarining solishtirmali jadvali tuzildi:

Sensor turi	LOD (ppm)	Javob vaqti	Asosiy kamchilik
Elektrokimyoviy	1–5	30–60 s	Qisqa xizmat muddati
Metal-oksid (MOS)	1–50	5–30 s	Past selektivlik
NDIR optik	0.5–2	< 10 s	Filtr aniqligiga bog'liq
TDLAS lazerli	0.01–0.1	< 1 s	Yuqori narx
Fotoakustik (PAS)	0.05–0.5	1–5 s	Akustik shovqinga sezgir

Jadval tahlili shuni ko'rsatadiki, TDLAS (Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy) va NDIR (Non-Dispersive Infrared) texnologiyalari LOD va selektivlik bo'yicha boshqa usullarga nisbatan sezilarli ustunlikka ega. Xususan:

- NDIR sensorlari 0.5–2 ppm LOD ta'minlab, ishlab chiqarish narxi nisbatan past (50–300 USD). Oddiy konstruktsiyasi va uzoq xizmat muddati (> 10 yil) sanoat monitoringi uchun ideal.
- TDLAS 0.01–0.1 ppm darajasida LOD ta'minlaydi va bitta absorbsiya chizig'iga sozlanib, H_2O , CO_2 interferentsiyasini to'liq bartaraf etadi. 1531.68 nm to'liq uzunligi NH_3 uchun eng selektiv nuqta ekanligi aniqlandi.

- Fotoakustik sensorlar (PAS) laboratoriya sharoitida ppb darajasidagi LOD ko‘rsatgan, lekin sanoat muhitida akustik shovqin va mexanik tebranishlar muammo tug‘diradi.
- Elektrokimyoviy va MOS sensorlar arzonligi bilan ajralib tursa ham, selektivlik va xizmat muddati bo‘yicha optik usullardan orqada qolmoqda. Beer-Lambert qonuni tahlili asosida sensitivlikni oshirish uchun optik yo‘l uzunligini $L = 5\text{--}20$ sm dan ko‘p marta aks ettirishli Herriott kamerasi yordamida 1–10 m gacha oshirish tavsiya etiladi. Bu LOD ni 5–10 baravar yaxshilash imkonini beradi.

Xulosa

Optik sensorlar — xususan NDIR va TDLAS — ammiak gazini aniqlash uchun eng istiqbolli texnologiya hisoblanadi. Sensor uchun asosiy texnik talablar belgilandi: LOD ≤ 1 ppm, diapazon 0–500 ppm, javob vaqti ≤ 30 s, xizmat muddati ≥ 5 yil. Keyingi bosqichda optik sxema loyihalash, PCB tayyorlash va gaz kamerasini 3D bosib chiqarish rejalashtirilgan.

Foydalanilgan asosiy adabiyotlar

1. Yildiz A. et al. Dual-channel NDIR sensor for NH_3 detection // *Sensors and Actuators B*. — 2020. — Vol. 305. — 127462.
2. Tittel F.K. et al. Laser-based trace gas sensing // *Laser & Photonics Reviews*. — 2018. — Vol. 12(5). — 1700240.
3. Liu K. et al. Near-infrared TDLAS for atmospheric ammonia monitoring // *Applied Physics B*. — 2020. — Vol. 126. — 112.
4. Kim J.H. et al. ZnO nanostructured MOS sensor for NH_3 detection // *ACS Applied Materials & Interfaces*. — 2021. — Vol. 13(8). — 9730–9740.
5. Wang Q. et al. Quartz-enhanced photoacoustic spectroscopy for sub-ppb NH_3 detection // *Optics Letters*. — 2023. — Vol. 48(4). — 944–947.
6. WHO. Global Air Quality Guidelines. — Geneva: World Health Organization, 2021.
7. OSHA. Occupational Chemical Database: Ammonia. — U.S. Department of Labor, 2023.